

Включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований
*Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь
от 2 февраля 2011 г. № 26*



ISSN 2073-4794

Том 12
№4(46)
2019

**РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Основан в 2008 году

Выходит 4 раза в год

Адрес редакции:

ул. Козлова, 29, г. Минск,
220037, Республика Беларусь
Тел./факс: (375-17) 285-39-70,
285-39-71, 294-31-41 (редактор)
e-mail: aspirant@belproduct.com

Редакция не несет ответственности
за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать
с позицией автора

Отпечатано в типографии

УП «ИВЦ Минфина»

Подписано в печать 11.09.2019.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonC. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 12,80.

Тираж 100 экз. Заказ 502.

ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.

Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

Учредитель

Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной
академии наук Беларуси по продовольствию»

Зарегистрирован в Министерстве информации
Республики Беларусь (свидетельство
о регистрации № 590 от 30 июля 2009 г.)

Журнал включен в базу данных
Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ)

Подписные индексы:

для индивидуальных подписчиков 01241

для ведомственных подписчиков 012412



FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 12, №4(46) 2019

Founder:

Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”

Editor-in-Chief:

Lovkis Zenon Valentinovich – General Director of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor

Editorial Board:

Shepshelev Aleksandr Anatolievich – Associate Editor-in-Chief – deputy General Director for science of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Akulich Aleksandr Vasilievich – Deputy Principal for science work of the educational institution “Mogilev State Foodstuffs University”, Doctor of Engineering sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus (with consent).

Zhakova Kristina Ivanovna – Academic Secretary of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Kolosovskaya Larisa Stanislavovna – Director of the scientific and production republican affiliated unitary enterprise “Beltechnohleb” (with consent)

Lisitsyn Andrei Borisovich – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering sciences, Professor, Director of the Federal State Budgetary Scientific Establishment “V.M. Gorbatov Federal Scientific Food Systems Centre” of the Russian Academy of Sciences (with consent)

Meleshchenya Aleksey Victorovich – Director of the Republican Unitary Enterprise “Institute for Meat and Dairy Industry”, PhD in Economy sciences, Associate Professor (with consent)

Margunova Alena Mikhailovna – Deputy General Director for Foodstuffs Standardisation and Quality of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences, Associate Professor

Petyushev Nikolay Nikolaevich – head of the Department of the technology of tuberous root products of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Pochitskaya Irina Mikhailovna – Head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Agricultural sciences

Roslyakov Yuriy Fedorovich – Head of the Department of technology of bread baking, macaroni, and confectionery production of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, Doctor of Engineering sciences, Professor (with consent)

Savenkova Tatsiana Valentinovna – Director of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian research institution of confectionery industry” – subdivision of FSBSI “Gorbatov Federal Science Centre for Food Systems” of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor (with consent)

Trotskaya Taisiya Pavlovna – Chief researcher of the Nutrition Department of the the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Doctor of Engineering sciences, Professor

Sharshunov Vyacheslav Alekseevich – Professor of the Department of machines and devices of food industry of the Educational Institution “Mogilev State Foodstuffs University”, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor (with consent)

Mironova Natalya Pavlovna – responsible editor, head of the Postgraduate Studies Department of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Philological sciences

Yushkevich Marina Nikolaevna – layout editor, leading engineer of the Department of the information and staff management of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”

The Journal is included in the List
of Journals for Publication of the Results of Dissertation Research

*Supreme Certifying Commission of the Republic of Belarus
decree of 2 February 2011*



ISSN 2073-4794

Vol. 12
№4(46)
2019

**PEER-REVIEWED SCIENTIFIC
AND TECHNICAL JOURNAL**

FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

The Journal was founded in 2008

Issued four times a year

Address of the Editorial Office:

29, Kozlova str., Minsk
220037, Republic of Belarus
Tel./Fax: +375-17-285-39-70,
+375-17-285-39-71, +375-17-294-31-41
(editor)
E-mail aspirant@belproduct.com

Printed at UE "IVC Minfina"

It is sent of the press 11.09.2019

Format 60x84/8. Offset paper.

NewtonC type. Offset printing.

Printed pages 1,16.

Publisher's signatures 12,80.

Circulation 100 copies. Order 502.

LP № 02330/89 of 3 March 2014

17, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

Founder

Republican Unitary Enterprise "Scientific-
Practical Centre for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus"

Registered in Ministry of Information of the
Republic of Belarus

(Registration Certificate № 530 of July 2009)

Subscription indexes
For individuals 01241
For legal entities 012412

The journal is included into
the database of Russian Science
Citation Index (RSCI)

СОДЕРЖАНИЕ

Троцкая Т.П., Чугай Н.В. Организация школьного питания для детей, страдающих фенилкетонурией	6
Петухов М.М., Коляда Е.В. Мясная промышленность Республики Беларусь: состояние и тенденции развития	15
Усатенко Н.Ф., Щесюк О.В., Вербицкий С.Б., Калашник М.Г., Доброскок С.С. Повышение эффективности тепломассообменных процессов при производстве сухих колбас	20
Вислоухова С.Н., Машкова И.А., Курченко В.П. Обоснование целесообразности использования ферментных препаратов для изготовления мучных кондитерских изделий из ламинированного теста	28
Кошак Ж.В., Зенович Н.В., Кошак А.Э. Новая кормовая добавка из отходов крупяного производства для сеголетков карпа	38
Росляков Ю.Ф., Вершинина О.Л., Гончар В.В. Влияние температурных режимов ИК-обработки на функциональные свойства белков арахиса	49
Шепшелев А.А., Куликов А.В., Литвинчук А.А., Данилюк А.С. Интенсификация производства солода на основе биостимуляции	53
Кантерова А.В., Леонович С.И., Савчик А.В., Ладутько Е.И., Новик Г.И. Морфологическая характеристика и молекулярно-генетическая идентификация выделенных из природных источников каротинсинтезирующих дрожжевых грибов	59
Василевская М.Н., Тихонович Е.Ф. Технологические аспекты производства макаронных изделий из гречневой муки	65
Колоскова О.В., Никулина О.К., Шепшелев А.А. Анализ эффективности работы диффузионного аппарата колонного типа в течение производственного сезона	78
Павлова О.В., Гладкая О.К., Трусова М.М. Влияние условий сорбции на сорбционную активность хитозана	86
Лаптенко Н.С., Мельникова Л.А. Создание специализированных экструзионных хлебцев для питания беременных и кормящих женщин	94

CONTENTS

Trotskaya T.P., Chuhai N.V. Organization of school meals for children suffering from phenylketonuria.....	6
Petukhou M.M., Koliada E.V. The meat industry of the Republic of Belarus: state and development trends	15
Usatenko N.F., Shchesyuk O.V., Verbytskyi S.B., Kalashnik M.G., Dobroskok S.S. Efficiency improvement of heat and mass exchange processes in the production of dry sausages	20
Vislavukhava S.N., Mashkova I.A., Kurchenko V.P. The rationale for the use of enzyme preparations for the production of flour confectionery products from laminated dough.....	28
Koshak Zh.V., Zenovich N.V., Koshak A. Ed. New feed additive from the waste of cereal production for carp feeding.....	38
Roslyakov Yu.F., Vershinina O.L., Gonchar V.V. Influence of temperature modes of ir processing on the functional properties of arachis proteins	49
Shepshelev A.A., Kulikou A.V., Litvinchuk A.A., Danilyuk A.S. Intensification of production of malt on the basis of biostimulation.....	53
Kanterova A.V., Leanovich S.I., Savchik A.V., Ladutska A.I., Novik G.I. Morphological characteristics and molecular-genetic identification of carotenesynthesiring yeast-like fungi	59
Vasilevskaya M.N., Tsikhanovich A.F. Technological aspects of buckwheat pasta manufacturing	65
Koloskova O.V., Nikulina O.K., Shepshelev A.A. Analysis of the effectiveness of the work of a diffusion apparatus of a column type during the production season.....	78
Pavlova O.V., Gladkaya O.K., Trusova M.M. The influence of the system sorbent sorbate on the sorption activity of chitosan.....	86
Laptenok N.S., Melnikova L.A. Creation of specialized extrusion loaves for nutrition of pregnant and nursing women.....	94

УДК 642.58

Поступила в редакцию 11.11.2019
Received 11.11.2019**Т.П. Троцкая¹, Н.В. Чугай²**¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*²*Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь*

ОРГАНИЗАЦИЯ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ, СТРАДАЮЩИХ ФЕНИЛКЕТОНУРИЕЙ

Аннотация. Во введении приведено описание наследственного заболевания, связанного с нарушением обменных процессов — фенилкетонурии, а также частота заболевания и прочие статистические данные. В качестве объекта исследования рассмотрены питание и ассортимент блюд школьного питания для детей, страдающих фенилкетонурией. При несоблюдении низкобелковой диеты наблюдается накопление фенилаланина и его токсических продуктов, что приводит к тяжёлому поражению ЦНС, проявляющемуся, в частности, в виде нарушения умственного развития (фенилпировиноградной олигофрении). Целью исследования является изучение особенностей организации школьного питания для таких детей в Республике Беларусь. На основании нормативной документации и научной литературы определены особенности организации школьного питания в Республике Беларусь, а также сформулированы основные проблемы организации школьного питания. Проведен анализ школьного питания, предоставляемого детям, страдающим фенилкетонурией, на примере комбината школьного питания Октябрьского района города Гродно. Выявлены слабые стороны и недостатки предлагаемого питания. А также определены способы совершенствования школьного питания.

Ключевые слова: фенилкетонурия, фенилаланин, школьное питание, анализ питания, комбинат школьного питания

T.P. Trotskaya¹, N.V. Chuhai²¹*The Scientific And Practical Centre For Foodstuffs Of The National Academy Of Sciences Of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*²*Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Republic of Belarus*

ORGANIZATION OF SCHOOL MEALS FOR CHILDREN SUFFERING FROM PHENYLKETONURIA

Abstract. Hereditary phenylketonuria disease associated with metabolic disorders and requires dietary therapy. If the low-protein diet is not observed, it is accompanied by the accumulation of phenylalanine with its toxic products, which leads to a severe defeat of the CNS in the form of a violation of mental development. The article provides statistical data on the incidence of the disease. As the object of the study the food and assortment of school meals for children suffering from phenylketonuria are considered. As the object of the study, the food and assortment of school meals for children suffering from phenylketonuria are considered. The Purpose of the study is a qualitative study of the problems and features of the organization of school meals for such children in the Republic of Belarus. The main features of the organization of school meals in the Republic of Belarus are determined and the main problems of organizing school meals are formulated on the basis of documentation and scientific literature in the main part. The analysis of school nutrition provided to children suffering from phenylketonuria was carried out on the example of the school feeding plant of the Oktyabrsky district of Grodno. Weaknesses and shortcomings of the proposed nutrition have been identified. The conclusion defines ways to improve school nutrition.

Keywords: phenylketonuria, phenylalanine, school nutrition, nutrition analysis, school nutrition combine

Введение. Нарушения белкового обмена являются наиболее распространенными заболеваниями среди обнаруженных наследственных нарушений обмена веществ [1, 2]. Фенилкетонурия (ФКУ)

является первым нарушением обмена веществ, которое, как было установлено, вызывает умственную отсталость [3, 4].

Фенилкетонурия представляет собой наследственное заболевание, связанное с нарушением метаболизма аминокислот, главным образом фенилаланина (ФА), вызванным дефицитом фенилаланин-гидроксилазы. Как следствие, незаменимая аминокислота фенилаланин не может быть преобразована в тирозин и накапливается в крови [1, 5]. Фенилаланин является незаменимой аминокислотой, необходимой для адекватного развития. Установлено, что чем младше ребенок, тем в большем количестве фенилаланина он нуждается, так как, в отличие от взрослых, 40 % пищевого фенилаланина у детей первого года жизни расходуется на синтез собственных белков [2].

Во всем мире средний уровень заболеваемости составляет около 1 случая на 10 000 новорожденных. Частота заболевания в большинстве стран мира, в которых еще не введена программа скрининга новорожденных, неизвестна.

Среди республик постсоветского пространства, по данным неонатального скрининга, наибольшая частота заболевания (1:5578) отмечена в Республике Беларусь [6] и Украине (1:5 750) [7]. В России заболевание встречается с частотой 1:7 122 [8]. В Эстонии фенилкетонурия диагностируется у 1 из 8 090 новорожденных [9], в Литве — у 1 из 11 786 [10]. В Латвии (частота 1:20 000) [11] заболевание встречается в 2,5 раза реже, чем в Эстонии и в 1,7 раза реже по сравнению с Литвой.

В 1985 г. была определена мутация гена ФАГ, обуславливающая классическую фенилкетонурию. В настоящее время известно более 460 таких мутаций, распространенность которых имеет существенные межпопуляционные и этнические особенности и различия [12]. Наиболее распространенная на востоке Европы, в частности, в Беларуси и России, мутация R408W не была обнаружена в Японии и Китае, что подтверждает гипотезу о балто-славянском начале для этой мутации.

В настоящее время в Республике Беларусь это заболевание встречается в среднем с частотой 1:5 578 новорожденных. В год выявляется примерно 15–20 новорожденных с такой патологией [2]. Согласно данным научно-методического учреждения «Национальный институт образования» Министерства образования Республики Беларусь, всего в республике зарегистрировано 306 детей с фенилкетонурией в возрасте от 0 до 18 лет. Из них учреждения дошкольного и общего среднего образования посещают 113 человек. Школьный возраст является периодом основного развития ребенка и формирования образа жизни. Школы представляют собой жизненно важную среду, используя которую можно оказывать влияние на процесс питания. Качество питания в детском возрасте во многом определяет здоровье и развитие человека в будущем, поэтому питание именно этой возрастной группы детей, играет важную роль и является предметом исследования.

Объект исследования — питание и ассортимент блюд школьного питания.

Целью исследования является изучение особенностей организации школьного питания в Республике Беларусь.

Основная часть. Наиболее эффективным методом лечения классической формы фенилкетонурии является диетотерапия, построенная по принципу резкого ограничения фенилаланина в диете больных детей. В 1954–1956 гг. в литературе появилось несколько сообщений о благоприятном действии на детей, больных фенилкетонурией, препаратов белка с низким содержанием фенилаланина. Широко применять диетическое лечение больных ФКУ с использованием белковых продуктов, содержащих ограниченное количество фенилаланина, начали с 1957 г. [13].

Применяемые при ФКУ специализированные лечебные рационы сбалансированы по основным пищевым веществам с учетом возрастных особенностей организма. В настоящее время для лечения больных ФКУ выпускается широкий набор специализированных лечебных продуктов, частично или полностью лишенных фенилаланина. Для их производства используются различные виды белка: казеин, сыворотка крови крупного рогатого скота, лактальбумин, свободные аминокислоты [14]. Для диетотерапии новорожденных и грудных детей разработаны лечебные продукты, приближенные по составу к грудному молоку. Эти смеси сбалансированы по всем основным компонентам, обогащены микроэлементами, витаминами, минеральными веществами, таурином и L-карнитином. Для детей дошкольного возраста, школьников и взрослых, больных ФКУ, выпускаются различные виды лечебных продуктов, состав которых адаптирован для каждой возрастной группы [15]. Однако ряд научных исследований свидетельствует о недостатке микроэлементов и дисбалансе минеральных веществ в элементной диете для больных ФКУ [16–19], нарушении свертываемости крови в связи с низким потреблением витамина К [20].

При организации диеты учитывают:

- ♦ возрастные потребности в основных пищевых веществах, в первую очередь в белке и энергии. В период интенсивного роста и развития ребенка поступление белка в организм должно быть достаточным [21]. Дефицит его незамедлительно отразится на процессе формирования всех органов и систем. Поэтому нельзя полностью исключить из рациона новорожденного материнское молоко;
- ♦ клиническую форму заболевания (классическая, умеренная, гиперфенилаланинемия и др.);

- ♦ толерантность ребенка к фенилаланину, которая выявляется в течение первых дней/недель диетотерапии и в дальнейшем определяет допустимое количество фенилаланина (соответственно, количество белка натуральных продуктов), а также состав лечебного рациона для каждого больного;
- ♦ режим питания, пищевые привычки, психологические и другие индивидуальные особенности ребенка [14].

Питание больным ФКУ назначают в зависимости от возраста и массы тела ребенка. При определении необходимого химического состава суточного рациона ребенка ориентируются на физиологические возрастные потребности детей в пищевых ингредиентах.

Если лечение начато до появления клинических нарушений, то правильно подобранная диета обеспечивает нормальное развитие ребенка.

Диетическое лечение больных ФКУ детей проводят при строгом контроле содержания фенилаланина в сыворотке крови. Этот показатель является главным критерием оценки эффективности лечения и должен находиться в средних пределах, равных 2–6 мг % [22]. У детей старше 10 лет уровень фенилаланина не должен превышать 8 мг %, у взрослых – 12 мг % [21]. В тех случаях, когда уровень фенилаланина в сыворотке крови падает ниже 2 мг % или превышает допустимую возрастную норму, необходимо проводить соответствующую коррекцию белка в рационе больного.

Для больных ФКУ, независимо от возраста, сохраняется запрет на продукты, наиболее богатые фенилаланином, такие как мясо, рыба и изделия из них, творог, твердые сыры, бобовые, куриные яйца, орехи. В ограниченном количестве в рацион пациентов старшего возраста с учетом толерантности к фенилаланину могут входить молоко, сметана не менее 25 %, йогурт (белок не более 2,8 г/100 мл), молоко сгущенное с сахаром, рис отварной, кукурузная крупа.

Для детей первого года жизни, страдающих фенилкетонурией, источником белка являются специализированная аминокислотная смесь без фенилаланина и женское молоко, а при его отсутствии – детская молочная смесь. Специализированные смеси представляют собой адаптированные смеси по белкам, жирам и углеводам. Белковый компонент представлен набором 17 аминокислот и не содержит ФА. Повышено содержание аминокислоты тирозина, дефицит которой выражен при ФКУ. Жиры состоят из смеси кукурузного, соевого и кокосового растительных масел, с которыми организм получает ненасыщенные жирные кислоты. Углеводы представлены мальтодекстрином. Минеральный и витаминный состав подобран в соответствии с возрастом ребенка [2].

Для детей старше года организация диетотерапии имеет свои особенности. В диете больных используются продукты на основе смесей аминокислот без фенилаланина с высоким содержанием белка, чем в продуктах для детей первого года жизни. Также следует помнить, что рацион питания детей от года и старше должен полностью исключить богатые белками продукты: мясо и мясные изделия (баранину, говядину, свинину, птицу, колбасные изделия, паштеты, субпродукты), рыбу и рыбные продукты (рыбу свежую, охлажденную и мороженную, рыбные консервы, икру, нерыбные продукты моря), бульоны, яйца, творог и творожные массы, сыр (сыры твердые, мягкие, плавленые и рассольные), хлеб, хлебобулочные и мучные изделия из пшеничной, ржаной, овсяной и гречневой муки, каши из круп (гречневой, манной, ячневой, овсяной, пшено и толокно), продукты из сои, орехи.

В рацион включают фрукты, овощи, крахмальные изделия, жиры со строгим учетом содержания в них ФА. При указанной диете белок за счет естественных продуктов составляет 20–22 % от возрастной физиологической нормы белка. Недостающее количество белка восполняется за счет смесей аминокислот, соответствующих возрасту. Аминокислотные смеси для детей до 7 лет могут быть представлены в виде напитка, добавки к кашам, пюре и т.д. В качестве источников жиров для больных ФКУ используются растительное, сливочное и топленое масла. Углеводный компонент диеты состоит из различных овощей, фруктов, соков, сахара и крахмалсодержащих продуктов. Из сладостей, кроме сахара, допускается мед, варенье, джем.

В Республике Беларусь дети с фенилкетонурией относятся к категории детей-инвалидов. В учреждениях образования им должно предоставляться бесплатное питание (двух- или трехразовое в зависимости от времени пребывания в учреждении образования) и детям до 18 лет, а также беременным женщинам предоставляется бесплатное лечебное питание.

Остается открытым вопрос о продолжительности диетотерапии. Большинство авторов считают нецелесообразным прекращение диетотерапии ранее 10 лет [23–26].

В США и Канаде 111 центров наблюдают 6950 больных с фенилкетонурией, большинство из них рекомендует пожизненный контроль вводимого с диетой фенилаланина [27].

Таким образом, до настоящего времени не решен вопрос о продолжительности проводимого лечения и возможных сроках его окончания.

Основное требование к питанию детей с фенилкетонурией – это отсутствие фенилаланина в пищевых продуктах, которое обеспечивается соблюдением низкобелковой или безбелковой диеты.

Организация питания детей с фенилкетонурией осуществляется с учетом длительности их пребывания в учреждении дошкольного образования (от 3,5 ч до 12 ч) и в соответствии с Инструкцией об

организации питания детей с фенилкетонурией, которой определены перечень продуктов для питания и примерный рацион (меню) для детей в возрасте 3–6 лет, рекомендуемые нормы выхода готовых блюд. Примерный рацион (меню) для питания детей с фенилкетонурией в учреждениях образования составляется с учетом получения ребенком необходимого количества лечебной смеси. Примерный рацион (меню) для питания детей с фенилкетонурией в общеобразовательных школах отсутствует и разрабатывается комбинатами школьного питания на основе Инструкции об организации питания детей с фенилкетонурией в возрасте 3–6 лет.

Детям до 18 лет и беременным женщинам, больным фенилкетонурией, предоставляется бесплатное лечебное питание. Плата за питание в учреждениях дошкольного образования не взимается с родителей (законных представителей) детей-инвалидов, к которым относятся и дети с фенилкетонурией.

Алгоритм приобретения учреждениями образования продуктов питания определен следующими нормативными правовыми актами:

- ♦ Указами Президента Республики Беларусь от 17.11.2008 № 618 «О государственных закупках в Республике Беларусь», от 31.12.2013 № 590 «О некоторых вопросах государственных закупок товаров (работ, услуг)»,
- ♦ постановлениями Совета Министров Республики Беларусь от 20.12.2008 № 1987 «О некоторых вопросах осуществления государственных закупок», от 22.07.2014 № 703 «Об утверждении Правил продажи отдельных видов товаров и осуществления общественного питания и Положения о порядке разработки и утверждения ассортиментного перечня товаров, ассортиментного перечня продукции общественного питания» и другими.

В настоящее время нормативными правовыми актами регламентированы следующие варианты организации питания детей с фенилкетонурией в учреждениях образования:

- 1) с использованием продуктов, приобретенных учреждениями образования,
- 2) с использованием продуктов, приобретенных учреждениями образования, и отдельных специализированных безбелковых (низкобелковых) пищевых продуктов, приобретенных родителями (законными представителями) воспитанников.

Приобретаемые учреждением дошкольного образования специализированные пищевые продукты должны иметь свидетельство о государственной регистрации. Маркировка отдельных видов специализированной пищевой продукции согласно техническим регламентам Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» и ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» должна содержать на потребительской упаковке сведения о производителе, дате изготовления и сроке годности, условиях хранения, назначении продукции, пищевой и энергетической ценности, рекомендуемых дозировках, способах приготовления (при необходимости).

К приему и использованию в питании воспитанников не допускаются пищевые продукты с истекшими сроками годности и признаками недоброкачества, особо скоропортящиеся и скоропортящиеся пищевые продукты на истечении срока годности.

При организации питания детей с фенилкетонурией требование сотрудниками учреждений образования у родителей (законных представителей) воспитанников доплаты за организацию питания детей с фенилкетонурией, дополнительных документов на принесенные ими специализированные безбелковые (низкобелковые) пищевые продукты, отдельной посуды, весов и пр. не допустимо.

Кроме того, с целью организации качественного питания детей с фенилкетонурией в учреждениях образования Министерством образования приняты следующие меры:

1. Подготовлены информационные материалы по организации питания детей с фенилкетонурией для включения в раздел «Организация питания воспитанников в учреждениях дошкольного образования» инструктивно-методического письма Министерства образования «Приоритетные направления деятельности системы дошкольного образования в 2018/2019 учебном году».

2. Направлено письмо в Министерство здравоохранения от 05.04.2018 № 02-02-16/2994/дс о необходимости разработки норм питания для детей с фенилкетонурией с целью внесения изменений (дополнений) в постановление № 317 в части повышения денежных норм расходов на питание обучающихся, в том числе больных фенилкетонурией.

Диеты для таких пациентов предполагали пожизненное питание, содержащее низкие концентрации ФА, при этом тяжелую умственную отсталость можно эффективно предотвратить [28]. Тем не менее, этот подход также связан с риском дефицита питательных веществ и обнаружением вторичных проблем [29]. Впервые о вторичных проблемах сообщалось в 1962 г. Одним из осложнений, наблюдаемых у пациентов, получавших лечение с раннего возраста, являлся аномальный статус кости [30], а именно низкая минеральная плотность кости. Замедление роста и ранний остеопороз могут быть вызваны недостатком минералов и витаминов, в диете с ограниченным содержанием ФА [31–33]. Также характерен дефицит витаминов и минеральных веществ в организме, который вклю-

чает также недостаток селена и витамина B₁₂, низкий уровень ферритина, железа и концентрации цинка в плазме, нарушение антиоксидантного статуса. Подтвержден низкий уровень концентрации цепных полиненасыщенных жирных кислот омега-3.

Дефицит витаминов и минеральных веществ возникает из-за:

- ♦ нехватки белковых, витаминных и минеральных заменителей, содержащих специфические микроэлементы, например, селен;
- ♦ низкой биодоступности микроэлементов в добавках;
- ♦ неупотребления белковых заменителей с минеральными или витаминными добавками или же витаминов и минеральных добавок отдельно.

Некоторые данные подтверждают более высокую степень распространения ожирения у взрослых пациентов с фенилкетонурией в отношении к общему населению.

Для определения основных проблем организации школьного питания детей, страдающих фенилкетонурией, проведен анализ предоставляемого питания (на примере комбината школьного питания Октябрьского района г. Гродно).

Анализ питания проводился путем расчета биологической ценности рациона двухнедельного меню. При расчетах использовались данные из справочника Таблиц химического состава и калорийности российских продуктов питания, под редакцией Скурихина И.М., а также базы данных Министерства сельского хозяйства США (USDA SR 23), в которой скомпилированы данные из разных источников — опубликованных и неопубликованных. Первыми являются научные литературные источники. Вторые — взяты напрямую от промышленных пищевых производителей, прочих правительственных агентств и исследований по контракту Службы сельскохозяйственных исследований (USDA).

На основании расчетов биологической ценности рационов представлены были получены следующие данные, представленные в табл. Нормы потребностей установлены в соответствии с постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 ноября 2012 г. № 180 «Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь».

Т а б л и ц а 1. Содержание нутриентов в рационах питания
Table 1. Table of nutrients in diets

Наименование нутриентов	Нормы потребностей	Среднее содержание нутриентов за день		Содержание от нормы, %	
		1–3 неделя	2–4 неделя	1–3 неделя	2–4 неделя
Кальций, мг	1200	68,96	32,80	5,75	2,73
Фосфор, мг	1200	95,52	60,11	7,96	5,01
Магний, мг	300	51,00	29,75	17,00	9,92
Калий, мг	1500	902,82	518,73	60,19	34,58
Железо, мг	15	5,85	3,14	38,99	20,96
Цинк, мг	12	0,85	0,49	7,11	4,11
Йод, мг	0,15	0,17	0,15	112,47	97,35
Медь, мг	0,8	0,42	0,24	52,35	29,48
Селен, мг	0,04	0,0003	0,0003	0,95	0,69
Хром, мг	0,03	0,01	0,004	33,84	15,06
Фтор, мг	4	0,03	0,01	0,83	0,32
Витамин А, мкг	800	25,52	15,63	3,19	1,95
Витамин B ₁ , мг	1,3	0,15	0,1	11,26	7,41
Витамин B ₂ , мг	1,5	0,11	0,06	7,25	3,67
Витамин B ₃ , мг	3,5	0,57	0,41	16,28	11,85
Витамин B ₆ , мг	1,6	0,33	0,22	20,40	14,02
Витамин B ₁₂ , мг	3	0,01	0,01	0,32	0,20
Витамин РР (ниацин), мг	18	1,61	1,1	8,96	6,11
Витамин С, мг	70	32,65	10,99	46,64	15,70
Витамин Е, мг	12	1,13	0,55	9,41	4,59
Витамин D, мкг	10	0	0	0	0
Фенилаланин, мг	10 мг/кг	160	130		

Примечание — источник: собственная разработка

Анализ показал недостаточное поступление кальция, фосфора, цинка, витамина B₁₂ и витамина А, а также практически полное отсутствие селена, фтора и витамина Д. Содержание фенилаланина в рационе находится в районе верхних границ нормы допустимой суточной нормы для детей.

Заключение. Полученные результаты подтверждают представленные выше данные о вторичных проблемах и осложнениях, наблюдаемых у пациентов, получавших лечение с раннего возраста, что объясняется вызванным недостатком минералов и витаминов, в диете с ограниченным содержанием ФА. Это вызвано, прежде всего, ограниченным перечнем продуктов, рекомендуемых для питания. Данная диета содержит критически низкое содержание кальция, что и является следствием возникновения в дальнейшем проблем, связанных с аномальным статусом кости. Обобщая данные анализа меню, в качестве объекта исследования для расширения ассортимента продукции могут быть выбраны продукты на основе растительного сырья, которые для повышения биологической ценности дополнительно обогащены кальцием и витамином Д. Это позволит не только разнообразить рацион питания, но и частично решить проблему дефицита макро- и микронутриентов, а также витаминов в рационе.

Список использованных источников

1. Sumaily, K.M. Phenylketonuria: A new look at an old topic, advances in laboratory diagnosis, and therapeutic strategies / K.M. Sumaily, A.H. Mujamammi // *Int J Health Sci (Qassim)*. – 2017. – No. 11, № 5. – P. 63–70.
2. Горячко, А.Н. Наследственные болезни обмена веществ у новорожденных детей : учеб.- метод. пособие / А.Н. Горячко, Г.Ф. Елиневская, В.Л. Бутыгина. – Минск : БГМУ, 2009. – 32 с.
3. Bélanger-Quintana, A. Up to date knowledge on different treatment strategies for phenylketonuria / A. Bélanger-Quintana, A. Burlina, C.O. Harding, A.C. Muntau // *Mol Genet Metab.* – 2011. – No. 104. – P. 19–25. Блюмина, М.Г. Интеллектуальный дефект при фенилкетонурии, его динамика и структура. / М.Г. Блюмина // *Невропатология и психиатрия*. – 1972. – № 2. – С. 72–280.
4. Demirdas, S. Bone health in phenylketonuria: a systematic review and meta-analysis. / S. Demirdas, K.E. Coakley, P.H. Bisschop, C.E.M. Hollak, A.M. Bosch, R.H. Singh // *Orphanet J Rare Dis*. – 2015. – No. 10. – P. 17.
5. Цукерман, Г.Л. Опыт массовой диагностики наследственных нарушений обмена веществ в Белорусской ССР / Г.Л. Цукерман, А.Л. Кучинский, С.А. Васюк, Н.Б. Гусина // *Профилактика наследственных болезней* ; Под ред. Н. Бочкова. – М., 1987. – С. 67–87.
6. Galagan, V. Phenylketonuria among newborns in Kiev: diagnostics and treatment / V. Galagan, O. Timchenko, N. Olhovych // *Meeting of the Intern. Society for Neonatal Screening “Neonatal screening from the spot to diagnosis and treatment”*. – 2002. – P.61.
7. Новиков, П.В. Состояние медико-генетической помощи детям и основные задачи ее дальнейшего развития и совершенствования в Российской Федерации / П.В. Новиков // *Бюллетень Рос. общества мед. генетиков*. – №2(9). – М., 1999. – С. 6.
8. Ounap, K. Development of the phenylketonuria screening programmer in Estonia. / K. Ounap, H. Lillevali, A. Metspalu, M. Lipping-Sitska // *J. Med. Screen*. – 1998. – No 5, №1. – P. 22–23.
9. Юргелявичус, В.В. Частота и геногеография фенилкетонурии в Литовской ССР / В.В. Юргелявичус // *Пятый съезд Всесоюз. общ. генет. и селекционеров им.Н.Н.Вавилова: Тез. докл.* – Москва. – 1987. – Т.2. – С. 126–127.
10. Мартинсон А.Э. Разработка программы наследственных дефектов обмена и ее использование для оценки распространенности наследственных дефектов обмена в Латвийской ССР : автореф. дисс. канд. биол. наук / А.Э. Мартинсон. – М., 1978. – 17 с.
11. Scriver, C.R. PANDb 2003: what a locus- specific knowledgebase can do. / C.R. Scriver, M. Hurtubise, D. Konecki // *Hum. Mutat*. – 2003. – V. 21. – P. 333–344.
12. Bickel, H. Influence of phenylalanine intake on phenylketonuria. / H. Bickel // *Lancet*. – 1953. – No. 2. – P. 812.
13. Бушуева, Т.В. Современные принципы организации лечебного питания у детей разного возраста с фенилкетонурией. / Т.В. Бушуева, Т.Э. Боровик // *Вопросы современной педиатрии*. – 2010.
14. Бушуева, Т.В. Сравнительная оценка использования специализированных продуктов «Гетрафен» и «Фенил-фри» в диетотерапии детей, больных фенилкетонурией / Т.В. Бушуева, О.А. Вшесинская, В.М. Коденцова // *Вопр. питан.* – 1998. – № 2. – С. 14–18.
15. Calomme, M. Effects of selenium supplementation on thyroid hormone metabolism in phenylketonuria subjects on a phenylalanine restricted diet. / M. Calomme, J. Vanderpas, B. Francois // *Biol. Trace. Elem. Res*. – 1995. – No. 47, № 1–3. – P. 349–353.

16. Hillman, L. Decreased bone mineralization in children with phenylketonuria under treatment. / L. Hillman, M. Calomme, J. Vanderpas, B. Francois // Eur. J. Pediatr. — 1996. — No. 155. — P. 148–152.
17. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь»: постановление Министерства Здравоохранения Республики Беларусь 20 ноября 2012 г. № 180. — Введ. 01.07.13. — Минск : Министерство Здравоохранения Республики Беларусь, 2012. — 34 с.
18. Jochum, F. Effects of a low selenium state in patients with phenylketonuria. / F. Jochum, K. Terwolbeck, H. Meinhold // Acta-Paediatr. — 1997. — No. 86, № 7. — P. 775–777.
19. Schulpis, K.H. Haemostatic variables in phenylketonuric children under dietary treatment. / K.H. Schulpis, M. Platokouki, E.D. Papakonstantinou // J. Inherit. Metab. Dis. — 1996. — No. 19, № 5. — P. 603–609.
20. Cockburn, P. Recommendations for protein and amino acid intake in phenylketonuric patients. / P. Cockburn, B.J. Clark // Eur. j. Pediatr. — 1996. — No. 155. — P. 125.
21. Лебедев Б.В., Блюмина М.Г. Фенилкетонурия у детей / Б.В. Лебедев, М.Г. Блюмина. — М. : Медицина, 1972. — 160 с.
22. Potocnik, U. Long-term follow-up of children with classical phenylketonuria after diet discontinuation: a review. / U. Potocnik, K. Widhalm // J. Am. Coll. Nutr. — 1994. — No. 13, № 3. — P. 232–236.
23. Azen, C. Summary of findings from the United States Collaborative Study of children treated for phenylketonuria. / C. Azen, R. Koch, E. Friedman // Eur. J. Pediatr. — 1996. — No. 155. — P. 29–32.
24. Burgar, P. Neuropsychologic functions of early treated patients with phenylketonuria, on and off diet: results of a cross-national and cross-sectional study. / P. Burgar, P. Rey, A. Rupp // Pediatr. Res. — 1997. — No. 41, № 3. — P. 368–374.
25. Griffiths, P. Neuropsychological outcome of experimental manipulation of phenylalanine intake in treated phenylketonuria. / P. Griffiths, N. Ward, A. Harvie, F. Cockburn // J. Inherit. Metab. Dis. — 1998. — No. 21, № 1. — P. 29–38.
26. Fisch, R.O. Phenylketonuria: current dietary treatment practices in the United States and Canada. / R.O. Fisch, R. Matalon, S. Weisberg, K. Michals // J. Am. Col. I. Nutr. — 1997. — No. 16, № 2. — P. 147–151.
27. Hudson, F.P. The termination of dietari treatment. / F.P. Hudson // Phenylketonuria and same other inborn errors of amino acicl. metabolism, Stittgart. — 1971. — P. 273–277.
28. Enns, G.M. Suboptimal outcomes in patients with PKU treated early with diet alone: Revisiting the evidence. / G.M. Enns, R. Koch, V. Brumm, E. Blakely, R. Suter, E. Jurecki // Mol Genet Metab. — 2010. — No. 101. — P. 99–109.
29. Feinberg, S.B. Roentgenologic findings in growing long bones in phenylketonuria. / S.B. Feinberg, R.O. Fisch // Preliminary study. Radiology. — 1962. — No. 78. — P. 394.
30. Arnold, G.L. Protein insufficiency and linear growth restriction in phenylketonuria. / G.L. Arnold, C.J. Vladutiu, R.S. Kirby, E.M. Blakely, J.M. Deluca. // J Pediatr. — 2002. — No. 141. — P. 243.
31. Barat, P. The impact of the control of serum phenylalanine levels on osteopenia in patients with phenylketonuria. / Barat P, Barthe N, Redonnet-Vernhet I, Parrot F. // Eur J Pediatr. — 2002.
32. Acosta, P.B. Nutrient intakes and physical growth of children with phenylketonuria undergoing nutrition therapy. / P.B. Acosta, S. Yannicelli, R. Singh, S. Mofidi, R. Steiner, E. DeVincentis // J Am Diet Assoc. — 2003.
33. О нормах питания и денежных нормах расходов на питание обучающихся, а также участников образовательных мероприятий из числа лиц, обучающихся в учреждениях образования: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 27 апреля 2013 г. № 317 с изменениями и дополнениями от 22 ноября 2017 г. (постановление Совета Министров Республики Беларусь № 879). — Введ. 30.04.13. — Минск : Совет Министров Республики Беларусь, 2013. — 51 с.

References

1. Sumaily K.M., Mujamammi A.H. Phenylketonuria: A new look at an old topic, advances in laboratory diagnosis, and therapeutic strategies. Int J Health Sci (Qassim), 2017, no. 11(5), pp. 63–70.
2. Goryachko A.N. Nasledstvennye bolezni obmena veshchestv u novorozhdennyh detej [*The Hereditary diseases of metabolism in newborns*]. Minsk, BG MU, 2009, 32 p. (in Russian).
3. Bйlanger-Quintana A., Burlina A., Harding C.O., Muntau A.C. Up to date knowledge on different treatment strategies for phenylketonuria. Mol Genet Metab, 2011, no. 104, pp. 19–25.
4. Blumina M. G. Intellektual'nyj defekt pri fenilketonurii, ego dinamika i struktura [*Intellectual defect in phenylketonuria, its dynamics and structure*]. Neuropathology and psychiatry, 1972, no. 2, pp. 72–280 (in Russian).
5. Demirdas S., Coakley K.E., Bisschop P.H., Hollak C.E., Bosch A.M., Singh R.H. Bone health in phenylketonuria: a systematic review and meta-analysis. Orphanet J Rare Dis, 2015, no. 10, p. 17.

6. Tsukerman G.L., Kuchinsky A.L., Vasyuk S.A., Gusina N.B. Opyt massovoy diagnostiki nasledstvennykh narushenij obmena veshchestv v Belorusskoj SSR [*Experience of mass diagnostics of hereditary metabolic disorders in the BSSR*], Profilaktika nasledstvennykh boleznej [*Prevention of hereditary diseases*], Moscow, 1987, pp. 67–87 (in Russian).
7. Galagan V., Timchenk O., Olhovich N. Phenylketonuria among newborns in Kiev: diagnostics and treatment. Meeting of the Intern. Society for Neonatal Screening “Neonatal screening from the spot to diagnosis and treatment”, 2002, p. 61.
8. Novikov P.V. Sostoyanie mediko-geneticheskoy pomoshchi detyam i osnovnye zadachi ee dal'nejshego razvitiya i sovershenstvovaniya v Rossijskoj Federacii [*The state of medical-genetic assistance to children and the main tasks of its further development and improvement in the Russian Federation*], Byulleten' Rossijskogo obshchestva medicinskih genetikov [*Bulletin of the Russian Society of Medical Genetics*], Moscow, 1999, no. 2 (9), p. 6 (in Russian).
9. Ounap K., Lillevali H., Metspalu A., Lipping-Sitska M. Development of the phenylketonuria screening programmer in Estonia. J. Med. Screen, 1998, no 5(1), pp. 22–23.
10. Jurgeliavichus V.V. CHastota i genogeografiya fenilketonurii v Litovskoj SSR [*Frequency and genogeography of phenylketonuria in the Lithuanian SSR*], Tezisy dokladov 5 s"ezda Vsesoyuznogo obshchestva genetikov i selekcionerov imeni N.N.Vavilova: [*5th Congress of All-Union General and breeders named after N.N.Vavilov*], Moscow, 1987, no. 2, pp. 126–127 (in Russian).
11. Martinson A.E. Razrabotka programmy nasledstvennykh defektov obmena i ee ispol'zovanie dlya ocenki rasprostranennosti nasledstvennykh defektov obmena v Latvijskoj SSR: Avtoreferat Diss. kand. biol. nauk [*Development of the program of hereditary exchange defects and its use for estimation of prevalence of hereditary exchange defects in the Latvian SSR. Abstract of the thesis of the candidate of Biol. sciences*], Moscow, 1978. 17 p. (in Russian).
12. Scriver C.R., Hurtubise M., Konecki D. PAHdb 2003: what a locus-specific knowledgebase can do. Hum. Mutat, 2003, V. 21, pp. 333–344.
13. Bickel H. Influence of phenylalanine intake on phenylketonuria. Lancet, 1953, no. 2, pp. 812.
14. Bushueva T.V., Borovik T.E. Sovremennye principy organizacii lechebnogo pitaniya u detej raznogo vozrasta s fenilketonuriej [*Modern principles of the organization of therapeutic nutrition in children of different ages with phenylketonuria*]. Questions of modern pediatrics, 2010 (in Russian).
15. Bushueva T.V., Vshesinskaya O.A., Kodentsova V.M. Sravnitel'naya ocenka ispol'zovaniya specializirovannykh produktov “Getrafen” i “Fenil-fri” v dietoterapii detej, bol'nykh fenilketonuriej [*Comparative evaluation of the use of specialized products “Getrafen” and “Phenyl-free” in the diet therapy of children with phenylketonuria*]. Nutritional issues, 1998, no. 2, pp. 14–18 (in Russian).
16. Calomme M., Vanderpas J., Francois B. Effects of selenium supplementation on thyroid hormone metabolism in phenylketonuria subjects on a phenylalanine restricted diet. Biol. Trace. Elem. Res., 1995, no. 47(1–3), pp. 349–353.
17. Hillman L., Schlotzhauer C., Lee D. Decreased bone mineralization in children with phenylketonuria under treatment. Eur. J. Pediatr, 1996, no. 155, pp. 148–152.
18. Postanovlenie Ministerstva Zdravookhraneniia Respubliki Belarus № 180. Ob utverzhdenii Sanitarnykh norm i pravil. Trebovaniia k pitaniui naseleniia: normy fiziologicheskikh potrebnostei v energii i pishchevykh veshchestvakh dlia razlichnykh grupp naseleniia Respubliki Belarus'» [*Resolution of the Ministry Of Health of the Republic of Belarus on November 20, 2012 No. 180. About the approval of Sanitary standards and rules “Requirements to population food: standards of physiological needs for energy and feedstuffs for various groups of the population of Republic of Belarus*]. Minsk, Ministry Of Health of the Republic of Belarus, 2012, 34 p. (in Russian).
19. Jochum F., Terwolbeck K., Meinhold H. Effects of a low selenium state in patients with phenylketonuria. Acta-Paediatr, 1997, no. 86(7), pp. 775–777.
20. Schulpis K.H., Platokouki M., Papakonstantinou E.D. Haemostatic variables in phenylketonuric children under dietary treatment. J. Inherit. Metab. Dis., 1996, no. 19(5), pp. 603–609.
21. Cockburn P., Clark B.J. Recommendations for protein and amino acid intake in phenylketonuric patients. Eur. j. Pediatr, 1996, no. 155, p. 125.
22. Lebedev B.V., Blumina M.G. Fenilketonuriya u detej [*Phenylketonuria in children*]. Moscow, Publ. Medicine, 1972, 160 p. (in Russian).
23. Potocnik U., Widhalm K. Long-term follow-up of children with classical phenylketonuria after diet discontinuation: a review. J. Am. Coll. Nutr, 1994, no. 13(3), pp. 232–236.
24. Azen C., Koch R., Friedman E. Summary of findings from the United States Collaborative Study of children treated for phenylketonuria. Eur. J. Pediatr, 1996, no. 155, pp. 29–32.
25. Burgar P., Rey P., Rupp A. Neuropsychologic functions of early treated patients with phenylketonuria, on and off diet: results of a cross-national and cross-sectional study. Pediatr. Res, 1997, no. 41(3), pp. 368–374.
26. Griffiths P., Ward N., Harvie A., Cockburn F. Neuropsychological outcome of experimental manipulation of phenylalanine intake in treated phenylketonuria. J. Inherit. Metab. Dis, 1998, no. 21(1), pp. 29–38.

27. Fisch R.O., Matalon R., Weisberg S., Michals K. Phenylketonuria: current dietary treatment practices in the United States and Canada. *J. Am. Col. Nutr.* 1997, no. 16(2), pp. 147–151.
28. Hudson F.P. The termination of dietary treatment: Phenylketonuria and some other inborn errors of amino acid metabolism. Stuttgart, 1971, pp. 273–277.
29. Enns GM, Koch R, Brumm V, Blakely E, Suter R, Jurecki E. Suboptimal outcomes in patients with PKU treated early with diet alone: Revisiting the evidence. *Mol Genet Metab*, 2010, no. 101, pp. 99–109.
30. Feinberg SB, Fisch RO. Roentgenologic findings in growing long bones in phenylketonuria. Preliminary study: *Radiology*. 1962, no. 78, p. 394.
31. Arnold G.L, Vladutiu C.J, Kirby R.S, Blakely E.M, Deluca J.M. Protein insufficiency and linear growth restriction in phenylketonuria. *J Pediatr*, 2002, no. 141, p. 243.
32. Barat P, Barthe N, Redonnet-Vernhet I, Parrot F. The impact of the control of serum phenylalanine levels on osteopenia in patients with phenylketonuria. *Eur J Pediatr*, 2002.
33. Acosta P.B, Yannicelli S, Singh R, Mofidi S, Steiner R, DeVincentis E. Nutrient intakes and physical growth of children with phenylketonuria undergoing nutrition therapy. *J Am Diet Assoc*. 2003.
34. Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus № 317 ot 27 aprelya 2013 g. O normakh pitaniia i denezhnykh normakh raskhodov na pitanie obuchaiushchikhsia, a takzhe uchastnikov obrazovatel'nykh meropriatii iz chisla lits, obuchaiushchikhsia v uchrezhdeniiakh obrazovaniia [*Resolution of the Council Of Ministers of the Republic of Belarus no. 317 of April 27, 2013. About norms of food and monetary norms of expenses on food of students and also participants of educational actions from among the persons studying in institutions of education*]. Minsk, Council Of Ministers of the Republic of Belarus, 2013, 51 p. (in Russian).

Информация об авторах

Троцкая Таисия Павловна — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: trotskayataya@mail.ru

Чугай Наталия Валентиновна — старший преподаватель кафедры технологии, физиологии и гигиены питания учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (ул. БЛК 50, кааб. 403, 230009, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: mailnv.chugai@mail.ru

Information about authors

Trotskaya Taisia P. — Doctor of technical sciences, professor, chief researcher of the nutrition department of RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: trotskayataya@mail.ru

Chuhai Natallia V. — Senior teacher, Department of technology, physiology and hygiene of food, YankaKupala State University of Grodno (50 BLK, room 403, 230009, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: mailnv.chugai@mail.ru

М.М. Петухов, Е.В. Коляда

*Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

МЯСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Аннотация. Мясная промышленность является одной из крупнейших отраслей пищевой промышленности Республики Беларусь. Переработкой скота, птицы и производством мясопродуктов из них в республике занимаются более 200 субъектов хозяйствования. Ведущими по объемам переработки мяса и реализации конечной продукции являются мясокомбинаты, расположенные в г. Минске, Гродно, Березе и Волковыске. Мясные продукты являются основной составляющей белкового рациона жителей Беларуси. Почти треть населения ежедневно или почти ежедневно употребляет в пищу мясо или мясные продукты. Рынок продуктов переработки мяса в Республике Беларусь отличается разнообразием. В стране производится более 1200 видов мясной продукции, в том числе 800 видов колбасных изделий, около 250 наименований полуфабрикатов, более 150 видов консервов. При этом количество представленных на рынке товарных знаков и разновидностей продолжает увеличиваться. Мясная промышленность не только обеспечивает потребности населения в продуктах питания, но и играет существенную роль во внешней торговле страны. Значительная доля мясной продукции экспортируется в Россию, Казахстан, Узбекистан, Армению, Украину, Польшу и Германию. Активная внешнеэкономическая стратегия последних лет сделала Беларусь крупным участником мирового продовольственного рынка.

Ключевые слова: говядина, свинина, птица, производство, потребление, экспорт, импорт

M.M. Petukhou, E.V. Koliada

Belarus State Economic University, Minsk, Republic of Belarus

THE MEAT INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS: STATE AND DEVELOPMENT TRENDS

Abstract. The meat industry is one of the largest branches of the food industry in the Republic of Belarus. More than 200 economic entities are engaged in the processing of livestock, poultry and the production of meat products from them in the republic. Meat processing plants located in Minsk, Grodno, Bereza and Volkovysk lead in terms of meat processing and sales of final products. Meat products are the main component of the protein diet of the inhabitants of Belarus. Almost one third of the population consumes meat or meat products daily or almost daily. The market for meat processing products in the Republic of Belarus is diverse. The country produces more than 1,200 types of meat products, including 800 types of sausage products, about 250 kinds of semi-finished products, more than 150 types of canned food. At the same time, the number of trademarks and varieties represented on the market continues to increase. The meat industry not only provides the population with food needs, but also plays a significant role in the country's foreign trade. A significant proportion of meat products are exported to Russia, Kazakhstan, Uzbekistan, Armenia, Ukraine, Poland and Germany. The active foreign economic strategy of recent years has made Belarus a major participant in the global food market.

Keywords: beef, pork, poultry, production, consumption, export, import

Мясная промышленность является одной из крупнейших отраслей пищевой промышленности Республики Беларусь, основная продукция которой — мясо и мясопродукты, а также пищевые и технические жиры, желатин, мыло, альбумин, кожевенное сырье, медицинские препараты, кишечные полуфабрикаты и ряд других продуктов.

В настоящее время в республике функционирует более двухсот мясоперерабатывающих предприятий, включая мясокомбинаты, птицефабрики, мясоконсервные комбинаты, колбасные цеха, убой-

ные пункты, хладокомбинаты и др. Из общего числа предприятий, занимающихся переработкой и производством мяса и мясопродуктов, можно выделить 26 крупных технически оснащенных мясокомбинатов, на долю которых приходится около 65 % перерабатываемого скота и птицы.

Крупные технически оснащенные мясокомбинаты достаточно равномерно распределены по территории страны. Больше всего их в Брестской области — 6 предприятий, 5 — в Гродненской, по 4 в Минской и Могилевской, по 3 в Витебской и Гомельской областях, а также один крупный мясокомбинат расположен в г. Минске. Ведущими по объемам переработки и реализации конечной продукции являются мясокомбинаты, расположенные в г. Минске, Гродно, Березе, Волковыске, Бресте, Слуцке, Витебске и Могилеве. При этом явного лидера в отрасли нет, что обуславливает высокую конкуренцию на рынке. Ключевым фактором является наличие сырьевой зоны, объем и развитие которой определяет возможности перерабатывающего предприятия и его долю на рынке.

Ресурсную базу для предприятий мясной промышленности формирует животноводство и птицеводство. Скотоводство — важнейшая отрасль животноводства республики. По состоянию на начало 2018 г. в Беларуси насчитывалось 4362 тыс. голов скота, из которых 1500 тыс. — коровы [1, с. 127]. Большая часть скота — 97,6 % (в том числе 95,0 % всех коров) — сосредоточена в сельскохозяйственных организациях. В хозяйствах населения содержится 70 тыс. коров (4,7 % общей численности). Наиболее развитым является молочно-мясное скотоводство, а мясо предприятия получают в основном от разведения черно-белого скота.

Традиционная и вторая по значимости отрасль животноводства Беларуси — свиноводство. В общем балансе мяса на долю свинины приходится 28 %. поголовье свиней сосредоточено в основном в сельскохозяйственных организациях республики — более 88 %. Остальная часть — в хозяйствах населения (11,2 %) и фермеров (7,3 %). За последние пять лет численность свиней сократилась на четверть и по состоянию на начало 2018 г. составила 3156 тыс. против 4243 тыс. на начало 2013 г. Основная причина сокращения поголовья свиней — борьба со вспышкой высокозаразной инфекционной болезни домашних свиней и диких кабанов — африканской чумы свиней, зарегистрированной на территории Беларуси в 2013 г. Только за 2013–2014 гг. сельскохозяйственные организации потеряли 25,7 % свиней, фермеры — 38,4 %, а население — 51 %. И если в 2015–2017 гг. сельскохозяйственные и фермерские организации увеличили поголовье свиней до 2,8 млн., то в личных хозяйствах населения сокращение продолжилось. В результате основное производство свинины переведено на промышленную основу и осуществляется преимущественно на комплексах по выращиванию и откорму свиней.

Птицеводство в Республике Беларусь практически полностью переведено на промышленную основу (90 % мяса птицы производится с использованием промышленных технологий). Это одна из быстроразвивающихся отраслей страны. На начало 2018 г. в республике насчитывалось 50,7 млн. голов птиц [1, с. 130].

За период 2010–2017 гг. поголовье скота и птицы увеличилось на 5,1 и 35,2 % соответственно, а свиней — сократилось на 18,8 %. При этом Беларусь является лидером среди стран СНГ по численности поголовья крупного рогатого скота, свиней и птицы на душу населения. Отечественное животноводство и птицеводство являются крупнейшими отраслями сельского хозяйства, обеспечивающими сырьем мясную промышленность.

В Беларуси наблюдается рост производства мяса и продуктов из него, о чем свидетельствуют данные Национального статистического комитета Республики Беларусь (табл. 1).

Таблица 1. Производство мяса и мясопродуктов в Республике Беларусь по видам, тыс. т. [2, с. 280]
Table 1. Production of meat and meat products in the Republic of Belarus by type, thousand tons [2, p. 280]

Вид продукции	Годы				
	2013	2014	2015	2016	2017
Мясо и пищевые субпродукты, в том числе:	998,5	947,4	1020,7	1 059,4	1 102,3
говядина	246,9	228,4	256,8	262,5	256,9
свинина	296,1	248,5	247,7	270,6	286,8
мясо птицы	365,0	394,7	438,5	445,9	476,5
Колбасные изделия	291,7	288,8	266,0	275,5	280,0
Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие	163,9	171,8	156,2	156,1	177,4

Анализ данных табл. 1 показывает, что производство всех видов мяса и мясопродуктов на протяжении последних лет неуклонно увеличивается. Так, объем их производства в Беларуси в 2017 г. составил 1 559,7 тыс. т (107,3 % по отношению к уровню 2013 г.). За пять лет производство мяса и субпродуктов увеличилось на 10,4 %, полуфабрикатов — на 8,2 %, а колбасных изделий — сократилось на 4,0 %.

В 2017 г. мясоперерабатывающими предприятиями произведено 280 тыс. т колбасных изделий. При этом более половины рынка колбасных изделий (60 %) представлено вареными колбасами, сосисками и сардельками. На долю сыровяленых и сырокопченых колбас приходится 7 %, полукопченых – 5,5 %. Производство других видов колбасных изделий составляет 27,5 % от общего объема [3, с. 83].

Увеличение объемов производства мяса и мясопродуктов произошло во многом благодаря принятой в 2005 г. Программе развития мясной и молочной промышленности на 2005–2010 гг. Она предусматривала:

- ♦ техническое перевооружение мясоперерабатывающих предприятий;
- ♦ усовершенствование структуры производства;
- ♦ углубление специализации и повышение концентрации мощностей по переработке мясного сырья;
- ♦ повышение качества сырья и готовой продукции [4].

Ускоренное обновление основных производственных фондов на новой технической основе являлось одним из главных направлений интенсификации производства в мясоперерабатывающей промышленности. Без такого обновления был невозможен качественный переход производства на выработку продукции повышенной биологической ценности и широкого ассортимента в объемах, полностью удовлетворяющих спрос населения с учетом возраста, состояния здоровья, размера доходов и других факторов.

В связи с этим для расширения ассортимента, улучшения качества продукции и ее упаковки, снижения себестоимости выпускаемой продукции, повышения ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках было предусмотрено техническое перевооружение предприятий.

Техническое переоснащение мясоперерабатывающих предприятий создало основу для повышения качества и безопасности продукции, получения сертификатов соответствия системы менеджмента качества требованиям СТБ ISO 9001-2015 и внедрения Международной системы анализа рисков и критических контрольных точек (НАССР).

Научно-техническое обеспечение мясной промышленности предусматривает разработку и использование новых видов упаковки, обеспечивающей повышение сроков годности и сохранение качества продуктов; создание новых и совершенствование действующих процессов обработки мяса и мясных продуктов; научное обоснование рецептур мясных продуктов при оптимальных соотношениях белка, жира, влаги и других веществ, отвечающих требованиям рационального питания; разработку комбинированных мясных продуктов функционального назначения с использованием современных пищевых добавок, микронутриентов; разработку новой и пересмотр действующих нормативно-технической документации; разработку и освоение линий для производства колбас и сосисок, вакуумных шприцев, варочно-копильных камер.

Принятая в 2010 г. Программа развития птицеводства в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. [5] придала импульс для развития отрасли. За время ее действия объем производства мяса увеличился на 72,8 %. Эти результаты достигнуты в основном за счет интенсивного использования имеющихся мощностей, строительства и реконструкции, технического переоснащения производств, использования высокопродуктивных кроссов, соблюдения технологических процессов и ветеринарной профилактики. Только за 2011–2015 гг. в птицеводческой отрасли построено и реконструировано с переоснащением 509 производственных объектов, в том числе 414 помещений в племенном птицеводстве. Завершено строительство двух новых птицефабрик – «Комаровка» в Брестской области мощностью 15 тыс. т мяса и в Могилевской области «Александрийское» мощностью 10 тыс. т [6].

В настоящее время основное производство мяса птицы сосредоточено на крупных предприятиях: СЗАО «Серволюкс» (ОАО «Смолевичи Бройлер» и ЗАО «Серволюкс Агро»), ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский», птицефабрика «Дружба» в Брестской области, ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика», ООО «Витконпродукт» в Витебской области, а также ОАО «Агрокомбинат «Скидельский» и РУП «Белоруснефть-Особино».

Рынок мяса и мясных продуктов в Республике Беларусь является крупнейшим сегментом рынка продовольственных товаров, опережая рынок алкогольной продукции, молочных товаров и хлебобулочных изделий. По итогам 2017 г. в структуре розничного товарооборота продовольственных товаров на его долю приходилось 18,8 % или 3,83 млрд. руб. [2, с. 351]. В физическом выражении объем реализованной мясной продукции (в пересчете на мясо) в последние годы стабилизировался и находится на уровне 834–846 тыс. т [2, с. 354]. Это характеризует достаточно высокий уровень потребления мяса на душу населения (рис. 1).

Среднее потребление мяса на душу населения в Беларуси составляет около 90 кг в год, что соответствует уровню потребления мяса в странах ЕС и практически в два раза опережает среднемировое потребление.

Так как объемы производства мяса превышают потребности внутреннего рынка, мясная промышленность Республики Беларусь ориентирована также и на внешний рынок.

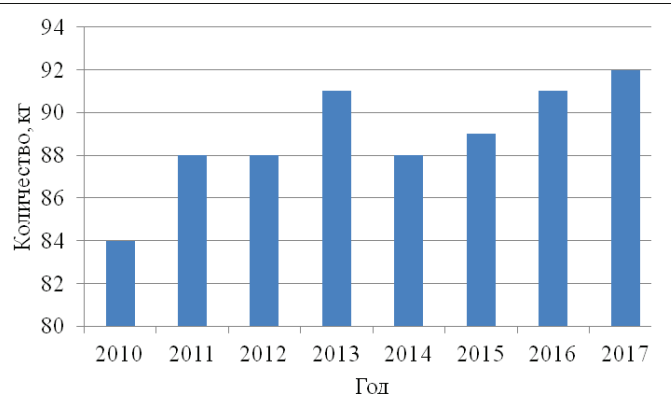


Рис. 1. Уровень потребления мяса на душу населения в Республике Беларусь
Fig. 1. The level of meat consumption per capita in the Republic of Belarus

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь наша страна является крупным экспортером мяса и мясной продукции. Доля экспорта мяса и мясопродуктов в 2017 г. составила 20 % (реализовано продуктов на 909,3 млн. долл. США) [2, с. 478].

В структуре экспорта преобладает мясо птицы, говядина и свинина, колбасные изделия и мясные консервы. За пределы республики реализуется около половины производимого в стране мяса и мясной продукции. Россия остается крупнейшим импортером белорусской мясной продукции. Важными рынками белорусского экспорта мяса и мясной продукции являются также Казахстан, Узбекистан, Армения, Украина, Грузия, Польша и Германия [7].

Импорт мясных продуктов в республику традиционно незначительный. Беларусь проводит строгую политику ограничения импорта путем установления квот и осуществления мер биологического контроля в целях обеспечения продовольственной безопасности населения страны, а также защиты животных от заболеваний. В стоимостном выражении импорт мясных продуктов в 2017 г. составил 94,8 млн. долл. США [7]. При этом основная часть импорта поступила из Польши и Германии.

Фактически, основная часть потребленного в Беларуси мяса производится в стране. Таким образом, весь белорусский рынок удовлетворяется в основном за счет внутреннего производства. Однако потребительский спрос на мясо и мясную продукцию в мире растет. Это предоставляет существенную возможность Республике Беларусь увеличить объемы экспорта мяса. Для этого в качестве приоритетных направлений в рамках государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. определены:

- ♦ повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции за счет внедрения ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих сокращение материальных и трудовых затрат, снижение себестоимости, улучшение качества продукции для обеспечения ее конкурентоспособности на внутреннем и внешних рынках;
- ♦ максимальная реализация потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы за счет соблюдения технологических регламентов при производстве продукции животноводства;
- ♦ повышение уровня защиты страны в плане биологической безопасности сельскохозяйственных животных, обеспечение безопасности продуктов питания [8].

Увеличение объемов производства и реализации на внешние рынки мясной продукции, повышение ее конкурентоспособности будут осуществляться за счет создания новых, модернизации, реконструкции и технического перевооружения действующих мощностей по переработке мяса сельскохозяйственных животных и птицы.

Одним из основных условий развития отрасли животноводства, получения качественной и безопасной продукции животного происхождения является ветеринарное благополучие республики. В этих целях требуются организация и проведение мероприятий по профилактике и диагностике болезней животных, их лечению, ликвидации очагов заразных болезней животных, в том числе общих для человека и животных.

Осуществление вышеперечисленных мероприятий позволит обеспечить стабильное снабжение населения республики высококачественной мясной продукцией, позволяющей полностью удовлетворить потребности в мясе, а также реализовывать данную продукцию на экспорт.

Таким образом, объемы производства мяса и мясных продуктов в Республике Беларусь ежегодно увеличиваются. Происходит поэтапное техническое перевооружение основных мясокомбинатов и птицефабрик, что приводит к расширению ассортимента предлагаемой продукции, повышению ее потребительских свойств и конкурентоспособности.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь : стат. сборник. — Минск : Национальный статистический комитет Респ. Беларусь, 2018. — 235 с.
2. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2018 : стат. справочник. — Минск : Национальный статистический комитет Респ. Беларусь, 2018. — 489 с.
3. Промышленность Республики Беларусь : стат. сборник. — Минск : Национальный статистический комитет Респ. Беларусь, 2018. — 193 с.
4. Программа развития мясной и молочной промышленности на 2005–2010 годы : утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 15.07.2005 № 792 : текст по состоянию на 1 ноября 2011 г. — Минск : [б. и.], 2005. — 54 с.
5. Программа развития птицеводства в Республике Беларусь в 2011–2015 годах : утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 28.09.2010 № 1395. — Минск : [б. и.], 2010. — 10 с.
6. Крапивина, Л. Белорусское птицеводство: объемы, структура и проблемы / Л. Крапивина // Белорусское сельское хозяйство [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://agriculture.by/news/apk-belarusi/belorusskoe-pticevodstvo-obemy-struktura-i-problemy>. — Дата доступа: 06.04.2019.
7. Внешняя торговля Республики Беларусь : стат. сборник. — Минск : Национальный статистический комитет Респ. Беларусь, 2018. — 372 с.
8. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы : утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 11.03.2016 № 196 : текст по состоянию на 28 ноября 2018 г. [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21600196>. — Дата доступа: 06.04.2019.

References

1. Agriculture of the Republic of Belarus: stat. compilation. Minsk, National Statistical Committee of the Rep. Belarus, 2018. 235 p.
2. Statistical Yearbook of the Republic of Belarus, 2018: stat. directory. Minsk, National Statistical Committee of the Rep. Belarus, 2018. 489 p.
3. Industry of the Republic of Belarus: stat. compilation. Minsk, National Statistical Committee of the Rep. Belarus, 2018. 193 p.
4. Program of development of the meat and dairy industry for 2005–2010: approved. Resolution of the Council of Ministers of the Rep. Belarus July 15, 2005 No. 792: text as of November 1, 2011. Minsk, 2005. 54 p.
5. The poultry industry development program in the Republic of Belarus in 2011–2015: approved. Resolution of the Council of Ministers of the Rep. Belarus September 28, 2010 No. 1395. Minsk, 2010. 10 p.
6. Krapivina, L. Belorusskoye ptitsevodstvo: ob'yemy, struktura i problemy / L. Krapivina // Belorusskoye sel'skoye khozyaystvo [Belorussian poultry farming: volumes, structure and problems / L. Krapivina // Belorussian agriculture] [Electronic resource] / Available at: <http://agriculture.by/news/apk-belarusi/belorusskoe-pticevodstvo-obemy-struktura-i-problemy> (accessed 6 april 2019).
7. Foreign Trade of the Republic of Belarus: stat. compilation. Minsk, National Statistical Committee of the Rep. Belarus, 2018. 372 p.
8. Gosudarstvennaya programma razvitiya agrarnogo biznesa v Respublike Belarus' na 2016–2020 gody [State program for the development of agrarian business in the Republic of Belarus for 2016–2020: approved. Resolution of the Council of Ministers of the Rep. Belarus March 11, 2016 No. 196: text as of November 28, 2018] [Electronic resource] // National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus. Available at: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21600196> (accessed 6 april 2019).

Информация об авторах

Петухов Михаил Михайлович — кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров, Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет» (Партизанский пр., 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 1mi@mail.ru

Колыда Елена Владимировна — кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров, Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет» (Партизанский пр., 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: liki.l@mail.ru

Information about authors

Petukhov Mikhail M. — Ph.D. (Engineering), Belarus State Economic University (26, Partizansky Ave., Minsk 220070, Republic of Belarus). E-mail: 1mi@mail.ru

Koliada Elena V. — Ph.D. (Engineering), Belarus State Economic University (26, Partizansky Ave., Minsk 220070, Republic of Belarus). E-mail: liki.l@mail.ru

УДК 637.523.3

Поступила в редакцию 09.08.2019
Received 09.08.2019**Н.Ф. Усатенко¹, О.В. Щесюк², С.Б. Вербицкий³, М.Г. Калашник¹, С.С. Доброскок¹**¹*Переяслав-Хмельницкий государственный педагогический университет им. Г.С. Сковороды
(г. Переяслав, Украина)*²*Черноморский национальный университет им. П. Могилы (г. Николаев, Украина)*³*Институт продовольственных ресурсов НААН (г. Киев, Украина)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ КОЛБАС

Аннотация. Аналитически и экспериментально обоснована эффективность применения уточненных научно обоснованных методов организации рациональных режимных параметров тепломассообменных процессов при созревании сухих колбас в камерах с усовершенствованной системой воздухораспределения. Реализация установленных закономерностей при конструировании камеры сушки Я5-ФТС позволила не только повысить энергоэффективность, но и обеспечить соответствие требованиям действующих стандартов в части качества и безопасности готовой мясной продукции с низкой влажностью. Показана возможность использования полученных закономерностей как при разработке новых камер с регулируемым микроклиматом, так и в качестве учебного материала в технических учебных заведениях.

Ключевые слова: автономный воздухоохладитель, воздуховод, камера, колбаса, кондиционер, поверхностная сушка

N.F. Usatenko¹, O.V. Shchesyuk², S.B. Verbytskyi³, M.G. Kalashnik¹, S.S. Dobroskok¹¹*Pereyaslav-Khmelnytsky State Pedagogical University named after G.S. Skovorodi (Pereyaslav, Ukraine)*²*Black Sea National University named after P. Mogili (Nikolaev, Ukraine)*³*Institute of Food Resources of the NAAS (Kiev, Ukraine)*

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF HEAT AND MASS EXCHANGE PROCESSES IN THE PRODUCTION OF DRY SAUSAGES

Abstract. The efficiency of applying enhanced scientifically based methods for organizing rational regime parameters of heat and mass transfer processes when ripening dry sausages in chambers with an improved air distribution system is analytically and practically justified. The implementation of the established regularities in the design of the drying chamber Ya5-FTS met not only the requirements of energy efficiency, but also the requirements of current standards in terms of quality and safety of finished meat products with low humidity. The possibility of using the obtained laws both in the development of new chambers with a regulated microclimate and as an educational material in technical educational institutions is shown.

Keywords: autonomous air cooler, air duct, chamber, sausage, conditioner, surface drying

Введение. Технология изготовления сухих колбас (сырокопченых и сыровяленых) является одной из самых сложных в области производства мясных продуктов. Решающим этапом производственного процесса изготовления таких колбас является процесс созревания, во время которого происходит ферментация и сушка колбасного изделия, осуществляемые в специально оборудованных помещениях – камерах сушки. Эффективность протекания технологического процесса созревания колбас обеспечивается созданием определенных климатических условий в камерах сушки, при которых обмен влагой между наружной поверхностью колбасного батона и воздушной рабочей средой происходит с такой же интенсивностью, как и между внутренней массой батона (колбасным фаршем) и наружной его поверхностью.

Существует определенная скорость перехода влаги из геометрического центра колбасного батона к его наружной поверхности. Если представить, что колбасный батон состоит из концентрических слоев, то поверхностный его слой после отдачи влаги рабочей среде тотчас же поглощает влагу из слоя, расположенного непосредственно под ним. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не

просохнут все слои. Равномерный отток влаги изнутри осуществим лишь в случае организации оптимальных условий тепло- и массообмена между воздухом и продуктом, при которых наружные слои не успели затвердеть раньше, чем находящийся внутри батона фарш отдал им всю свою влагу. Обеспечивается такой процесс регулированием физических параметров циркулирующей в камере сушки рабочей среды: относительной ее влажности, температуры и скорости. Нарушение согласованности вышеуказанных параметров рабочей среды в конечном итоге отрицательно влияет на качественные показатели колбасных изделий, которые могут выражаться в закале приповерхностного слоя, деформации батонов, отслоении колбасной оболочки, появлении плесени и т.д. [1]

Для создания оптимальных условий для реализации процесса созревания сухих колбас изолированные от внешней среды камеры сушки оборудуют системой кондиционирования воздуха. Технический кондиционер в такой системе поддерживает температурно-влажностные и скоростные параметры рабочей среды в автоматическом режиме [2], а равномерность температурных полей по объему помещения обеспечивается разветвленной системой приточных и вытяжных воздуховодов [3].

Расширение ассортимента выпускаемых сухих колбас за счет привлечения нетрадиционного мясного сырья с ограниченными функциональными характеристиками (например, мяса птицы), интенсификация происходящих при созревании в мясном фарше микробиологических и биохимических процессов за счет соответствующим образом подобранных комбинаций микроорганизмов или глюконо- δ -лактона, обусловили необходимость поиска новых технических решений в области оборудования, предназначенного для поддержания заданных физико-химических параметров рабочей среды в рабочем объеме камер сушки.

На смену устаревших центральных кондиционеров с форсуночными камерами, предназначенными для увлажнения воздуха, пришли более эффективные автономные кондиционеры с поверхностными воздухоохладителями непосредственного испарения холодильного агента и холодильными машинами, оснащенные герметичными или бессальниковыми компрессорами на хладагоне R22, R407C и др. [4].

Цель данной работы — организация рациональных условий протекания тепло- и массообменных процессов при созревании сухих колбас для снижения энергетических затрат в процессе их производства.

Предмет исследований — камера сушки колбас и основные ее рабочие органы — технический кондиционер и система воздухораспределения.

Методы исследований. Для решения поставленной задачи были выполнены аналитические и экспериментальные исследования с последующей проверкой результатов при натурных испытаниях.

Результаты исследований.

Аналитические исследования для выбора рациональной теплообменной поверхности воздухоохладителя автономного кондиционера. При расчете необходимой производительности Q , кВт автономного кондиционера целесообразно, прежде всего, учитывать условия теплого периода года, когда расчетная тепловая нагрузка на это оборудование является максимальной. Расчет теплопритоков в камеры сушки производят по общепринятым методикам, приведенным в технической литературе [4, 5].

Энергетически наиболее целесообразно охлаждать циркулирующий в камере сушки воздух при минимальном изменении значения влагосодержания, когда затраты холода в основном идут на понижение температуры воздуха в воздухоохладителе до t_k , °C и конденсации минимального количества избытков влаги $W_{изб}$, кг/ч.

Для применяемых схем воздухораспределения температура t_k и относительная влажность воздуха камеры ϕ_k должны соответствовать требованиям технологического процесса производства сухих колбас.

Температура воздуха после воздухоохладителя t_2 определяется рациональным способом охлаждения приточного воздуха в кондиционере и условиями поступления охлажденного воздуха в рабочую зону камеры сушки.

Правильный выбор площади теплообменной поверхности воздухоохладителя F_n позволяет оптимизировать конструкцию автономного кондиционера. Если влагосодержание приточного воздуха d_2 близко к требуемому значению влагосодержания в камере d_k , то из конструкции автономного кондиционера возможно исключение устройства для увлажнения воздуха. При этом влага, выделенная из колбасы, будет использоваться для создания рациональных режимов сушки. Авторы [2] указывают, что коэффициент влаговыведения ξ_n при этом не будет превышать 1,2. Уменьшение коэффициента влаговыведения ξ_n до значения 1,2 возможно за счет увеличения тепловлажностного отношения процесса обработки воздуха в воздухоохладителе ϵ_k . Это достигается повышением средней температуры охлаждаемой поверхности t_n , что влечет за собой увеличение ее площади F_n .

Из [2] также следует, что при конструировании ребристой поверхности воздухоохладителя предпочтение следует отдавать техническим решениям, позволяющим ослабить осушающее действие. К указанным техническим решениям относятся, например, увеличение степени оребрения, снижение коэффициента эффективности ребристой поверхности и т.д.

Наклон в I,d-диаграмме линии процесса изменения состояния воздуха в камере характеризуется значением $\dot{\epsilon}_k$. Подобным образом, в воздухоохладителе процесс охлаждения воздуха характеризуется тепловлажностным отношением $\dot{\epsilon}_o$ [6]. Получить требуемые параметры воздуха в камере (t_k, φ_k) с помощью только одного воздухоохладителя возможно при условии $\dot{\epsilon}_k = \dot{\epsilon}_o$. Это равенство имеет место в теплое время года при полной загрузке камеры колбасой. При $\dot{\epsilon}_k < \dot{\epsilon}_o$, требуется подогрев охлажденного воздуха в электрическом нагревателе кондиционера. Правильный выбор площади теплообменной поверхности F_n позволяет отказаться от увлажнения воздуха и, тем самым, исключить ситуацию, когда $\dot{\epsilon}_k > \dot{\epsilon}_o$.

На рис. 1 представлено построение в I,d-диаграмме работы системы кондиционирования воздуха камеры сушки колбас при $\dot{\epsilon}_k < \dot{\epsilon}_o$, что характерно для осеннее-весеннего периода года.

Принятые условные обозначения режимов обработки воздуха:

- ♦ К-2 – охлаждение воздуха в воздухоохладителе;
- ♦ 2-2' – нагрев воздуха в воздушнонагревателе;
- ♦ 2'-К – процесс в камере;
- ♦ Н – состояние воздуха у охлаждающей поверхности охладителя.

Расчет режима обработки воздуха в воздухоохладителе (К-2) автономного кондиционера возможен при наличии таких параметров, как расход охлажденного воздуха, теплоизбытки и влагоизбытки в камере, а также параметров воздуха на выходе из воздухоохладителя. Параметры воздуха в камере обусловлены технологическим процессом изготовления сыровяленых и сырокопченых колбас. Из уравнения теплового баланса находим энтальпию воздуха после воздухоохладителя, кДж/кг:

$$I_2 = I_k - \frac{3600 \cdot Q}{L_B \cdot \rho_B}, \quad (1)$$

где L_B – расход охлажденного воздуха, м³/ч; ρ_B – массовая плотность воздуха, кг/м³; I_k – энтальпия воздуха в камере, кДж/кг.

Следует расход приточного воздуха L_B , приготавливаемый в автономном кондиционере, принимать равный минимальному значению, необходимому для обеспечения величины скорости движения воздуха по живому сечению камеры на уровне расположения батонов $w_y = 0,05 \div 0,1$ м/с.

Влаговыделения в камере сушки исходят, в основном, только от колбасы. Эти влаговыделения должны быть поглощены количеством охлажденного воздуха L_B , подаваемого в камеру. Поглощательная способность охлажденного воздуха по восприятию влагоизбытков Δd вычисляется с использованием следующей формулы:

$$\Delta d = d_k - d_2 = \frac{W_{изб}}{L_B \cdot \rho_B}, \text{ г/кг.} \quad (2)$$

Исходя из принятой технологии созревания колбас, определяем количество влагоизбытков $W_{изб}$. Известно, что при созревании сырокопченых и сыровяленых колбас потеря массы в первые 7 сут составляет 12,2 %. Исходя из этого:

$$W_{изб} = \frac{G_k \cdot 0,122}{7 \cdot 24} = 0,0007261 \cdot G_k, \text{ г/кг,} \quad (3)$$

где G_k – масса колбасы в камере, кг.

Совместно решая уравнения (2) и (3), находим, что:

$$d_2 = d_k - 0,0007261 \cdot G_k. \quad (4)$$

Если известны начальная влажность колбасы φ_n и влажность колбасы в конце процесса сушки φ_k , потерю влаги при сушке A (в % к массе фарша) можно определить по формуле:

$$A = \frac{100 \cdot (\varphi_n - \varphi_k)}{100 - \varphi_k}. \quad (5)$$

Точка 2 пересечения прямой $I_2 = \text{const}$ с прямой $d_2 = \text{const}$ на I, d-диаграмме (рис. 1) – температура воздуха после воздухоохладителя (t_2, φ_2, I_2).

Отношение полного количества теплоты, отведенной от воздуха, к явному количеству теплоты дает коэффициент влаговыпадения ξ_H :

$$\xi_H = \frac{(I_k - I_2)}{c_B \cdot (t_k - t_2)}. \quad (6)$$

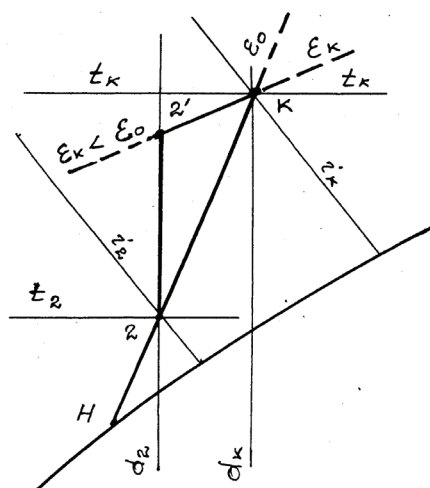


Рис. 1. Построение на I,d-диаграмме режимов работы системы кондиционирования воздуха камеры сушки сыровяленных и сырокопченых колбас

Fig. 1. Construction on the I,d-diagram of the operating modes of the air conditioning system of the drying chamber of dry-cured and dry-smoked sausages

Подобно тепловлажностному отношению, ϵ_0 , характеризует наклон процесса охлаждения воздуха в воздухоохладителе в I,d-диаграмме. Выполняя оценочные расчеты, можно определить ϵ_0 [7]:

$$\epsilon_0 = 2500 \cdot \frac{\xi_H}{\xi_H - 1}. \quad (7)$$

Тепловлажностное отношение камеры ϵ_K отражает соотношение между тепловыделениями и влаговыделениями в ней:

$$\epsilon_K = \frac{Q}{W_{\text{изб}}} = \frac{(i_K - i_2)}{d_K - d_2}. \quad (8)$$

Для получения площади теплообменной поверхности воздухоохладителя F_H совместно решаем:

- ♦ уравнение теплового баланса:

$$Q = L_B \cdot \rho_B \cdot C_B \cdot \xi_H \cdot (t_K - t_2); \quad (9)$$

- ♦ и уравнение теплопередачи:

$$Q = \alpha_H \cdot \xi_H \cdot F_H \cdot \Delta t, \quad (10)$$

где C_B — теплоемкость воздуха кДж/кг·град; α_H — коэффициент теплоотдачи от воздуха к оребренной поверхности воздухоохладителя, Вт/м²·град; Δt — температурный напор, град.

Получаемое выражение имеет вид:

$$F_H = \frac{L_B \cdot \rho_B \cdot C_B}{\alpha_H} \cdot \ln \frac{(t_K - t_N)}{(t_2 - t_H)}. \quad (11)$$

Полагая линию процесса охлаждения воздуха в воздухоохладителе К-2-Н (рис.1) прямолинейной, определяем коэффициент влаговыведения, как:

$$\xi_H = \frac{(I_K - I_H)}{C_B \cdot (t_K - t_H)}. \quad (12)$$

Здесь I_H — энтальпия воздуха при средней температуре охлаждающей поверхности t_H , кДж/кг.

Пользуясь (12), находим:

$$I_H = I_K - \xi_H \cdot C_B \cdot (t_K - t_H). \quad (13)$$

Требуемую площадь теплообменной поверхности воздухоохладителя F_H вычисляем по уравнению (11) с учетом результатов определения величин по уравнениям (1 – 10) и построения процессов в I,d-диаграмме.

Целесообразно представить результаты расчета по уравнению (11) в относительных величинах:

$$\bar{F}_H = \frac{F_H}{(F_H)_{\text{ном}}}, \quad (14)$$

где F_H — значения площади теплообменной поверхности при различных значениях t_n ; $(F_H)_{\text{ном}}$ — значения площади теплообменной поверхности при номинальном значении средней температуры охлаждающей среды (t_n)_{ном}.

Зависимость величин, $\bar{F}_H$ тепловлажностных отношений ϵ_o и ϵ_k от изменения средней температуры охлаждающей поверхности t_n видна из рис. 2.

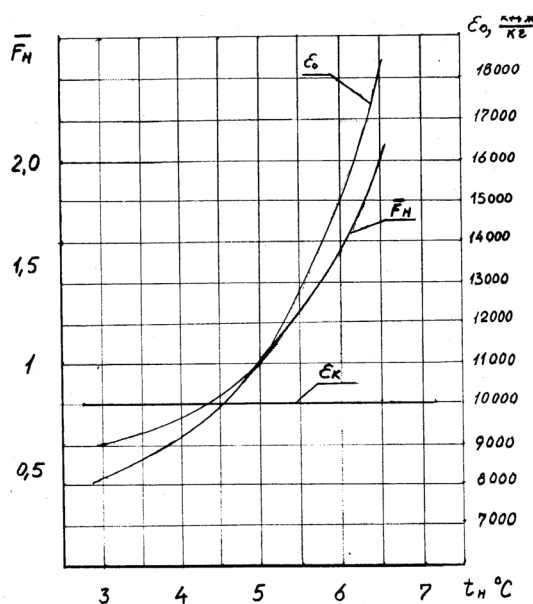


Рис. 2. Зависимость $\bar{F}_H$, ϵ_o и ϵ_k от средней температуры охлаждающей поверхности t_n
Fig. 2. Dependence of $\bar{F}_H$, ϵ_o and ϵ_k on the average temperature of cooling surface t_n

При выполнении расчетов параметры воздуха в камере приняты: $t_k = 13^\circ\text{C}$, $\phi_k = 70\%$, как наиболее часто применявшиеся ранее в процессе созревания колбас.

Из рис. 2 видно, что соотношение $\epsilon_o > \epsilon_k$ сохраняется при $t_n \geq 4,5^\circ\text{C}$.

В случае, когда средняя температура охлаждающей поверхности t_n опускается ниже $4,5^\circ\text{C}$, в воздухоохладителе будет конденсироваться из воздуха влаги больше, чем отдаст колбасный батон. Тогда целесообразно применить увлажнитель, который позволит поддержать в надлежащем диапазоне заданных соотношений относительной влажности воздуха ϕ_k .

Таким образом, научно обоснованный выбор поверхности теплообмена воздухоохладителя автоматического промышленного кондиционера, обеспечивающего поддержание надлежащих скоростных и тепловлажностных параметров в камерах сушки сыровяленых и сырокопченых колбас, что позволяет снизить (приблизительно, на 20 %) энергетические затраты на проведение теплообменных процессов между рабочей средой и проходящими созревание колбасными батонами.

Приведенные теоретические расчеты были подтверждены результатами испытаний серийного образца камеры сушки Я5-ФТС (схема — на рис. 3), разработанной ведущими специалистами ИПР НААН (г. Киев) и снабженной кондиционером, созданным специалистами НПФ «Тайфун-КВ» (г. Николаев) на основе использования полученных выше теоретических закономерностей. Серийный выпуск камеры сушки Я5-ФТС освоен машиностроительными предприятиями Украины.

Результаты аналитических и натурных исследований камеры сушки Я5-ФТС.

Установлено, что технический кондиционер, которым оснащена камера сушки Я5-ФТС, стабильно поддерживает в автоматическом режиме заданные температурно-влажностные и скоростные параметры рабочей среды. Система воздухораспределения состоит из приточных и вытяжных воздухопроводов, конструктивно сориентированных симметрично относительно продольной оси камеры. При этом приточные воздухопроводы выполнены в виде двух нестандартных тройников, продолжением которых являются воздухопроводы равнотатического давления, по длине которых равное потенциальное давление потока воздуха обеспечивается углом наклона верхней образующей воздухопровода к нижней, а одинаковое динамическое давление воздушных струй, истекающих в камеру через отверс-

тия — отношением суммарной площади этих отверстий к площади живого сечения на входе воздуха в воздуховод [8]. Скорость движения воздуха по живому сечению камеры с продуктом в пределах $w_y = 0,05 \div 0,1$ м/с регулируют изменением дальнобойности струй воздуха, истекающих в камеру из отверстий напорных воздуховодов равностатического давления.

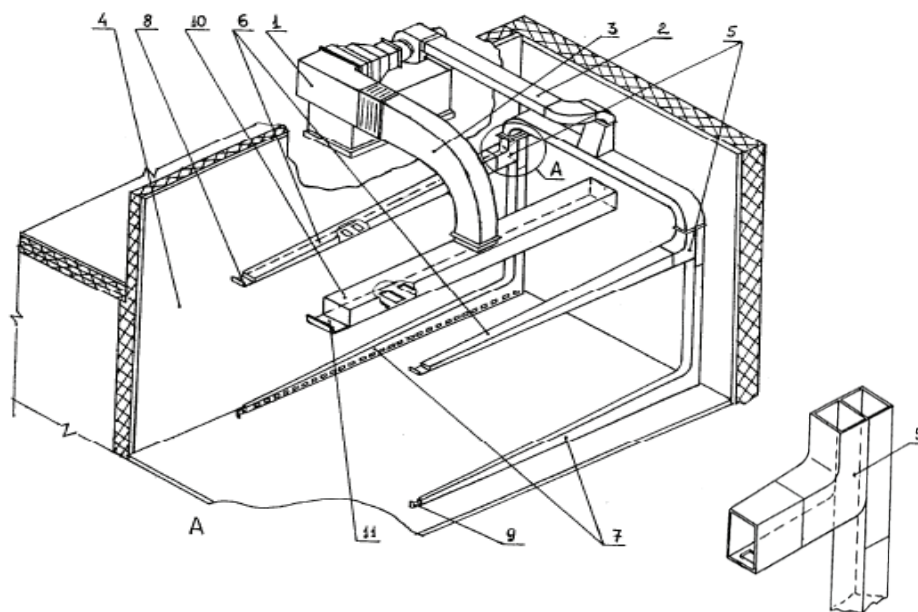


Рис. 3. Камера сушки Я5-ФТС: 1 – технический кондиционер; 2 – напорный воздуховод; 3 – вытяжной воздуховод; 4 – теплоизолированная камера; 5 – нестандартные распределительные тройники; 6, 7 – напорные воздуховоды равностатического давления с шиберами; 8, 9, 10 – перфорированный вытяжной воздуховод с шибером 11

Fig. 3. Drying chamber Ya5-FCS: 1 – technical air conditioning; 2 – pressure air duct; 3 – exhaust air duct; 4 – thermally insulated chamber; 5 – non-standard distribution T-connectors; 6, 7 – pressure air ducts of equistatic pressure with gates; 8, 9, 10 – perforated exhaust duct with slide gate 11

На основе результатов натурных испытаний установлено, что равномерность распределения потоков воздуха по длине камеры сушки Я5-ФТС достигается при соблюдении следующих условий [9]:

- ♦ величина соотношения площадей поперечного живого сечения каждого из напорных воздуховодов в его конце ($F_{вк}$) и на начальном участке входа воздуха ($F_{вн}$) должна находиться в пределах $0,2 \div 0,3$;
- ♦ величина соотношения суммарной площади отверстий истечения воздуха из воздуховода ($F_{во}$) (на перфорированной стенке) к площади его поперечного живого сечения на начальном участке входа воздуха ($F_{вн}$) должна быть менее 0,5.

Подготовленный в автономном техническом кондиционере 1 (рис. 3) в соответствии заданными физико-химическими параметрами воздух подается равновеликими объемами по внешним приточным воздуховодам 2 через нестандартные распределительные тройники 5 к потолочным 6 и плинтусным 7 напорным воздуховодам равностатического давления, установленными вдоль боковых стен камеры 4. Истечение воздуха в камеру осуществляется через отверстия перфорированных стенок напорных воздуховодов, площадь живого сечения которых регулируют с помощью шиберов 8 и 9. Дальнобойность истекающих из воздуховодов струй необходимо отрегулировать до следующих значений:

- ♦ для потолочного воздуховода 6 – не менее s расстояния от перфорированной его стенки до вытяжного воздуховода 10;
- ♦ для плинтусного воздуховода 7 – не менее расстояния от перфорированной его стенки до середины камеры.

При соблюдении указанных условий кинетическая энергия и эжекционная способность истекающих струй будет достаточной для образования вторичных воздушных потоков, равномерно омывающих все колбасные батоны в камере со скоростью $w_y = 0,05 \div 0,1$ м/с.

Испытания показали, что параметры тепломассообменных процессов при производстве сухих колбас в камере сушки Я5-ФТС отвечали критериям рациональности и энергоэффективности, а качество готовой сухой колбасы соответствовало требованиям действующих национальных стандартов Украины, что позволяет рекомендовать использование полученных закономерностей как при разработке аналогичного оборудования, так и для использования в учебном процессе технических учебных заведений соответствующего профиля.

Выводы. Научно обоснованы пути оптимизации поверхности теплообмена воздухоохладителя технического кондиционера, с помощью которого обеспечивается поддержание скоростных и тепловлажностных параметров рабочей среды в камере сушки Я5-ФТС, позволяющие на этапе созревания колбас примерно на 20 % снизить энергетические затраты на проведение тепломассообменных процессов между средой и продуктом.

Равномерность температурных полей по объему камеры сушки Я5-ФТС обеспечивается разветвленной системой приточных и вытяжных воздухопроводов, определенным образом сориентированных друг относительно друга и сконструированных при соблюдении следующих условий:

- ♦ величина соотношения площадей поперечного живого сечения напорного воздуховода в его конце ($F_{\text{вк}}$) и на начальном участке — на входе воздуха ($F_{\text{вн}}$) должна находиться в пределах:

$$F_{\text{вк}} / F_{\text{вн}} = 0,2 \div 0,3;$$

- ♦ величина соотношения суммарной площади отверстий истечения воздуха из воздуховода ($F_{\text{во}}$) к площади его поперечного живого сечения на начальном участке входа воздуха ($F_{\text{вн}}$) должна быть менее:

$$F_{\text{во}} / F_{\text{вн}} < 0,5.$$

Доказано, что реализация технических решений и рациональных режимных параметров тепломассообменных процессов при созревании колбас в камере Я5-ФТС отвечала не только требованиям энергоэффективности, но и нормам действующих стандартов в части качества и безопасности готовой продукции, что, в совокупности, позволяет рекомендовать их к использованию как при разработке климатического оборудования, так и в учебном процессе технических учебных заведений соответствующего профиля.

Список использованных источников

1. Усатенко, Н.Ф. Процессы тепломассообмена при созревании сыровяленых и сырокопченых мясных изделий / Н.Ф. Усатенко // Мясной бизнес. — 2005. — №5. — С. 38–40.
2. Гоголин, А.А. О выборе поверхностей воздухоохладителей установок технического кондиционирования / А.А. Гоголин, Л.Н. Тихомирова // Холодильная техника. — 1979. — №8 — С. 10–14.
3. Кокорин, О.Я. Отечественное оборудование для создания систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Каталог / О.Я. Кокорин, А.М. Дерипасов. — М.: ИФК «Каталог», 2002. — 92 с.
4. Бражников, А.М. Кондиционирование воздуха на предприятиях мясной и молочной промышленности / А.М. Бражников, Н.А. Малова. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 265 с.
5. Гоголин, А.А. Технологическое кондиционирование воздуха в мясной и молочной промышленности / А.А. Гоголин // Сб. трудов ВНИИХИ, М., 1973. — С. 242–248.
6. Гоголин, А.А. Кондиционирование воздуха / А.А. Гоголин, В.А. Гоголин, Н.А. Барулин, Л.А. Трусова. — В кн.: Различные области применения холода / Под редакцией А.В. Быкова. — М., Агропромиздат, 1985. — С. 126–166.
7. Гоголин, А.А. Кондиционирование воздуха в мясной промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 239 с.
8. Гримитлин, М.И. Распределение воздуха в помещениях / М.И. Гримитлин. — Санкт-Петербург: НПО «Экоюрус-Венто», 1994. — 316 с.
9. Патент 40887, Україна, МКІ А23В4/03. Пристрій для сушіння ковбасних виробів / Усатенко Н.Ф., Корнієнко М.І., Феденко Ю.І., Охріменко Ю.І., Тюрін А.Д., Ринковий П.Я.; ТІММ УААН №а 2000105624; заявл. 03.10.2000; опубл. 15.08.2001. — Бюл. № 7.

References

1. Usatenko N.F. Protsessy teplomassoobmena pri cozrevaniyi syrovialenykh I syrokopcenykh miashykh izdeliy [Heat and mass exchange processes in ripening of raw-cured and raw-smoked sausages]. Myasnoy biznes [Meat business], 2005, no. 5, pp. 38–40 (in Russian).

2. Gogolin A.A., Tikhomirova L.N. O vybere poverkhnostey vozdukhookhladiteley ustanovok tekhnicheskogo konditsionirovaniya [*On selection of the surfaces of air coolers of technical air conditioning plants*]. Kholodil'naya tekhnika [Refrigerating technique], 1979, no. 8, pp. 10–14 (in Russian).
3. Kokorin O.Ya., Deripasov A.M. Otechestvennoye oborudovanie dlya sozdaniya sistem ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha. Katalog [*Domestic equipment for creating ventilation and air conditioning systems. Catalogue*]. M.: IFK «Katalog», 2002, 92 p. (in Russian).
4. Brazhnikov A.M., Malova N.A. Konditsionirovanie vozdukha na predpriyatiyakh myasnoy i molochnoy promyshlennosti [*Air conditioning at meat and dairy enterprises*]. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1979, 265 p. (in Russian).
5. Gogolin A.A. Tekhnologicheskoe konditsionirovanie vozdukh v myasnoy i molochnoy promyshlennosti [*Technological air conditioning at meat and dairy enterprises*]. Sb. Trudov VNIKhI, M., 1973, pp. 242–248 (in Russian).
6. Gogolin A.A., Gogolin V. A., Barulin N.A., Truskova L.A. Konditsionirovaniye vozdukha – V kn.: Razlichnye oblasti primeneniya kholoda. Pod red. A. V. Bykova [*Air conditioning In: Different areas of the use of refrigerating. Ed.: A. V. Bykov*] – M., Agropromizdat, 1985, pp. 126–166 (in Russian).
7. Gogolin A.A. Konditsionirovanie vozdukha v myasnoy promyshlennosti [*Air conditioning in meat industry*]. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1966, 239 p. (in Russian).
8. Grimitlin, M.I. Raspredelenie vozdukha v pomeshcheniyakh [*Air distribution in rooms*]. Sankt-Petersburg: NPO «Ekoyurus-Vento», 1994, 316 p. (in Russian).
9. Patent 40887, Ukraine, MKI A23B4/03. Prystrii dlia sushinnia kovbasnykh vyrobiv [*Device for drying sausage products*] / Usatenko N F., Korniienko M.I., Fedenko Yu.I., Okhrimenko Yu.I., Rynkovoi P.Ya., TIMM UAAN No. 2000105624; cl. 03.10.2000; publ. 15.08.2001. – Bul. No. 7 (in Ukrainian).

Информация об авторах

Usatenko Nina Fedorovna – кандидат технических наук, преподаватель Переяслав-Хмельницкого ГПУ им. Г.С. Сковороды (ул. Сухомлинского, 30, 08401, г. Переяслав-Хмельницкий, Киевская обл., Украина). E-mail: ni.usatenko@gmail.com

Щесюк Олег Владимирович – кандидат технических наук, доцент Черноморского национального университета им. П. Могила (ул. 68 Десантников, 10, 54003, г. Николаев, Украина). E-mail: taifun.kv@gmail.com

Вербицкий Сергей Борисович – кандидат технических наук, зам. зав. отделом информационного обеспечения, стандартизации и метрологии Института продовольственных ресурсов НААН (ул. Е. Сверстюка, 4а, 02002, г. Киев, Украина). E-mail: verb@ipr.net.ua

Калашник Марина Григорьевна – преподаватель Переяслав-Хмельницкого ГПУ им. Г.С. Сковороды (ул. Сухомлинского, 30, 08401, г. Переяслав-Хмельницкий, Киевская обл., Украина). E-mail: 322kpo@gmail.com

Доброскок Стефания Сергеевна – преподаватель Переяслав-Хмельницкого ГПУ им. Г.С. Сковороды (ул. Сухомлинского, 30, 08401, г. Переяслав-Хмельницкий, Киевская обл., Украина). E-mail: profosvita_phdpu@ukr.net

Information about authors

Usatenko Nina F. – Ph.D (Engineering). Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University (30, Sukhomlynskyi Str., 08401, ereiaslav-Khmelnytskyi, Kyiv Region, Ukraine). E-mail: ni.usatenko@gmail.com

Shchesiuk Oleg V. – Ph.D (Engineering). Petro Mohyla Black Sea National University (10, 68 Desantnikov Str., 54003, Mykolaiv, Ukraine). E-mail: taifun.kv@gmail.com

Verbytskyi Sergii B. – Ph.D. (Engineering), Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences (4a, Ye. Sversyuk Str., 02002, Kyiv, Ukraine). E-mail: verb@ipr.net.ua

Kalashnyk Marina G. – Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University (30, Sukhomlynskyi Str., 08401, Pereiaslav-Khmelnytskyi, Kyiv Region, Ukraine). E-mail: 322kpo@gmail.com

Dobroskok Stefaniia S. – Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University (30, Sukhomlynskyi Str., 08401, Pereiaslav-Khmelnytskyi, Kyiv Region, Ukraine). E-mail: profosvita_phdpu@ukr.net

УДК 664.681

Поступила в редакцию 02.12.2019
Received 02.12.2019**С.Н. Вислоухова¹, И.А. Машкова², В.П. Курченко³**¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*²*Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия», г. Могилев, Республика Беларусь*³*Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛАМИНИРОВАННОГО ТЕСТА

Аннотация. При изготовлении мучных кондитерских изделий из ламинированного теста необходимо получить полуфабрикат с упруго-пластичными свойствами, что обеспечивает процесс его многократной прокатки для получения готовых изделий с характерной слоистой структурой и высокой намокаемостью. С целью регулирования реологических свойств теста, интенсификации и повышения производительности технологического процесса производства, стабилизации качества готовой продукции перспективным является использование комплексных ферментных препаратов. Это обусловлено получением сбалансированной мультиэнзимной системы, эффективной в процессах изготовления мучных кондитерских изделий широкого ассортимента.

Ключевые слова: ферментный препарат протеолитического действия, ферментный препарат амилолитического действия, реологические свойства теста, сырая клейковина, намокаемость галет

S.N. Vislavukhava¹, I.A. Mashkova², V.P. Kurchenko³¹*RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*²*Educational institution “Mogilev state university of food technologies”, Mogilev, Republic of Belarus*³*Educational institution “Belarusian State University”, Minsk, Republic of Belarus*

THE RATIONALE FOR THE USE OF ENZYME PREPARATIONS FOR THE PRODUCTION OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS FROM LAMINATED DOUGH

Abstract. In the manufacture of flour confectionery products from laminated dough, it is necessary to obtain a dough with elastic-plastic properties, which ensures the process of its multiple rolling to obtain finished products with a characteristic layered structure and high swelling in water. In order to regulate the rheological properties of the dough, to intensify and improve the productivity of the technological process of production, to stabilize the quality of the finished product, the use of complex enzyme preparations is promising. This is due to the production of a balanced multi-enzyme system, effective in the production of flour confectionery products of a wide range.

Keywords: enzyme preparation of proteolytic action, enzyme preparation of amylolytic action, rheological properties of the dough, gluten, swelling in water of hardtack

В технологии производства мучных кондитерских изделий тесто является основным полуфабрикатом, состав и реологические свойства которого в значительной мере определяют дальнейшие условия его обработки и качество готовых изделий. Реологические характеристики теста зависят от таких факторов, как влажность, температура, рецептурный состав, продолжительность, интенсивность механического воздействия, а также от состояния основных структурных комплексов муки — белково-протеиназного и углеводно-амилазного. Степень и скорость изменения последних обуславливают процессы структурообразования полуфабрикатов и качество готовой продукции. Это опреде-

ляет целесообразность совместного использования компонентов, которые воздействуют на белково-протеиназный и углеводно-амилазный комплексы муки в зависимости от ее исходного качества, для корректировки ее технологических свойств, что влияет и на реологические свойства теста [1, с. 329–331, 2].

В технологии производства мучных кондитерских изделий, отличающихся слоистой структурой и высокой намокаемостью (галеты, крекер, затыжное печенье), необходимой стадией производственного процесса изготовления является ламинирование [3, с. 438]. В литературных источниках [4–6] показана эффективность использования комплексных ферментных препаратов для сокращения длительности технологической схемы производства и повышения качества (увеличение намокаемости, пористости, усиление окраски поверхности) данной группы продукции. Ферментные препараты характеризуются узкой специфичностью действия, проявляют активность в строго определенной последовательности, при оптимальных параметрах процесса [7]. В связи с этим в условиях непрерывно-поточного производства изделий из ламинированного теста целесообразно совместное использование ферментных препаратов протеолитического и амилалитического действия. Это обеспечивает возможность регулирования реологических свойств теста за счет направленного процесса протеолиза по времени и скорости, влияния ферментных препаратов на основные компоненты структурного каркаса теста и создает возможности интенсификации технологического процесса производства и получения продукции стабильного качества [8].

Целью работы являлось изучение совместного влияния ферментных препаратов протеолитического и амилалитического действия на показатели полуфабриката (теста) и готовой продукции (галет), изготавливаемых методом ламинирования.

Проведен анализ показателей полуфабриката и готовой продукции в соответствии с требованиями ТНПА и методов испытаний: определение количества и качества клейковины по [9]; определение реологических характеристик теста по [10]; определение органолептических показателей качества галет по [11]; определение массовой доли влаги галет по [12]; определение щелочности галет по [13]; определение намокаемости галет по [14]. Пластическую прочность теста оценивали на анализаторе текстуры «Brookfield CT3» в соответствии с методикой, приведенной в [15, с. 142–147].

Методом SDS-электрофореза в 12,7 % полиакриламидном геле проводили определение белкового состава галет. Условия проведения электрофореза: электрофоретическую ячейку заполняли электродным буфером, разделение белков и гидролизатов проводили при 18–20 °С с применением источника постоянного тока ПЭФА-1. При вхождении образцов в фокусирующий гель устанавливали силу тока 8 мА, при разделении – 16 мА. Продолжительность разделения – 2,0–2,5 ч. Исследования выполнены при участии специалистов биологического факультета БГУ на базе лаборатории прикладных проблем биохимии.

Объектами работы при проведении исследований являлись тесто и галеты на разрыхлителях. В качестве разрыхлителей использовали соду пищевую и соль углеаммонийную. В ходе работы галеты на разрыхлителях с добавлением ферментных препаратов изготавливали из пшеничной муки 1 сорта с содержанием сырой клейковины 30,4 %, удовлетворительно слабой по качеству, средней – по распухлости и с хорошей эластичностью.

Проведенные нами ранее исследования по разработке технологии изготовления галет на разрыхлителях с добавлением ферментного препарата протеолитического действия позволили установить оптимальную дозировку ингредиента: 0,06 % к массе муки, и технологические параметры приготовления теста: влажность 37,0–37,5 % и продолжительность ферментации теста 30–45 мин [16].

Проведены исследования по изучению эффективности совместного использования ферментного препарата протеолитического действия (далее по тексту – ФПП) и ферментного препарата амилалитического действия (далее по тексту – АФП) для приготовления теста, подвергаемого ламинированию. Дозировка ингредиентов составила: ФПП 0,01–0,03 % к массе муки с шагом 0,01 % к массе муки, АФП 0,04–0,12 % к массе муки с шагом 0,02 % к массе муки (далее по тексту – %). Дозировки ферментных препаратов обусловлены рекомендациями производителей и результатами лабораторных исследований, которые показали, что при дозировке ФПП более 0,03 % действие АФП нивелируется.

В связи с тем, что при использовании ферментных препаратов технологическая схема производства предусматривает стадию ферментации теста, то при проведении исследований значения анализируемых показателей определяли в образцах теста при различной продолжительности ферментации – от 0 (после замеса) до 45 мин с интервалом 15 мин. Температура ферментации теста составляла (34 ± 1) °С.

При проведении исследований изучено влияние совместного добавления ферментных препаратов на показатели количества и качества сырой клейковины теста для изготовления галет на разрыхлителях. Полученные результаты представлены на рис. 1. По результатам исследований установлено, что анализируемые значения при добавлении АФП более 0,08 % в значимой степени не изменяются и находятся на одном уровне, поэтому на рисунке не представлены.

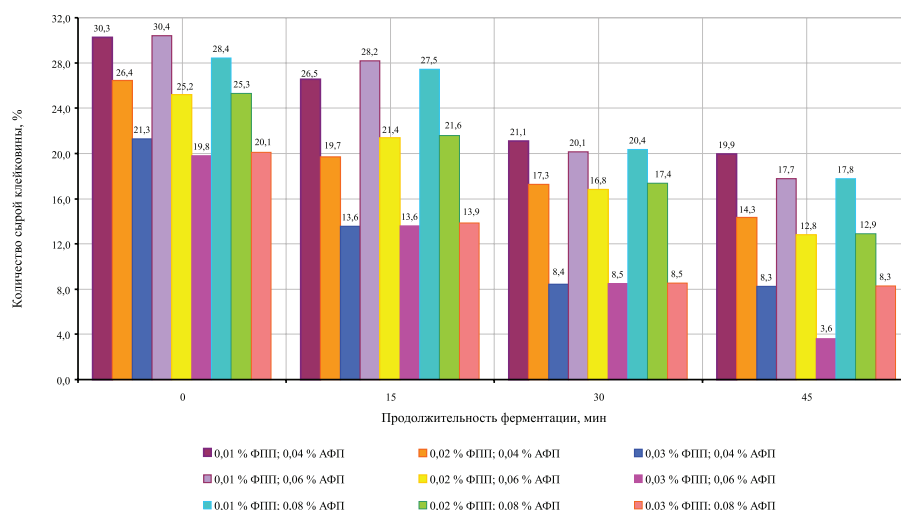


Рис. 1. Количество сырой клейковины теста при совместном добавлении ферментных препаратов
Fig. 1. Quantity of gluten of the dough with joint adding enzyme preparation

Анализ полученных результатов, представленных на рис. 1, показывает, что при совместном добавлении ферментных препаратов количество сырой клейковины снижается с увеличением дозировки данных компонентов на протяжении анализируемого периода ферментации. Установлено, что при добавлении АФП 0,04–0,08 % снижение количества сырой клейковины находится в прямой зависимости с увеличением дозировки ФПП. При добавлении ФПП 0,01 % анализируемое значение снижается с 28,4–30,4 % до 17,7–19,9 % или на 34–37 %; ФПП 0,02 % и 0,03 % – с 25,2–26,4 % до 12,8–14,3 % или на 45–49 % и с 19,8–21,3 % до 3,6–8,3 % или на 61–81 % соответственно.

Необходимо отметить, что на основании полученных результатов установлено, что при использовании ферментных препаратов в диапазоне исследуемых дозировок продолжительность ферментации теста более 30 мин не оказывает значимого влияния на количество сырой клейковины.

Оценка показателей качества образцов сырой клейковины при совместном добавлении ферментных препаратов показала, что в наибольшей степени качество сырой клейковины снижается при увеличении дозировки ФПП до 0,03 %, АФП – 0,08 %. Установлено, что значения деформации сжатия (выражаемые в условных единицах прибора ИДК) повышаются на 42–54 %, что свидетельствует о снижении упруго-прочностных свойств сырой клейковины, растяжимость повышается на 34–56 %, эластичность – снижается.

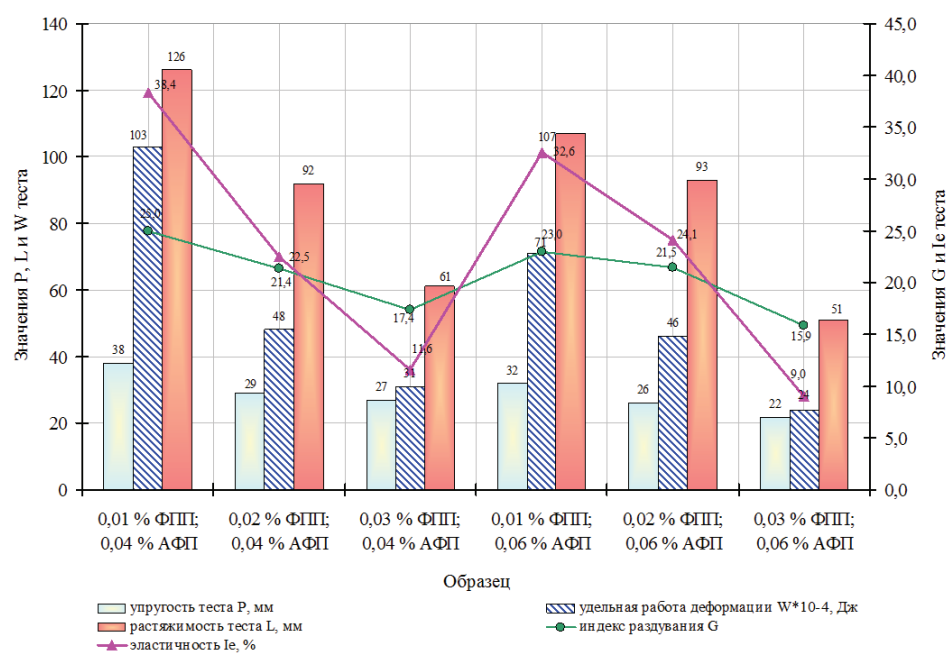
При изготовлении мучных кондитерских изделий из ламинированного теста необходимо получить полуфабрикат с оптимальными реологическими свойствами (упругость, пластичность, эластичность), обеспечивающими процесс его многократной прокатки для изготовления готовых изделий с характерной слоистой структурой и высокой намокаемостью. Для характеристики данных показателей теста рациональным методом является определение деформационных свойств [17].

В ходе работы изучены реологические свойства теста на приборе альвеограф. Результаты исследований позволяют оценить динамику реологического поведения теста при его объемном растяжении с помощью воздуха и определить следующие показатели: упругость P ; растяжимость L ; эластичность I_e , удельная работа деформации W , индекс раздувания G [18, 19]. Полученные данные представляют интерес с практической точки зрения для изготовления теста с характеристиками, необходимыми для его технологической обработки (приготовления и обработки на производственной линии).

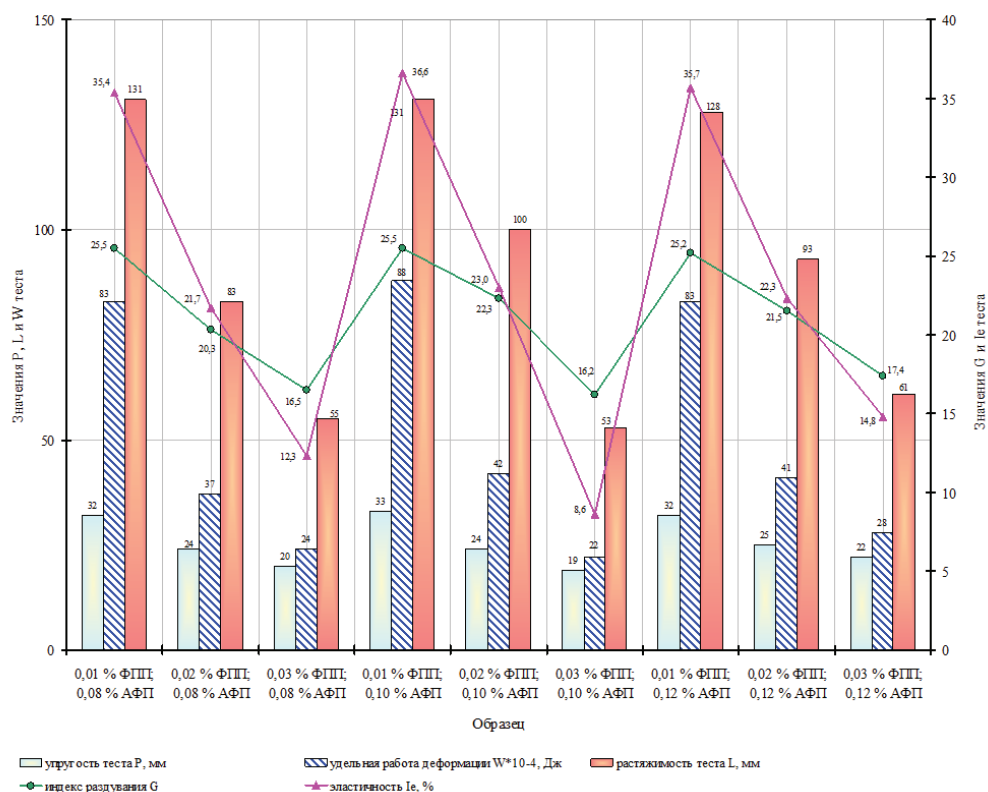
На рис. 2 представлены значения изучаемых показателей при совместном добавлении ферментных препаратов в исследуемых диапазонах дозировок.

На основании анализа результатов, представленных на рис. 2, установлено, что при совместном добавлении ферментных препаратов упругость теста снижается с увеличением дозировки АФП. При дозировке ФПП 0,01 % анализируемое значение снижается с 38 мм до 32–33 мм или на 13–15 %, при дозировке ФПП 0,02 и 0,03 % – с 29 мм до 24–25 мм или на 14–17 % и с 27 мм до 20–22 мм или на 18–25 % соответственно.

Оценка растяжимости теста показала, что значения показателя при добавлении АФП в исследуемом диапазоне дозировок и ФПП 0,01 % составляют 126–131 мм, ФПП 0,02 % и 0,03 % – 92–100 мм и 51–61 мм соответственно. Установлено, что значимое влияние на изменение данного показателя имеет добавление ФПП 0,03 % и АФП более 0,08 %.



а – при добавлении ФПП (0,01–0,03 %) и АФП (0,04–0,06 %)
 а – with adding enzyme preparation of proteolytic action (0.01–0.03 %)
 and enzyme preparation of amylolytic action (0.04–0.06 %)



б – при добавлении ФПП (0,01–0,03 %) и АФП (0,08–0,12 %)
 б – with adding enzyme preparation of proteolytic action (0.01–0.03 %)
 and enzyme preparation of amylolytic action (0.04–0.12 %)

Рис. 2. Реологические свойства теста при совместном добавлении ферментных препаратов
 Fig. 2. Rheological properties of the dough with joint adding enzyme preparation

Анализ эластичности теста показал, что при добавлении АФП более 0,08 % и ФПП 0,02 % и 0,03 % значения показателя повышаются в наибольшей степени – с 21,7 % до 22,3 % или на 3 % и с 12,3 % до 14,8 % или на 20 % соответственно.

Показатель удельной работы деформации при добавлении ФПП 0,01 % и увеличении дозировки АФП снижается со 103 Дж до 83–88 Дж или на 14–19 %. При дозировке ФПП 0,02 % и 0,03 % не установлено значимого влияния совместного добавления ферментных препаратов на анализируемое значение.

Влияние на показатель индекса раздувания установлено при добавлении ФПП 0,03 % и АФП 0,04–0,012 %. Анализируемые значения повышаются с 7,4 до 16,2–17,4 или более чем на 200 %. Это свидетельствует о получении теста слабой консистенции, что отрицательно влияет на качество полуфабриката и готовой продукции.

Оценка полученных данных показывает, что совместное добавление ферментных препаратов приводит к изменению реологических характеристик теста. Установлено, что целесообразно добавление ФПП не более 0,02 % и ФПА не более 0,08 %, что обуславливает снижение упругости и повышение эластичности теста. Это позволяет получить тесто с характеристиками, обеспечивающими его ламинирование, прокатку и формование в ходе технологического процесса.

При проведении исследований изучены реологические характеристики теста при совместном добавлении ферментных препаратов в зависимости от продолжительности ферментации. Данное влияние оценивали по значению показателя пластической прочности теста. Полученные результаты исследований представлены на рис. 3.

Анализ результатов, представленных на рис. 3, показывает, что увеличение дозировки ФПП и АФП, а также продолжительности ферментации теста приводит к снижению пластической прочности теста. Изменение анализируемого показателя в наибольшей степени происходит при совместном добавлении ФПП 0,01–0,03 % и АФП 0,06–0,10 % и продолжительности ферментации 15–30 мин. Значения пластической прочности при этом снижаются при дозировке ФПП 0,01 % с 5,35 кПа до 2,92 кПа или на 45 %, при дозировке ФПП 0,02 % и 0,03 % – с 5,92 кПа до 3,00 кПа или на 50 % и с 5,15 кПа до 3,24 кПа или на 37 % соответственно.

Оценка полученных результатов с аналогичным значением анализируемого показателя теста, приготовленного традиционным (опарным) способом (3,89 кПа через 180 мин брожения), показывает, что добавление ФПП 0,01–0,02 % и АФП 0,04–0,10 % и продолжительность ферментации не более 30 мин обеспечивают получение теста, пригодного для обработки на производственной линии.

В связи с этим, на основании результатов проведенных исследований для дальнейшей работы принята дозировка ФПП 0,02 %, АФП – не более 0,08 %, продолжительность ферментации теста – не более 30 мин.

С целью оптимизации исследуемых значений проведено планирование эксперимента с помощью прикладной программы Statgraphics Plus for Windows. Для изучения области экспериментальных значений использован двухфакторный центральный композиционный план Central composite design $2^2 + \text{star}$ для модели 2-го порядка [20].

В качестве исследуемых факторов приняты дозировка АФП и продолжительность ферментации теста.

Пределы варьирования значений факторов составили:

- ♦ дозировка АФП, % (А): нижний 0,01; верхний 0,08;
- ♦ продолжительность ферментации теста, мин (В): нижний 0; верхний 30.

Дозировка ФПП принята 0,02 % к массе муки.

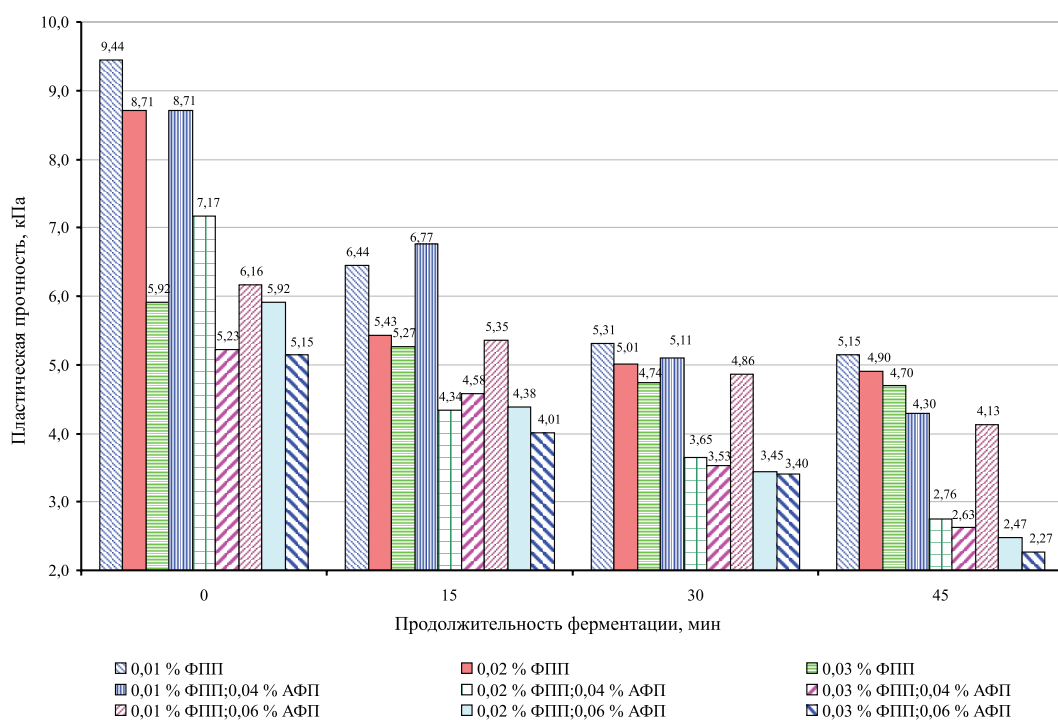
В качестве параметров оптимизации (функции отклика) приняты: количество сырой клейковины Х (%) и намокаемость галет Н (%).

На основании карты Парето установлено, что оба фактора являются значимыми (при уровне доверительной вероятности 95 %) и влияют на анализируемые показатели как по отдельности, так и комплексно. Совместное влияние исследуемых факторов на значения параметров оптимизации оценивали на основании поверхностей отклика, представленных на рис. 4 (а – количество сырой клейковины, б – намокаемость галет).

На основании анализа данных, представленных на рис. 4, установлено, что с увеличением дозировки АФП и продолжительности ферментации снижаются значения сырой клейковины с 29,6–30,8 % до 20,0–21,2 % или на 31–38 % и намокаемости галет с 306–318 % до 222–234 % или на 23–30 %.

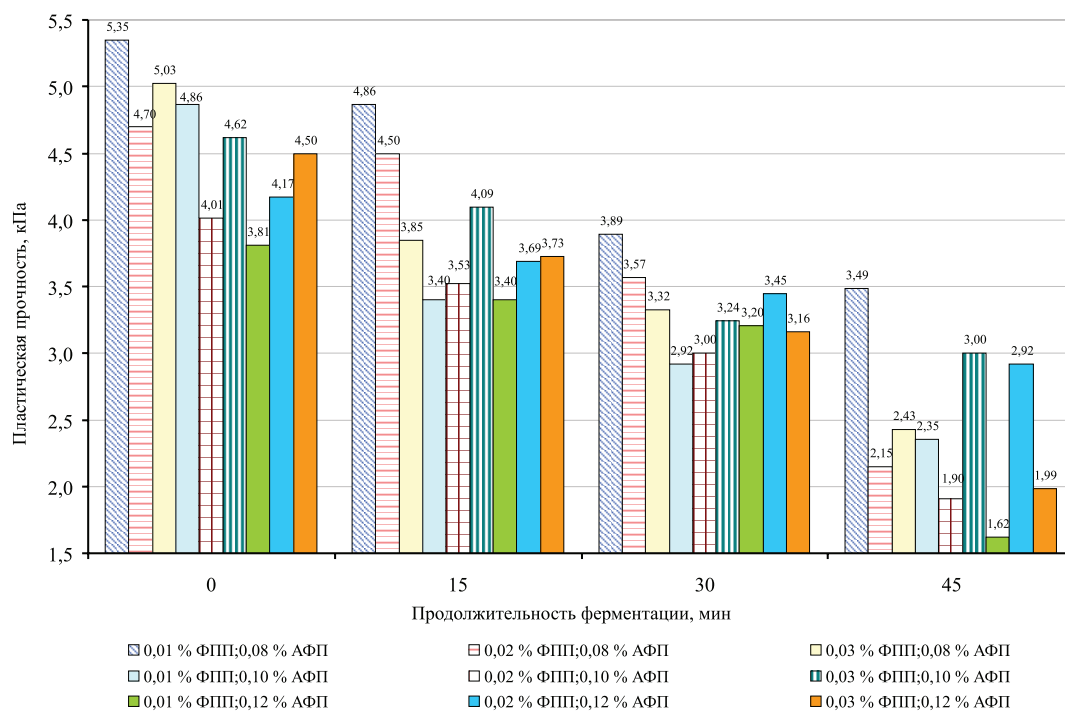
Наибольшее количество сырой клейковины 28,4–30,8 % и наиболее высокую намокаемость 282–318 % имеют образцы при продолжительности ферментации 5–15 мин и добавлении АФП в исследуемом диапазоне дозировок. Отмечено, что с увеличением дозировки ферментного препарата продолжительность ферментации целесообразно сокращать для получения аналогичных значений параметров оптимизации.

В связи с тем, что обработка теста (ламинирование, прокатка) на производственной линии проходит не менее 15 мин, оптимальными значениями факторов являются: продолжительность ферментации 15–20 мин и дозировка АФП 0,02–0,03 %. Содержание сырой клейковины при этом составляет 27,2–28,4 %, намокаемость галет – 282–294 %.



а – при добавлении ФПП (0,01–0,03 %) и АФП (0,04–0,06 %)

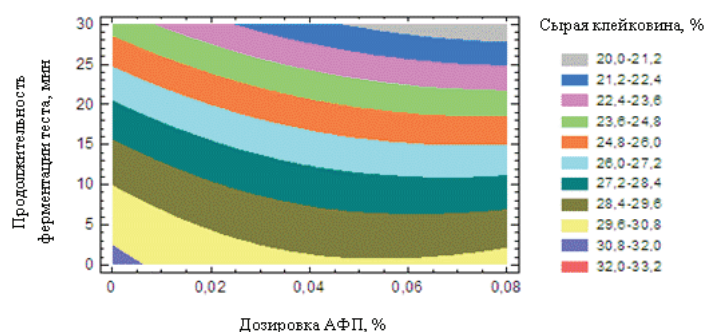
a – with adding enzyme preparation of proteolytic action (0.01–0.03 %) and enzyme preparation of amylolytic action (0.04–0.06 %)



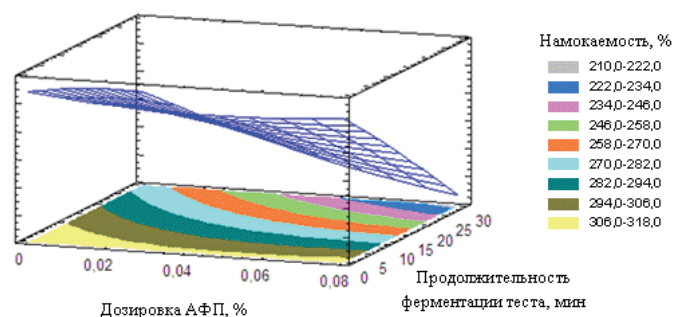
б – при добавлении ФПП (0,01–0,03 %) и АФП (0,08–0,12 %)

b – with adding enzyme preparation of proteolytic action (0.01–0.03 %) and enzyme preparation of amylolytic action (0.08–0.12 %)

Рис. 3. Пластическая прочность теста при совместном добавлении ферментных препаратов
Fig. 3. Plastic strength of the dough with joint adding enzyme preparation



а – количество сырой клейковины
a – quantity of gluten



б – намокаемость галет
b – swelling in water of hardtack

Рис. 4. Поверхности отклика количества сырой клейковины и намокаемости галет при совместном добавлении ферментных препаратов
Fig. 4. Response surface of quantity of gluten and swelling in water of hardtack with joint adding enzyme preparation

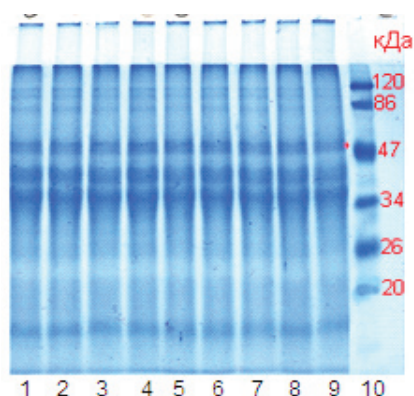
На основании анализа и статической обработки результатов получены уравнения регрессии 2-го порядка, адекватно описывающие зависимость сырой клейковины X и намокаемости H от дозировки ферментного препарата A продолжительности ферментации B (формулы 1 и 2 соответственно):

$$X = 31,118 - 51,798 \cdot A - 0,115 \cdot B + 486,111 \cdot A^2 - 1,278 \cdot A \cdot B - 0,004 \cdot B^2, \quad (1)$$

$$H = 317,949 - 359,650 \cdot A - 1,096 \cdot B + 3819,440 \cdot A^2 - 22,778 \cdot A \cdot B - 0,001 \cdot B^2. \quad (2)$$

В ходе работы проведена оценка качества галет, изготовленных в соответствии с условиями планирования эксперимента (с учетом выше описанных пределов варьирования факторов), что представляет интерес с практической точки зрения. По результатам органолептической оценки установлено, что нормативным требованиям [21] соответствуют образцы, изготовленные с добавлением АФП 0,02–0,08 % и при продолжительности ферментации не менее 15 мин: галеты имеют ровную, гладкую поверхность, без вздутий, структура характеризуется как слоистая. Образцы с дозировкой АФП более 0,07 % и при продолжительности ферментации теста более 30 мин хрупкие, растрескиваются, а с дозировкой АФП 0,01 % не имеют разрыхленной структуры. На вкус и запах галет изменение дозировки АФП и продолжительности ферментации теста влияния не оказало. Цвет готовых изделий с увеличением дозировки АФП изменяется с соломенно-желтого до светло-коричневого, что связано с реакцией меланоидинообразования. По результатам анализа галет по физико-химическим показателям качества установлено, что изменение дозировки АФП и продолжительности ферментации теста не оказывают значимого влияния на показатели массовой доли влаги и щелочности. Массовая доля влаги составила 5,5–5,8 %, щелочность – 0,3 град. Полученные значения соответствуют требованиям [21].

Проведен анализ белкового состава галет, изготовленных в соответствии с условиями планирования эксперимента, что позволяет получить новые научные данные о влиянии ферментных препаратов на степень протеолиза и использовать их для оптимизации параметров технологических схем производства мучных кондитерских изделий. Полученные результаты представлены в виде электрограммы на рис. 5.



- 1 АФП 0,01 %, ферментация 0 мин
- 2 АФП 0 %, ферментация 15 мин
- 3 АФП 0,01 %, ферментация 30 мин
- 4 АФП 0,045 %, ферментация 0 мин
- 5 АФП 0,045 %, ферментация 15 мин
- 6 АФП 0,045 %, ферментация 36 мин
- 7 АФП 0,08 %, ферментация 0 мин
- 8 АФП 0,089 %, ферментация 15 мин
- 9 АФП 0,07 %, ферментация 30 мин
- 10 стандарты молекулярных масс #SM0441

Рис. 5. Электрофореграмма белков галет при совместном добавлении ферментных препаратов и различной продолжительности ферментации теста (12,7 % полиакриламидный гель pH 8,8)
 Fig. 5. Electrophoregram of hardtack's protein with joint adding enzyme preparation and different time of fermentation of the dough (12.7% polyacrylamide gel pH 8.8)

Анализ данных, представленных на рис. 5, показывает, что фракционный состав белков представлен белками с молекулярной массой 30–35 кДа (низкомолекулярными) и 40–60 кДа (высокомолекулярными).

Установлено, что совместное добавление ферментных препаратов способствует интенсивному протеканию протеолиза. Протеолиз высокомолекулярных белков протекает более интенсивно на протяжении всего периода ферментации, низкомолекулярные белки в меньшей степени подвергаются протеолизу. Результаты исследований показывают, что с увеличением дозировки АФП до 0,04 % и продолжительности ферментации до 15 мин содержание негидролизированных белков снижается относительно начального количества: белков с молекулярной массой 30–35 кДа – на 1–6 %, белков с молекулярной массой 40 кДа – на 6–15 %, белков с молекулярной массой 60 кДа – на 5–9 %.

Необходимо отметить, что в наибольшей степени расщепление белков происходит при добавлении АФП в количестве более 0,07 % и продолжительности ферментации более 30 мин: содержания негидролизированных белков снижается на 21–28 %. Это коррелирует со свойствами теста, которое получается излишне пластичным, что обусловлено разрушением структурного каркаса теста. В результате тестовые заготовки имеют неправильную форму, а галеты – не имеют необходимой слоистой структуры.

Таким образом, на основании полученных результатов исследований установлена целесообразность использования в дополнение к ферментному препарату протеолитического действия ферментного препарата амилолитического действия при изготовлении мучных кондитерских изделий из ламинированного теста. Это обеспечивает получение синергетического эффекта от комплексного использования сырьевых микроингредиентов за счет повышения интенсивности процесса протеолиза при сокращении продолжительности ферментации теста на 33–55 %. Установлены оптимальные дозировки ферментных препаратов: протеолитического действия 0,02 % к массе муки, амилолитического действия 0,02–0,03 % к массе муки, продолжительность ферментации теста 15–20 мин.

Благодарности

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках выполнения гранта на выполнение научно-исследовательских работ докторантами и аспирантами Национальной академии наук Беларуси.

Acknowledgements

The studies described in article were carried out within the framework of the grant for research work by doctoral and postgraduate students of the National Academy of Sciences of Belarus.

Список использованных источников

1. Зубченко, А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий / А.В. Зубченко. – 2-е изд. – Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2001. – 389 с.
2. Пищевая добавка для приготовления мучных кондитерских изделий : пат. RU 2278520 С2 Российской Федерации, МПК А 21D 13/08, А21D 2/24, А21D 8/04 / заявитель Потапов Сергей Степанович. – № 2004121419/13 ; заявл. 14.07.2004 // 27.06.2006 Бюл. № 18.
3. Мэнли, Д. Мучные кондитерские изделия / Д. Мэнли; пер с англ. В.Е. Ашкинази; науч.ред. И. В. Матвеева. – СПб : Профессия, 2003. – 558 с.
4. Мультиэнзимная композиция для приготовления крекеров, галет и печенья : пат. RU 2060666 С1 Российской Федерации, МПК А 21D 13/08 / заявитель Акционерное общество «Биотехнология»,

- Товарищество с ограниченной ответственностью — Производственно — коммерческая фирма «РОСКОН». — № 93057890/13 ; заявл. 29.12.1993 // 27.05.1996 Бюл. № 15.
5. Способ приготовления крекера : пат. RU 2248708 С2 Российской Федерации, МПК А 21D 13/08 / заявитель Кубанский государственный технологический университет. — № 2000132521/13 ; заявл. 03.12.2002 // 27.03.2005 Бюл. № 9.
 6. Способ приготовления затяжного печенья : пат. RU 2248709 С2 Российской Федерации, МПК А 21D 13/08 / заявитель Кубанский государственный технологический университет. — № 2002132534/13 ; заявл. 03.12.2002 // 27.03.2005 Бюл. № 9.
 7. Колупаева, Т.Г. Ферментные препараты для формирования качества хлебобулочных изделий / Т.Г. Колупаева, Ю.Н. Малофеева, Т.А. Юдина, И.В. Матвеева // Хлебопекарное и кондитерское производство. — 2002. — № 6. — С. 1–3.
 8. Кнопина, С.И. Роль ферментов в производстве изделий из ламинированного теста / С.И. Кнопина, Т.В. Савенкова // Кондитерское производство. — 2004. — № 2. — С. 24–25.
 9. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины: ГОСТ 27839-88. — Введ. 01.01.90. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. — 8 с.
 10. Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение реологических свойств с применением альвеографа: ГОСТ Р 51415-99 (ИСО 5530-4:91). — Введ. 01.03.2001. — Москва: Госстандарт России, 2007. — 16 с.
 11. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей: ГОСТ 5897-90. — Введ. 01.01.92. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. — 6 с.
 12. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ: ГОСТ 5900-2014. — Введ. 01.11.2016. — М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2014. — 16 с.
 13. Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности: ГОСТ 5898-87. — Введ. 01.01.89. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. — 9 с.
 14. Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости: ГОСТ 10114-80. — Введ. 01.07.81. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. — 8 с.
 15. Максимов, А.С. Реология пищевых продуктов. Лабораторный практикум / А.С. Максимов, В.Я. Черных. — СПб «ГИОРД», 2006. — 176 с.
 16. Вислоухова, С.Н. Оценка влияния ферментного препарата на свойства теста и показатели качества галет на разрыхлителях / С.Н. Вислоухова, И.А. Машкова // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. — 2017. — №1 (22). — С. 32–37.
 17. Цуканова, Л.Н. Совершенствование технологии обогащенных хлебобулочных изделий на основе моделирования рецептурных смесей : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Л.Н. Цуканова. — Москва, 2005. — 188 с.
 18. Юсупова, Г.Г. Методы контроля качества муки по реологическим свойствам теста / Г.Г. Юсупова, О.Н. Бердышникова // Хлебопекарное производство. — 2011. — № 2. — С. 48–53.
 19. Юсупова, Г.Г. Методы контроля качества муки по реологическим свойствам теста / Г.Г. Юсупова, О.Н. Бердышникова // Хлебопечение России. — 2010. — № 1. — С. 17–18.
 20. Дюк, В.В. Обработка данных на ПК / В.В. Дюк. — СПб.: ПИТЕР, 1997. — 242 с.
 21. Галеты. Общие технические условия: СТБ 2357-2014. — Введ. 01.07.2014. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2014. — 20 с.

References

1. Zubchenko A.V. Fiziko-ximicheskie osnovy` texnologii konditerskix izdelij [*Physico-chemical basis of confectionery products' technology*]. Voronezh, Voronezh. gos. texnol. akad., 2001, 389 p. (in Russian).
2. Potapov S.S. Pishhevaya dobavka dlya prigotovleniya muchny`x konditerskix izdelij [*Food additive for the preparation of flour confectionery products*]. Patent RU, no. 2278520, 2006 (in Russian).
3. Me'nli D. Muchny`e konditerskie izdeliya [*Flour confectionery products*]. Spb, Professiya, 2003, 558 p. (in Russian).
4. Akcionernoe obshchestvo «Biotexnologiya», Tovarihshestvo s ogranichennoj otvetstvennost`yu — Proizvodstvenno — kommercheskaya firma «ROSKON». Mul'tie`nzimnaya kompoziciya dlya prigotovleniya krekerov, galet i pechen`ya [*Multienzyme composition for the preparation of crackers, biscuits and biscuits*]. Patent RU, no. 2060666, 1996 (in Russian).
5. Kubanskij gosudarstvenny`j texnologicheskij universitet. Sposob prigotovleniya krekerov [*Method of preparation of cracker*]. Patent RU, no. 2248708, 2005 (in Russian).
6. Kubanskij gosudarstvenny`j texnologicheskij universitet. Sposob prigotovleniya zatyazhnogo pechen`ya [*Method of preparation of dry biscuits*]. Patent RU, no. 2248709, 2005 (in Russian).
7. Kolupaeva T.G., Malofeeva Yu.N., Yudina T.A., Matveeva I.V. Fermentny`e preparaty` dlya formirovaniya kachestva xlebobulochny`x izdelij [*Enzyme preparations for the formation of the quality of bakery product*]. Xlebopekarnoe i konditerskoe proizvodstvo, 2002, no.6, pp. 1–3 (in Russian).

8. Knopova S.I., Savenkova T.V. Rol' fermentov v proizvodstve izdelij iz laminirovannogo testa [*Role of enzymes in the production of products from laminated dough*]. Konditerskoe proizvodstvo, 2004, no.2, pp. 24–25 (in Russian).
9. GOST 27839-88. Muka pshenichnaya. Metody' opredeleniya kolichestva i kachestva klejkoviny' [*GOST 27839-88. Methods for determining the quantity and quality of gluten*]. Minsk, Gosstandart: Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification, 2012. 8 p. (in Russian).
10. GOST R 51415-99 (ISO 5530-4-91). Muka pshenichnaya. Fizicheskie xarakteristiki testa. Opredelenie reologicheskix svojstv s primeneniem al'veografa [*Wheat Flour. Physical characteristics of the dough. Determination of rheological properties using alveograph*]. Moscow, Gosstandart of Russia, 2007. 16 p. (in Russian).
11. GOST 5897-90. Izdeliya konditerskie. Metody' opredeleniya organolepticheskix pokazatelej kachestva, razmerov, massy' netto i sostavny'x chastej [*Methods for determination of organoleptic quality indices, sizes, net-mass and components*]. Minsk, Gosstandart: Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification, 2010. 6 p. (in Russian).
12. GOST 5900-2014. Izdeliya konditerskie. Metody' opredeleniya vlagi i suxix veshhestv [*Confectionery products. Methods for determining moisture and solids*]. Moscow, STANDARTINFORM, 2014. 16 p. (in Russian).
13. GOST 5898-87. Izdeliya konditerskie. Metody' opredeleniya kislotnosti i shhelochnosti [*Confectionery products. Methods for determining acidity and alkalinity*]. Minsk, Gosstandart: Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification, 2010. 9 p. (in Russian).
14. GOST 10114-80. Izdeliya konditerskie muchny'e. Metod opredeleniya namokaemosti [*Flour confectionery products. Method of determination of wetness*]. Minsk, Gosstandart: Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification, 2012. 8 p. (in Russian).
15. Maksimov A.S., Cherny'x V.Ya. Reologiya pishhevy'x produktov. Laboratorny'j praktikum [*Rheology of food products. Laboratory workshop*]. SPb., «GIORD», 2006, 176 p. (in Russian).
16. Vislouxova S.N., Mashkova I.A. Ocenka vliyaniya fermentnogo preparata na svojstva testa i pokazateli kachestva galet na razry'xlitelyax [*Evaluation of enzyme's influence on the properties of dough and quality of hardtack on the leavening agents*]. Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya, 2017, no.1 (22), pp. 32–37 (in Russian).
17. Czukanova L.N. Sovershenstvovanie texnologii obogashhenny'x xlebobulochny'x izdelij na osnove modelirovaniya recepturny'x smesey. Diss. kand. texn. nauk [*Improvement of technology of enriched bakery products on the basis of modeling of recipe mixtures. Ph.D. tech. sci. diss.*]. Moscow, 2005. 188 p. (in Russian).
18. Yusupova G.G., Berdy'shnikova O.N. Metody' kontrolya kachestva muki po reologicheskim svojstvam testa [*Methods of quality control of flour on rheological properties of dough*]. Xlebopekarnoe proizvodstvo, 2011, no.2, pp. 48–53 (in Russian).
19. Yusupova G.G., Berdy'shnikova O.N. Metody' kontrolya kachestva muki po reologicheskim svojstvam testa [*Methods of quality control of flour on rheological properties of dough*]. Xlebopepechenie Rossii, 2010, no.1, pp. 17–18 (in Russian).
20. Dyuk V.V. Obrabotka danny'x na PK [*Data processing on PC*]. SPb., PETER, 1997, 242 p. (in Russian).
21. STB 2357-2014. Galety'. Obshhie texnicheskie usloviya [*STB 2357-2014. Galette. General specifications*]. Minsk, Gosstandart: Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification, 2014. 20 p. (in Russian).

Информация об авторах

Вислоухова Светлана Николаевна — научный сотрудник отдела технологий кондитерской и масло-жировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: npc-candy@tut.by

Машкова Ирина Анатольевна — кандидат технических наук, доцент, декан технологического факультета, учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия» (пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: tehnof@mail.ru

Курченко Владимир Петрович — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией прикладных проблем биохимии учреждения образования «Белорусский государственный университет» (пр-т Независимости, 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kurchenko@tut.by

Information about authors

Vislavukhava Sviatlana N. — RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova street, 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: npc-candy@tut.by

Mashkova Irina A. — Ph.D. (Engineer-ring), professor, Mogilev state university of food technologies (3 Shmidt Avenue, 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: tehnof@mail.ru

Kurchenko Vladimir P. — Ph.D. (Biological), Belarusian State University (4 Nezavisimosti Avenue, 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kurchenko@tut.by

УДК 639.3.043

Поступила в редакцию 14.10.2019
Received 14.10.2019**Ж.В. Кошак, Н.В. Зенович, А.Э. Кошак***РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь***НОВАЯ КОРМОВАЯ ДОБАВКА ИЗ ОТХОДОВ КРУПЯНОГО
ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ СЕГОЛЕТКОВ КАРПА**

Аннотация. В Республике Беларусь выращивается в основном карп. Карп является всеядной рыбой и по этой причине хорошо усваивает зерно, особенно зерно пшеницы. Однако в последние годы из-за погодных условий, объемы выращивания фуражной пшеницы сократились, и возник дефицит столь ценного сырьевого компонента. Наиболее ценными вторичными продуктами пищевых производств являются крупяные мучки, получаемые в процессе шелушения, шлифования и полирования круп. Поэтому целью работы является разработка комплексной кормовой добавки из отходов крупяного производства, которая позволит удовлетворить физиологические потребности сеголетков карпа. Были разработаны шесть композитных смесей, изучен их аминокислотный состав, определено содержание протеина, жира, клетчатки. Были подобраны режимы экструдирования композитных смесей. Проведено лабораторное кормление сеголетков карпа экструдированными композитными смесями. Установлено, что наилучшей эффективностью обладает композитная смесь, содержащая в своем составе 50 % пшеничной мучки, 30 % ячменной мучки, 10 % гороховой и 10 % овсяной мучки (композитная смесь № 3). Были определены гематологические показатели крови сеголетков карпа и установлено, что в наилучшем физиологическом состоянии находится сеголеток карпа, кормившийся композитной смесью № 3.

Ключевые слова: крупяная мучка, сеголеток карпа, экструдирование, композитная смесь, аминокислотный скор, гематологические показатели

Zh.V. Koshak, N.V. Zenovich, A. Ed. Koshak*RUE «Institute for Fish Industry», Minsk, Republic of Belarus***NEW FEED ADDITIVE FROM THE WASTE OF CEREAL
PRODUCTION FOR CARP FEEDING**

Abstract. In the Republic of Belarus is grown mainly carp. Carp is an omnivorous fish and for this reason it digests grain well, especially wheat grain. However, in recent years, due to weather conditions, the volume of cultivation of feed wheat has decreased, and there was a shortage of such a valuable raw material component. The most valuable secondary products of food production are cereal flour obtained in the process of peeling, grinding and polishing cereals. Therefore, the aim of the work is to develop a comprehensive feed additive from the waste of cereal production, which will meet the physiological needs of carp juveniles. Six composite mixtures were developed, their amino acid composition was studied, the content of protein, fat and fiber was determined. Modes of extrusion of composite mixtures were selected. Laboratory feeding of carp juveniles with extruded composite mixtures was carried out. It was found that the best efficiency has a composite mixture containing 50 % wheat flour, 30% barley flour, 10% pea and 10% oat flour (composite mixture number 3). The hematological parameters of the blood of carp fingerlings were determined and it was found that the carp fingerlings fed with composite mixture No. 3 were in the best physiological condition.

Keywords: cereal flour, carp now-years, extrusion, composite mixture, amino acid score, hematological parameters

Введение. В Республике Беларусь 80 % выращиваемой пресноводной рыбы представлено карповыми видами. Поэтому их кормление недорогими и полноценными комбикормами является одной из главных задач. В настоящее время у рыбхозов наблюдается нехватка финансовых средств на покупку комбикормов для карпа и это привело не только к сокращению потребления комбикормов, но и к появлению комбикормов с невысокой стоимостью и низкой питательной ценностью.

Современный уровень развития пищевой и перерабатывающей промышленности и состояние их сырьевой базы требуют принципиально нового подхода к проблеме использования вторичных ре-

сурсов. Сущность этого подхода заключается в создании безотходных технологий, позволяющих максимально использовать все ценные компоненты сырья, включая вторичные, а также исключать ущерб, наносимый окружающей среде в результате образования отходов производства. В этом плане крупяное производство является источником вторичных сырьевых ресурсов, в частности крупяной муки. Так при переработке ячменя в ячневую крупу получается в качестве побочного продукта 18 % муки, при переработке ячменя в перловую крупу – 40 % муки, при переработке гречихи в крупу – 3,5 % муки и т.д. [1].

Кормовая мука (пшеничная, ячменная, гороховая, овсяная) получается при переработке качественного зерна в крупу. Она состоит в основном из измельченных частиц зерна, плодовых и семенных оболочек, зародышей. Кормовая мука представляет собой ценный питательный продукт, по свойствам близкий к зерну. Очень ценна кормовая мука из пшеницы и ячменя, менее – из гречихи, имеющая высокое содержание клетчатки и низкую переваримость [2, 3].

Корма растительного происхождения, в зависимости от состава основных питательных веществ, разделяются на три группы: богатые крахмалом, белком и жиром.

Корма, богатые крахмалом, это в основном семена злаков, в которых содержится до 75 % углеводов, главным образом крахмала, от 8 до 20 % белка, от 2 до 6 % жира и небольшое количество минеральных веществ. Зерна злаков играют наибольшую роль в кормлении карпа. Для других рыб они имеют меньшее значение [4, 5].

Пшеница является одним из наиболее питательных и экономичных по белку видов корма. Экономичность определяется расходом белков пшеницы на процессы жизнедеятельности карпа. Перевариваемость белка пшеницы карпом достигает 86 %, доступность аминокислот – 91 %. Из 1 кг пшеницы карп усваивает более 500 г питательных веществ [6]. Для изготовления кормов для рыб применяют пшеницу, непригодную для пищевых целей. Зерна такой пшеницы содержат до 20 % белка. Жиры в основном представлены ненасыщенными жирными кислотами – линолевой (56 %), олеиновой (12 %) и линоленовой (4 %). Основным углевод пшеницы – крахмал – гидролизуются амилазами. Особенно много ферментов в проросшем зерне. Витамины А и D в пшенице представлены главным образом в форме провитаминов – каротиноидов и стеролов. Из жирорастворимых витаминов в пшенице содержится витамин Е, который предохраняет жиры от окисления. Витамины группы В содержатся в основном в оболочках зерна [7, 8].

Ячмень по питательности близок к пшенице, но отличается более высокими кормовыми коэффициентами, худшей переваримостью и усвояемостью. Содержание в ячмене незаменимых аминокислот – лизина, метионина и триптофана – по сравнению с семенами других злаков высокое, а крахмала в ячмене содержится меньше (50–60 %), чем в кукурузе, пшенице и ржи. Жирные кислоты представлены в основном ненасыщенными соединениями (80–85 %) [9]. В рыбоводных хозяйствах ячмень используют в качестве заменителя пшеницы в кормах, предназначенных для карпа, канального сомика и некоторых других видов рыб.

В составе кормосмесей для рыб используется молотое зерно или измельченные продукты его переработки. Наиболее питательна мука из цельного зерна без очистки [10].

Содержание белка в зерне овса колеблется от 9,0 до 19,5 %. Мучнистые злаковые должны быть хорошего качества, сухие, рассыпчатые. В доброкачественном мучном корме постороннего запаха не ощущается [11, 12, 13].

К кормам, богатым белком, относятся семена бобовых культур, такие как горох, фасоль, соя, люпин, чечевица, вика, нут, чина и др. В отличие от злаковых, в семенах бобовых содержание белка в 2–3 раза выше. Они лишь на 15–20 % уступают по данному показателю молоку. По биологической ценности особенно близки к молоку белки сои. Легкая растворимость белков бобовых культур способствует высокой степени усвоения их аминокислот рыбами и другими животными, однако наличие ингибиторов пищеварительных ферментов ограничивает их применение как корма для рыб. Для предупреждения отрицательного воздействия ингибиторов рекомендуется семена бобовых культур подвергать тепловой обработке до внесения их в состав кормов для рыб. Другой отличительной особенностью бобовых от злаковых культур является морфологическое строение их зерна, которое состоит из двух семядолей и ростка, покрытых семенной оболочкой. Семенная оболочка составляет 8–15 % массы зерна. Горох в настоящее время широко применяется для кормления рыб. Содержание белка в горохе крупяных сортов составляет 22–26 %. В составе жиров (2–3 %) преобладают ненасыщенные жирные кислоты. Углеводы гороха представлены крахмалом и клетчаткой. Этот высокобелковый кормовой компонент хорошо поедается и переваривается рыбами [14].

Крупяная промышленность получает в качестве вторичных продуктов крупяные муки, которые содержат часть эндосперма злаковых культур, их алейроновый слой и зародыш, а также плодовые и семенные оболочки. Все перечисленные части зерновки являются ценными при кормлении сеголетков карпа [15].

В связи этим, целью работы является разработка комплексной кормовой добавки из отходов крупяного производства, которая позволит удовлетворить физиологические потребности сеголетков карпа.

Основная часть. Главное, что требуется при разработке кормовых добавок для рыб — это сбалансированность корма по аминокислотному составу. По этой причине были разработаны различные варианты композитных смесей из крупяных мучек и определен их аминокислотный состав, был рассчитан аминокислотный скор по отношению к потребности сеголетка карпа в незаменимых аминокислотах и по отношению к аминокислотному составу зерна пшеницы. Данные по содержанию незаменимых аминокислот в разных видах крупяных мучек представлены в табл. 1.

Анализируя табл. 1, отмечаем, что низкое суммарное содержание метионина и цистеина наблюдается у всех видов мучек. В то же время в гороховой мучке содержится на 43,2–54,9 % больше лизина по сравнению с другими исследуемыми мучками, а также 45–49,4 % выше треонина. По содержанию других незаменимых аминокислот гороховая мучка превосходит пшеничную, ячменную и овсяную. В то же время следует учитывать, что горох, так же как и гороховая мучка, содержит в своем составе антипитательные вещества (алкалоиды и глюкозиды), которые снижают усвояемость данной культуры [16].

На следующем этапе исследований был определен аминокислотный скор мучек по отношению к потребностям сеголетка карпа [19].

Таблица 1. Содержание незаменимых аминокислот в пшеничной, ячменной, овсяной и гороховой мучках
Table 1. The content of essential amino acids of wheat, barley, oats and pea flour

Аминокислота	Содержание аминокислоты в гороховой мучке, мг/100 г	Содержание аминокислоты в ячменной мучке, мг/100 г	Содержание аминокислоты в пшеничной мучке, мг/100 г	Содержание аминокислоты в овсяной мучке, мг/100 г
Лизин	1327,6	653,3	753,9	597,5
Треонин	2393,7	1317,1	1608,6	1212,4
Метионин+ цистеин	20	20	20	20
Валин	905,7	635,1	511,5	401,8
Фенилаланин+ тирозин	1637,1	1159,2	899,2	564,2
Лейцин	728	398,8	389,3	248,9
Изолейцин	1597,3	804,5	705,8	509,4

Аминокислотный скор — это показатель полноценности белка, который представляет собой процентное отношение определенной незаменимой аминокислоты в конкретном продукте к схожей аминокислоте в искусственном идеальном белке. Если аминокислотный скор всех аминокислот равен или больше 100, то белок признается полноценным. В случае, если какая-то из аминокислот показывает аминокислотный скор меньше 100, то эта аминокислота признается лимитирующей и кормовая добавка может использоваться в основном как компонент комбикормов для рыб. В качестве отдельного корма может использоваться только ограниченное время.

Анализируя табл. 2, видим, что лимитирующими аминокислотами во всех крупяных мучках являются метионин и цистеин. По всем остальным аминокислотам мучки являются полноценными и удовлетворяют потребность сеголетков карпа в полном объеме.

Композитная смесь из кормовых мучек позволяет нам улучшить аминокислотный состава корма, его питательность, повысить темп роста и выживаемость рыбы. Поэтому были составлены композитные смеси с разным процентом ввода кормовых мучек (пшеничная, ячменная, овсяная, гороховая), проведена оценка их биологической ценности и физико-химических свойств. Были подготовлены 6 композитных смесей, состав которых представлен в табл. 3.

Составление композитных смесей осуществлялось на основании химического состава крупяных мучек и потребностей сеголетка карпа в протеине, жире, витаминах, микро- и макроэлементах [17].

Был изучен аминокислотный состав полученных композитных смесей. Аминокислотный скор композитных смесей по отношению к потребности карпа [19] представлен в табл. 4.

Анализ данных табл. 4 показывает, что единственной композитной смесью, не имеющей лимитирующих аминокислот, является композитная смесь № 6, содержащая 40 % гороховой муки.

Наибольшее значение для рыб из незаменимых аминокислот, по мнению зарубежных ученых К. Коуи и Дж. Сарджент, имеют аргинин, лизин и валин [18, 19]. Композитная смесь № 6 сбаланси-

рована по содержанию всех аминокислот. По содержанию лизина композитная смесь №6 превосходит зерно пшеницы на 188 %, по содержанию валина на 20 %, а по содержанию аргинина на 75 %, что полностью покрывает физиологическую потребность карпа в незаменимых аминокислотах.

В исследуемых образцах композитных смесей был определен химический состав. Данные представлены в табл. 5.

Таблица 2. Аминокислотный скор крупяных мучек по отношению к потребностям карпа

Table 2. Amino acid score cereals in relation to the needs of carp

Аминокислота	Аминокислотный скор (гороховая мучка), %	Аминокислотный скор (ячменная мучка), %	Аминокислотный скор (пшеничная мучка), %	Аминокислотный скор (овсяная мучка), %
Лизин	324	219	248	290
Треонин	1534	1159	1387	1546
Метионин+цистеин	21	28	28	41
Валин	310	298	235	273
Фенил-аланин+ тирозин	420	408	310	288
Лейцин	249	187	179	169
Изолейцин	819	567	487	520

Таблица 3. Состав композитных смесей

Table 3. Ingredient mix composition

Наименование смеси	Ввод крупяных мучек в смесь, %			
	ячменная	пшеничная	гороховая	овсяная
Композитная смесь №1	50	30	10	10
Композитная смесь №2	30	50	10	10
Композитная смесь №3	30	50	15	5
Композитная смесь №4	40	40	15	5
Композитная смесь №5	20	40	40	-
Композитная смесь №6	20	30	40	10

Таблица 4. Аминокислотный скор композитных смесей

Table 4. Amino acid score mix composition

Аминокислота	Аминокислотный скор (смесь №1), %	Аминокислотный скор (смесь №2), %	Аминокислотный скор (смесь №3), %	Аминокислотный скор (смесь №4), %	Аминокислотный скор (смесь №5), %	Аминокислотный скор (смесь №6), %
Лизин	189	180	191	190	538	644
Треонин	1858	1776	1330	1355	460	521
Метионин+цистеин	31	29	27	27	97	227
Валин	311	311	318	321	282	403
Фенил-аланин+ тирозин	303	291	301	330	276	372
Лейцин	162	151	151	163	212	282
Изолейцин	524	489	525	589	593	722

Таблица 5. Химический состав композитных смесей

Table 5. Chemical ingredients mix composition

Номер композитной смеси	Влажность, %	Содержание жира, %	Содержание протеина, %	Содержание клетчатки, %
№ 1	9,25	3,90	13,0	4,41
№ 2	8,20	3,70	13,9	3,81
№ 3	9,26	3,46	14,9	3,86
№ 4	10,60	3,21	15,0	3,91
№ 5	8,95	3,24	14,6	3,74
№ 6	9,75	3,65	15,3	4,15

Анализ данных табл. 5 показал, что максимальное количество протеина содержится в композитной смеси № 6, а содержание сырого жира в композитной смеси № 1. Содержание сырой клетчатки находится в допустимых значениях во всех композитных смесях для сеголетков карпа (не более 6 %) [20, 21].

В настоящее время за рубежом в основном применяются в кормлении рыб комбикорма, которые изготовлены по технологии экструдирования. Для экструдирования кормов применяют специальные прессы-экструдеры, принцип работы которых базируется на следующих технологических процессах: рассыпной комбикорм с влажностью от 18 до 30 % подается в экструдер, процесс экструдирования проходит при давлении 3–5 МПа и температуре 120–200 °С [22]. В основе экструзии кормов лежат три процесса: температурная обработка кормов под давлением, механохимическое деформирование и взрыв продукта во фронте ударного разряжения. При этом происходят глубокие деструктивные изменения в питательных веществах: крахмал расщепляется до декстринов и сахаров, протеины подвергаются денатурации [23].

После экструдирования улучшаются вкусовые качества кормов, проходит инактивация ингибиторов пищеварительных ферментов, нейтрализация некоторых токсинов и уничтожение их продуцентов, что важно в кормлении рыб, особенно при использовании вторичных продуктов пищевых производств.

Подбор режимов экструдирования проводили на лабораторной установке лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства». Установка состоит из кондиционера-смесителя и экструдера. Внешний вид лабораторной установки представлен на рис. 1.

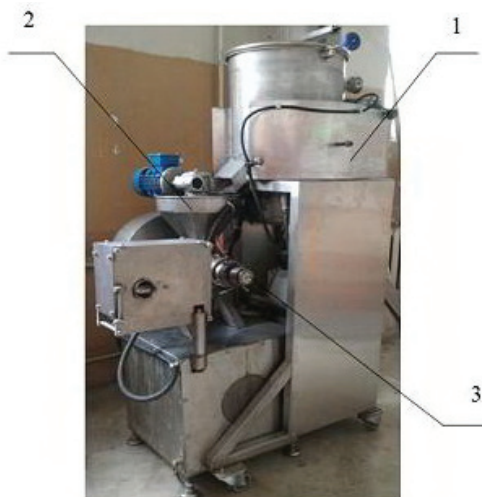


Рис. 1. Лабораторная установка: 1 – кондиционер-смеситель; 2 – экструдер; 3 – фильера экструдера
Fig. 1. Laboratory Installation: 1 – air conditioning mixer; 2 – extruder; 3 – extruder die

Для подбора режимов экструдирования кормовой добавки использовали планирование эксперимента, а именно полный факторный эксперимент ПФЭ 2^3 со звездным плечом [24]. В качестве независимых факторов выбрали частоту вращения шнека, температуру продукта после влаготепловой обработки и влажность смеси перед экструдированием. В качестве выходного параметра была выбрана степень деструкции крахмала [25].

Степень деструкции крахмала была выбрана из-за большого содержания его в составе композитных смесей. Физико-химические свойства крахмала определяют его полисахаридный состав, тип гликозидных связей, размер молекул, а также прочность гранул. В противоположность большинству других биополимеров молекулы полисахаридов, входящие в состав крахмала, по химической структуре неодинаковы, хотя и состоят из одинаковых структурных единиц. Оба полисахарида крахмала в значительной степени отличаются друг от друга не только структурой, но и молекулярной массой [26]. Крахмал при воздействии влаги, температуры, механических напряжений подвергается сложным превращениям, что приводит к изменению его физико-химических свойств. Установлено, что при физико-химическом воздействии на зерна крахмала возможно изменение их структуры в любом направлении. При механическом же воздействии на крахмал наиболее вероятен разрыв зерен в радикальном направлении. Под действием тепловой энергии разрушается структура крахмальных зерен, они увеличиваются в размерах и при определенной температуре разрушаются. Крахмальная суспензия превращается в вязкий коллоидный раствор – крахмальный клейстер. При дальнейшем

повышении температуры вязкость крахмального клейстера снижается; при снижении температуры до комнатной клейстер превращается в упругий гель с трехмерной структурой [27].

По результатам эксперимента для определения оптимального значения степени деструкции крахмала была построена параметрическая диаграмма, представленная на рис. 3.

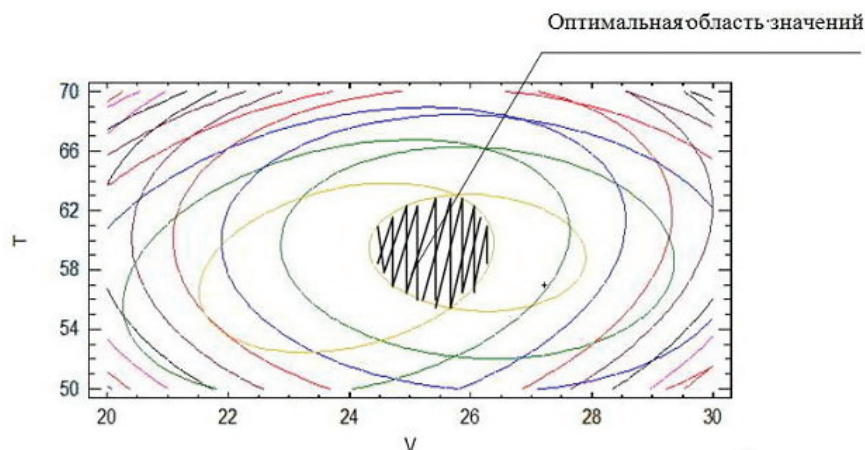


Рис. 2. Параметрическая диаграмма для определения оптимальных значений температуры экструдата и количества глюкозы (степени деструкции крахмала) при влажности композитной смеси до экструдирования $W = 23,5\%$

Fig. 2. Parametric chart to determine optimal values of extrudate temperature and amount of glucose (starch destruction degree) at the humidity of the composite mixture before extruding $W = 23.5\%$

Анализируя рис. 2, установили, что оптимальное содержание глюкозы 109 мг/1 г или максимальная степень деструкции крахмала достигается при частоте вращения шнека 24–25 Гц, влажности смеси после влаготепловой обработки 23,5 % и температуре продукта перед экструдером 55–62 °С.

Была получена аналитическая зависимость, описывающая изменение количества глюкозы в зависимости от частоты вращения шнека, влажности и температуры продукта после влаготепловой обработки, которая имеет следующий вид:

$$S = 1287,04 + 22,19 \cdot V - 1,76 \cdot T - 113,88 \cdot W - 0,714 \cdot V^2 + 0,18 \cdot V \cdot T + 0,074 \cdot V \cdot W - 0,13 \cdot T^2 + 0,54 \cdot T \cdot W + 1,64 \cdot W^2, \quad (1)$$

где S – количество глюкозы, мг/1 г; V – частота вращения шнека, Гц; T – температура продукта после влаготепловой обработки, °С; W – влажность смеси перед экструдированием, %.

Внешний вид экструдированной кормовой добавки представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид экструдированной кормовой добавки из отходов крупяного производства для сеголетков карпа

Fig. 3. Appearance of extruded feed additive from waste of grain production for carp now-years

Для определения эффективности комбинированных смесей № 1–6 провели лабораторное кормление сеголетков карпа в условиях аквариальной РУП «Институт рыбного хозяйства». Каждый эксперимент проводили в 6 аквариумах объемом по 60 л в течение 21 дня. В каждый аквариум было посажено по 20 экз. сеголетков карпа. Температура воды в аквариумах была 17,5–18,5 °С. Корм рыбе задавался в количестве 1,5–3,0 % от массы 2 раза в сутки [28, 29]. Учет корма велся ежедневно. Отхода рыбы во время эксперимента не наблюдалось.

Влияние комбинированных смесей № 1–6 на весовые показатели сеголетков карпа и кормовые затраты представлены в табл. 6. В качестве контроля использовали экструдированное зерно пшеницы.

Т а б л и ц а 6. Удельная скорость роста сеголетков карпа и кормовые затраты при использовании комбинированных смесей № 1–6
Table 6. Specific growth rate and feed costs when using composite mixtures № 1–6

Номер комбинированной смеси	Общая масса, г		Прирост масс, г	Удельная скорость роста, %/сутки	Кормовой коэффициент, ед.
	начало кормления	конец кормления			
№1	317	336,5	19,5	0,2756	11,8
№2	308,5	339	30,5	0,4529	6,2
№3	285	295	10	0,1861	13,7
№4	412	421	9	0,1201	23,8
№5	169,7	178,3	8,63	0,22601	15,4
№6	173,3	178,7	5,37	0,2056	16,6
Контроль	167	173	6	0,1308	23,3

Согласно полученным экспериментальным данным (табл. 6), наилучшие результаты по кормлению сеголетка карпа были при использовании комбинированной смеси № 2–наибольшие приросты, удельная скорость роста и наименьшие кормовые коэффициенты. Обращает на себя внимание то, что разница в составе комбинированной смеси № 6 и № 2 только в содержании гороховой и пшеничной мушек (табл. 3). Гороховая мушка в комбинированной смеси № 6 позволила получить сбалансированный аминокислотный состав для карпа, в смеси № 3 гороховой муки на 30 % меньше и на 20 % больше пшеничной муки, это привело к появлению в составе комбинированной смеси № 3 лимитирующих аминокислот. В то же время видно, что наличие антипитательных веществ гороховой муки в комбинированной смеси № 6, которые полностью не уничтожаются даже при экструдировании, привело к повышению кормовых коэффициентов и снижению темпов роста. Комбинированная смесь № 3 содержит 50 % пшеничной муки, которая лучше всего усваивается карпом и это приводит к высоким темпам роста и невысоким кормовым коэффициентам, несмотря на недостаточно сбалансированный аминокислотный состав. При этом, в сравнении с зерном пшеницы, комбинированная смесь № 3 позволяет снизить кормовой коэффициент на 73 %, при увеличении темпов роста сеголетков карпа в сутки на 71 %.

Также была рассчитана эффективность использования веществ и энергии комбинированных смесей рыбами и определена оценка их влияния на обмен веществ и физиологическое состояние рыб по ниже приведенным формулам [29].

Коэффициент эффективности использования корма в организме рыб $\mathcal{E}_H$ рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_H = \frac{M_t P_t - M_0 P_0}{(M_t - M_0) * Z_H}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_H$ – коэффициент эффективности использования корма в организме рыб, %; M_0, M_t – средняя масса рыб в начале и конце экспериментов, %; P_0, P_t – содержание питательного вещества или энергии в теле рыб в начале и конце экспериментов, %; Z_H – затраты съеденного корма, отдельных питательных веществ или энергии на единицу прироста массы рыб, г.

Коэффициент эффективности белка $K_{\mathcal{E}}$ определяется по формуле:

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{M_t - M_0}{E_6}, \quad (3)$$

где $K_{\mathcal{E}}$ – коэффициент эффективности белка; M_0, M_t – средняя масса рыб в начале и конце экспериментов, %; E_6 – количество внесенного или съеденного рыбами белка, %.

Накопление веществ в теле рыб H рассчитывается по формуле:

$$H = \frac{M_t P_t - M_0 P_0}{M_0}, \quad (4)$$

где H – накопление веществ в теле рыб, г/100 г; M_0 , M_t и P_0 , P_t – средняя масса рыб и содержание питательного вещества или энергии в их теле в начале и конце экспериментов, %.

Концентрация органических и минеральных веществ в единице прироста рыб Π_k рассчитывается по формуле:

$$\Pi_k = \frac{M_t P_t - M_0 P_0}{(M_t - M_0) * 10}, \quad (5)$$

где Π_k – содержание питательных веществ, г на 1 кг прироста рыб; M_0 , M_t и P_0 , P_t – средняя масса рыб и содержание питательного вещества или энергии в их теле в начале и конце экспериментов, %.

Данные по значению показателей для композитных смесей представлены в табл. 7. Анализ табл. 7 показывает, что эффективность использования композитных смесей для кормления сеголетков карпа дало неоднозначный результат. Наилучшие показатели по эффективности использования корма у композитной смеси № 3: карп использует эту смесь с эффективностью 40,58 %, что превышает эффективность использования зерна пшеницы на 63,9 %.

Т а б л и ц а 7. Эффективность использования веществ и энергии корма рыбами
Table 7. Efficiency of substances and energy feed by fish

Номер композитной смеси	Коэффициент эффективности использования корма, $\mathcal{E}_k$, %	Накопление веществ в теле рыб, H , г/100 г	Коэффициент эффективности белка, $K_{\text{б}}$	Концентрация органических и минеральных веществ в единице прироста рыб, Π_k , кДж/кг
№1	8,64	5,29	0,19	859,75
№ 2	4,88	2,98	0,29	302,70
№ 3	40,58	19,33	0,13	5672,47
№ 4	20,29	10,55	0,1	4830,09
№ 5	13,08	9,51	0,062	1847,14
№ 6	14,66	12,15	0,03	3973,66

Концентрация органических и минеральных веществ в единице прироста рыб максимальна у композитной смеси № 3 и составляет 5672,47 кДж/кг прироста рыбы, также композитная смесь № 3 дает максимальное накопление веществ в теле рыбы 19,33 г/100 г корма. В то же время коэффициент эффективности белка наибольший для композитной смеси № 2. Значения этих коэффициентов сильно зависят от физиологического состояния рыб, но по большинству коэффициентов наиболее эффективной для сеголетков карпа является композитная смесь № 3. Для оценки физиологического состояния рыб при кормлении композитными смесями определим гематологические показатели крови карпа. Основные гематологические показатели крови сеголетков карпа представлены в табл. 8.

Т а б л и ц а 8. Основные гематологические показатели крови сеголетков карпа
Table 8. The main hematological indicators of the blood of carp now-years

Номер композитной смеси	Гематологические показатели				
	Гемоглобин, г/л	Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	СОЭ, мм/ч	ОБСК, г%	Лейкоциты, $10^9/\text{л}$
Норматив	85–87	1,4–1,7	До 4,0	3,0–4,5	57,2–61,6
№ 1	46,3 ± 6,15	0,56 ± 0,06	2,3 ± 0,47	4,26 ± 0,47	56,8 ± 1,79
№ 2	40,6 ± 3,49	0,48 ± 0,04	3,0 ± 0,52	4,92 ± 0,49	57,6 ± 1,62
№ 3	45,3 ± 6,15	0,76 ± 0,06	3,2 ± 0,47	5,26 ± 0,47	57,8 ± 1,79
№ 4	41,6 ± 3,49	0,58 ± 0,04	3,0 ± 0,52	4,72 ± 0,49	55,6 ± 1,62
№ 5	78,1 ± 4,23	1,23 ± 0,046	3,1 ± 0,26	2,22 ± 1,72	54,6 ± 1,23
№ 6	88,1 ± 4,23	1,50 ± 0,046	3,4 ± 0,26	2,42 ± 1,72	54,6 ± 1,23
Контроль	36 ± 5,76	0,53 ± 0,04	3,4 ± 0,4	4,03 ± 0,55	55,3 ± 1,84

Анализируя табл. 8, отметим, что содержание гемоглобина и количество эритроцитов у сеголетков карпа в композитных смесях № 1–5 и контроле ниже нормативов. Обеднение эритроцитов гемоглобином с 70 до 41–47 г/л можно объяснить тем, что опытная рыба фактически не впадала в зимний анабиоз [30]. Общий белок сыворотки крови (ОБСК) показывает, в первую очередь, состояние иммунной системы организма рыб. С учетом ослабленного организма рыб из-за отсутствия зимней

спячки видно, что наибольшее значение ОБСК у рыбы, кормившейся композитной смесью № 3, что характеризует наилучшее физиологическое состояние сеголетков карпа данной группы по сравнению с другими группами. В то же время все гематологические показатели крови карпа находятся в норме для рыбы, не впадавшей в зимнюю спячку.

Заключение. В результате проведенных исследований была разработана новая кормовая добавка для сеголетков карпа из отходов крупяного производства, обладающая высокой эффективностью кормления по сравнению с зерном пшеницы. Это показывает концентрация органических и минеральных веществ в единице прироста рыб (5672,47 кДЖ/кг), максимальное накопление веществ в теле рыбы (19,33 г/100 г корма). Разработанная кормовая добавка может использоваться как компонент комбикорма и как замена зерна пшеницы при кормлении карпа в конце сезона.

Список использованных источников

1. Комбикорма и кормовые добавки [Текст] / В.А. Шаршунов, Н.А. Попков, Ю.А. Пономаренко и др. — Мн.: «Экоперспектива», 2002. — 440 с.
2. Абросимова, Н. А. Кормовое сырье для объектов аквакультуры [Текст] / Н.А. Абросимова, С.С. Абросимов, Е.М. Саенко. — Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. — 144 с.
3. Никифорова Т.А. Перспективы использования вторичного сырья крупяных производств [Текст] / Т.А. Никифорова, С.М. Севериненко, Д.А. Куликов // Хлебопродукты. — 2009. — № 7. — С. 50–51.
4. Ермакова, С.В. Биологическая ценность белка кормов, используемых при выращивании карпа в условиях теплых вод [Текст] / С.В. Ермакова // Сборник научных трудов ГосНИОРХ «Эколого-физиологические основы повышения эффективности кормления рыб в индустриальном рыбоводстве». Т. 81. Ленинград, 1986. — С. 31–37.
5. Гамыгин, Е.А. Проблемы разработки и качества комбикормов для рыб [Текст] / Е.А. Гамыгин, А.Н. Канидьев, В.И. Турецкий // Труды ВНИИПРХ. Вопросы разработки и качества комбикормов. — 1989. — Вып. 57. — С. 3–8.
6. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб [Текст] / И.Н. Остроумова // ГосНИОРХ. — Санкт-Петербург, 2001. — 372 с.
7. Скларов, В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре [Текст] / В.Я. Скларов. — М.: Издательство ВНИРО, 2008. — 150 с.
8. Кошак, Ж.В. Проблемы качества сырья, используемого в комбикормах для рыб [Текст] / Ж.В. Кошак // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. Сб. научных трудов. Вып. 33/ Под общ. ред. В.Ю. Агееца. — Минск, 2017. — С. 144–156.
9. Никифорова, Т.А. Использование ячменной муки для производства растительных масел [Текст] / Т.А. Никифорова // Хлебопродукты. — 2006. — № 8. — С. 36–37.
10. Никифорова, Т.А. Ячменная мука — природный источник витаминов группы В [Текст] / Т.А. Никифорова // Хлебопродукты. — 2006. — № 9. — С. 58–59.
11. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки [Текст] / Е.Д. Казаков, В.Л. Кротович // 2-е переработанное и дополненное издание. — М.: Агропромиздат, 1989. — 368 с.
12. Никифорова, Т.А. Перспективы использования пшеничной муки [Текст] / Т.А. Никифорова, Е.М. Мельников // Хлебопродукты. — 2006. — № 12. — С. 48–49.
13. Никифорова, Т.А. Перспективы использования гречневой муки [Текст] / Т.А. Никифорова, Е.М. Мельников, В.Г. Байков, С.Г. Понаморёв // Хлебопродукты. — 2007. — № 1. — С. 46–47.
14. Пономарёв, С.Г. Исследование побочных продуктов переработки гороха [Текст] / С.Г. Пономарев // Материалы второй международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике пищевых производств». — Воронеж, 2010. — С. 115–117.
15. Егоров, Г.А. Технология муки, крупы и комбикормов [Текст] / Г.А. Егоров, Е.М. Мельников, Б.М. Максимчук. — М. Колос, 1984. — 376 с.
16. Дмитроченко, А.П. Кормление сельскохозяйственных животных [Текст] / А.П. Дмитроченко, П.Д. Пшеничный. // Изд. 2-е, доп. и перераб. — Л.: Колос (ленинградское отделение), 1975. — 480 с.
17. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре [Текст] / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. — М.: издательство ВНИПРО, 2006. — 360 с.
18. Коуи, К. Питание в кн. Биоэнергетика и рост рыб [Текст] / К. Коуи, Дж. Сарджент. — Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — С. 8–69.
19. Wilson, R.P. Amino Acid and protein // In: Halver J.E. ed., Fish nutrition., 2nd ed. Academic Press, San Diego (USA), 1989. — P. 111–151.
20. Kaushik, S. Nutrition et alimentation des poissons et contrejcd des dfichets piscicoles // Pise. Franc. № 101., 1990. — P. 14–23.
21. Винберг, Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб [Текст] / Г.Г. Винберг. — Мн.: Изд. БГУ, 1956. — 251 с.

22. Рудой, Д.В. Исследование процесса экструдирования комбикормов для рыб [Текст] / Д.В. Рудой // Вестник Казанского ГАУ. — 2014. — № 3(33). — С. 95–97.
23. Остриков, А. Экструдирование комбикормов: новые подходы и перспективы [Текст] / А. Остриков, В. Василенко // Комбикорма. — 2011. — Москва, № 8 — С. 39–42.
24. Кошак, Ж.В. Моделирование и оптимизация технологических процессов зерноперерабатывающей и хлебопекарной отрасли [Текст] / Ж.В. Кошак, А.Э. Кошак. — Минск : ИВЦ Минфина, — 2015. — 152 с.
25. Зерно. Методы определения состояния (степени деструкции) крахмала [Текст]: ГОСТ 29177-91. — Введ. 1993-01-01, переизд. август 2004. — Москва, 1993. — 7 с.
26. Берёзов, Т.Т. Биологическая химия [Текст] / Т.Т. Берёзов, Б.Ф. Коровкин — М.: Медицина, 1998. — 704 с.
27. Ленинджер, А. Основы биохимии [Текст] / А. Ленинджер. Т. 2 / Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 368 с.
28. Щербина, М.А. Переваримость и эффективность использования питательных веществ искусственных кормов у карпа [Текст] / М.А. Щербина. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 132 с.
29. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре [Текст] / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. — М.: Изд-во ВНИРО, 2006. — 360 с.
30. Остроумова, И.Н. Динамика состава крови зимующих сеголетков карпа, выращенных на разных рационах [Текст] / И.Н. Остроумова // Сборник научных трудов ГосНИОРХ «Физиология зимующего сеголетка карпа». Т. 81. Ленинград, 1972. — С. 36–58.

References

1. Sharshunov V.A., Popkov N.A., Ponomarenko YU.A. i dr. Kombikorma i kormovyye dobavki [*Compound feed and feed additives*]. Mn.: «Ekoperspektiva», 2002, 440 p. (in Russian).
2. Abrosimova N.A., Abrosimov S.S., Sayenko Ye.M. Kormovoye syr'ye dlya ob'yektov akvakul'tury. [*Feedstock for aquaculture facilities*]. Rostov-na-Donu: Everest, 2005, 144 p. (in Russian).
3. Nikiforova T.A., Severinenko S.M., Kulikov D.A. Perspektivy ispol'zovaniya vtorichnogo syr'ya krupyanykh proizvodstv [*Prospects for the use of recycled cereals*]. Khleboпродукты, 2009, no. 7, pp. 50–51 (in Russian).
4. Yermakova S.V. Biologicheskaya tsennost' belka kormov, ispol'zuyemykh pri vyrashchivani karpov v usloviyakh teplykh vod [*The biological value of protein feed used in the cultivation of carp in warm water*]. Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKH «Ekologo-fiziologicheskiye osnovy povysheniya effektivnosti kormleniya ryb v industrial'nom rybovodstve» [*The collection of scientific works of GosNIORKH "Ecological and physiological foundations of increasing the efficiency of feeding fish in industrial fish farming"*]. Т. 81. Leningrad, 1986, pp. 31–37 (in Russian).
5. Gamygin Ye. A., Kanid'yev A. N., Turetskiy V. I. Problemy razrabotki i kachestva kombikormov dlya ryb [*Problems of development and quality of compound feeds for fish*]. Trudy VNIIPRKH. Voprosy razrabotki i kachestva kombikormov [Proceedings of VNIIPRKH. Issues of development and quality of feed], 1989, no. 57. — pp. 3–8 (in Russian).
6. Ostroumova I.N. Biologicheskiye osnovy kormleniya ryb [*The biological basis of feeding fish*]. GosNIORKH [GosNIORKH]. Sankt-Peterburg, 2001, 372 p. (in Russian).
7. Sklyarov V.YA. Korma i kormleniye ryb v akvakul'ture [*Feed and feed fish in aquaculture*]. М.: Izdatel'stvo VNIRO, 2008, 150 p. (in Russian).
8. Koshak ZH.V. Problemy kachestva syr'ya, ispol'zuyemogo v kombikormakh dlya ryb [*Quality problems of raw materials used in compound feeds for fish*]. Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi. Sb. nauchnykh trudov [*Fisheries issues. Collection of scientific papers*]. Minsk, 2017, no. 33. pp. 144–156 (in Russian).
9. Nikiforova T.A. Ispol'zovaniye yachmennoy muchki dlya proizvodstva rastitel'nykh masel [*The use of barley flour for the production of vegetable oils*]. Khleboпродукты, 2006, no. 8, pp. 36–37 (in Russian).
10. Nikiforova T.A. Yachmennaya muchka — prirodnyy istochnik vitaminov gruppy V [*Barley flour — a natural source of B vitamins*]. Khleboпродукты, 2006, no. 9, pp. 58–59 (in Russian).
11. Kazakov Ye.D., Kretovich V.L. Biokhimiya zerna i produktov yego pererabotki [*Biochemistry of grain and products of its processing*]. 2-ye pererabotannoye i dopolnennoye izdaniye, М.: Agropromizdat, 1989, 368 p. (in Russian).
12. Nikiforova T.A., Mel'nikov Ye.M. Perspektivy ispol'zovaniya pshenichnoy muchki [*Prospects for the use of wheat flour*]. Khleboпродукты, 2006, no. 12, pp. 48–49 (in Russian).
13. Nikiforova T. A., Mel'nikov Ye.M., Baykov V.G., Ponomorov S.G. Perspektivy ispol'zovaniya grechnevoy muchki [*Prospects for the use of buckwheat flour*]. Khleboпродукты, 2007, no. 1, pp. 46–47 (in Russian).
14. Ponomarev S.G. Issledovaniye pobochnykh produktov pererabotki gorokha [*Pea Processing By-Products*]. Materialy vtoroy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Novaya v tekhnologii i tekhnike pishchevykh proizvodstv» [*Materials of the second international scientific and technical conference "New in technology and technology of food production"*]. Voronezh, 2010, pp. 115–117 (in Russian).

15. Yegorov G.A., Mel'nikov Ye.M., Maksimchuk B.M. Tekhnologiya muki, krupy i kombikormov [*Technology of flour, cereals and animal feed*]. M. Kolos, 1984, 376 p. (in Russian).
16. Dmitrochenko A.P., Pshenichnyy P.D. Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [*Feeding farm animals*]. Izd. 2-ye, dop. i pererab. L., Kolos (leningradskoye otdeleniye), 1975, 480 p. (in Russian).
17. Shcherbina M.A., Gamygin Ye.A. Kormleniye ryb v presnovodnoy akvakul'ture [*Freshwater fish feeding*]. M.: izdatel'stvo VNIPRO, 2006, 360 p. (in Russian).
18. Koui K., Sardzhent Dzh. Pitaniye. V kn. Bioenergetika i rost ryb [Food. In the book. Bioenergy and fish growth]. Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1983, pp. 8–69 (in Russian).
19. Wilson R.P. Amino Acid and protein. In: Halver J.E. ed., Fish nutrition., 2nd ed. Academic Press, San Diego (USA), 1989, pp. 111–151.
20. Kaushik S. Nutrition et alimentation des poissons et contrôle des déchets piscicoles. Pise. Franc. no. 101., 1990, pp. 14–23.
21. Vinberg G.G. Intensivnost' obmena i pishchevyye potrebnosti ryb [*Exchange rate and nutritional needs of fish*]. M., Izd. BGU, 1956, 251 p. (in Russian).
22. Rudoy D. V. Issledovaniye protsessa ekstrudirovaniya kombikormov dlya ryb [Investigation of the process of extrusion of feed for fish]. Vestnik Kazanskogo GAU, 2014. no. 3(33), pp. 95–97 (in Russian).
23. Ostrikov A., Vasilenko V. Ekstrudirovaniye kombikormov: novyye podkhody i perspektivy [Compound feed extrusion: new approaches and perspectives]. Kombikorma, 2011, Moscow, no. 8, pp. 39–42 (in Russian).
24. Koshak ZH.V., Koshak A.E. Modelirovaniye i optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov zernopererabatyvayushchey i khlebopekarnoy otrasli [*Modeling and optimization of technological processes of grain processing and baking industry*]. Minsk : IVTS Minfina, 2015, 152 p. (in Russian).
25. GOST 29177-91. Zerno. Metody opredeleniya sostoyaniya (stepeni destrukttsii) krakhmala [*State Standard 29177-91. Grain. Methods for determining the state (degree of destruction) of starch*]. Moscow, 1993, 7 p. (in Russian).
26. Berozov T.T., Korovkin B.F. Biologicheskaya khimiya [*Biological chemistry*]. 3-ye izd., M.: Meditsina, 1998, 704 p. (in Russian).
27. Lenindzher A. Osnovy biokhimii [*The basics of biochemistry*]. V 3-kh tt. T. 2 / Per. s angl., M.: Mir, 1985, 368 p. (in Russian).
28. Shcherbina M.A. Perevarimost' i effektivnost' ispol'zovaniya pitatel'nykh veshchestv iskusstvennykh kormov u karpa [*Digestibility and efficiency of use of nutrients of artificial feed in carp*]. M.: Pishchevaya promyshlennost', 1973, 132 p. (in Russian).
29. Shcherbina M.A., Gamygin Ye.A. Kormleniye ryb v presnovodnoy akvakul'ture [*Freshwater fish feeding*]. M.: Izd-vo VNIRO, 2006, 360 p. (in Russian).
30. Ostroumova I.N. Dinamika sostava krovi zimuyushchikh segoletkov karpa, vyrashchennykh na raznykh ratsionakh [*Blood composition dynamics of wintering carp yearlings grown on different diets*]. Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKH «Fiziologiya zimuyushchego segoletka karpa» [*Collection of scientific works of GosNIORKH "Physiology of the wintering year-old carp"*]. T. 81. Leningrad, 1972, pp. 36–58 (in Russian).

Информация об авторах

Кошак Жанна Викторовна — кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@gmail.com

Зенович Наталья Викторовна — младший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nata.zenovich@mail.ru

Кошак Артур Эдуардович — кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 8849619@gmail.com

Information about authors

Koshak Zhanna V. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, head of the feed laboratory of the RUE «Institute for Fish Industry» National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Zenovich Natalya V. — Junior Researcher at the feed laboratory of the RUE «Institute for Fish Industry» National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nata.zenovich@mail.ru

Koshak Arthur E. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, senior researcher at the feed laboratory RUE «Institute for Fish Industry» National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 8849619@gmail.com

Ю.Ф. Росляков, О.Л. Вершинина, В.В. Гончар

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ИК-ОБРАБОТКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ АРАХИСА

Аннотация. Статья посвящена исследованию влияния температурных режимов ИК-обработки на функциональные свойства белков семян арахиса. Функциональные свойства белков семян арахиса не в полной мере отвечают требованиям хлебопекарной промышленности, а процессы их модификации разработаны недостаточно. В связи с этим была проведена модификация белков семян арахиса путем ИК-обработки с целью придания им функциональных свойств. Установлена зависимость функциональных свойств белков семян арахиса от конечной температуры ИК-обработки. Предложен оптимальный температурный режим ИК-обработки семян арахиса, который позволяет получить белково-арахисовую массу (БАМ) с определенными технологическими свойствами для дальнейшего использования при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой и биологической ценности.

Ключевые слова: белки семян арахиса, инфракрасная обработка, температурный режим, модификация, функциональные свойства, хлебобулочные изделия

Yu.F. Roslyakov, O.L. Vershinina, V.V. Gonchar

FGBOU VO "Kuban State Technological University", Krasnodar, Russian Federation

INFLUENCE OF TEMPERATURE MODES OF IR PROCESSING ON THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF ARACHIS PROTEINS

Abstract. The article is devoted to the study of the influence of temperature regimes of IR treatment on the functional properties of peanut seed proteins. The functional properties of peanut seed proteins do not fully meet the requirements of the baking industry, and their modification processes are not well developed. In this regard, a modification was carried out by IR treatment of peanut seeds of peanut seed proteins by IR treatment in order to give them functional properties. The dependence of the functional properties of the peanut seed proteins on the final temperature of the IR treatment was established. An optimal temperature regime for IR treatment of peanut seeds has been proposed, which makes it possible to obtain protein-peanut mass (BAM) with certain technological properties for further use in the production of bakery products of high nutritional and biological value.

Keywords: peanut seed proteins, infrared processing, temperature control, modification, functional properties, bakery products

Решение проблемы повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания, в том числе хлебобулочных изделий, связано с улучшением их химического состава — обогащением полноценными белками, витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами путём использования в качестве добавок высокобелковых продуктов растительного происхождения, в частности, продуктов переработки семян арахиса.

Функциональные свойства белков семян арахиса не в полной мере отвечают требованиям хлебопекарной промышленности, а процессы модификации их разработаны недостаточно. Среди способов получения растительных белков с заданными функциональными свойствами наиболее перспективными являются способы, основанные на ограниченной термоденатурации белков масличных семян. Одним из таких способов является инфракрасная (ИК) обработка излучением с длиной электромагнитных волн 0,76–5,3 мкм [1]. Источник ИК-излучения создаёт электромагнитное поле, служащее носителем энергии, тепловая энергия передаётся с помощью этого поля и поглощается предметами окружающей среды, т.е. атомами облучаемого вещества [2]. Особенностью передачи тепла

материалам, нагреваемым инфракрасным излучением, по сравнению с конвективной передачей, является возможность создания во много раз большей плотности теплового потока.

Применение ИК-излучения создаёт возможность проникновения электромагнитной волны в такие капиллярно-пористые продукты, как зерно, крупа, мука и т.п. на глубину до 7 мм. Эта величина зависит от характера поверхности, структуры, свойств материала и частотной характеристики излучения. Специфическое воздействие ИК-излучения на пищевые продукты и зерновое сырьё связано с интенсификацией процессов биохимических превращений вследствие резонансного воздействия поглощаемой энергии на связи атомов в молекулах, частоты колебаний которых совпадают или кратны частоте потока ИК-излучения. Энергия отдельных химических связей соизмерима с энергией фотонов ИК-излучения [3] и электромагнитная волна определённого частотного ИК-диапазона оказывает не только термическое, но и биологическое воздействие на продукт, способствуя ускорению биохимических превращений в биологических полимерах – крахмале, белке, липидах. Таким образом, инфракрасный нагрев семян арахиса создаёт возможность целенаправленно изменять биохимические свойства этого продукта, повышая тем самым его питательную ценность.

В работе были определены функциональные свойства белков семян арахиса: влагоудерживающая способность (ВУС), эмульгирующая способность (ЭС), жирудерживающая способность (ЖУС), пенообразующая способность (ПОС), стабильность пены (СП), а также коэффициенты ПОС и СП [4]. Исследования показали, что эмульгирующая, жирудерживающая и пенообразующая способности белкового продукта из исходных необработанных семян арахиса были низкими. В связи с этим была проведена модификация функциональных свойств белков путем ИК-обработки семян арахиса. В качестве элемента инфракрасного излучения применяли лампы (светлые излучатели) КГТ 220-1000, которые дают максимум потока излучения в области 0,8–2,0 мкм. Для изучения влияния ИК-нагрева на изменение функциональных свойств белков арахиса очищенные от примесей семена размещали на сетчатом поддоне в один слой и помещали в камеру сушильного шкафа. В процессе эксперимента варьировалась конечная температура ИК-обработки семян арахиса от 55 до 95 °С с шагом 10 °С.

После ИК термообработки семена измельчали, обезжиривали гексаном и высушивали при комнатной температуре под тягой в вытяжном шкафу, затем определяли функциональные свойства белков.

Установлено, что наиболее высокие функциональные свойства белков имеют семена арахиса термомодифицированные в течение 180 с при конечной температуре ИК-обработки 85 °С (рис. 1, 2).

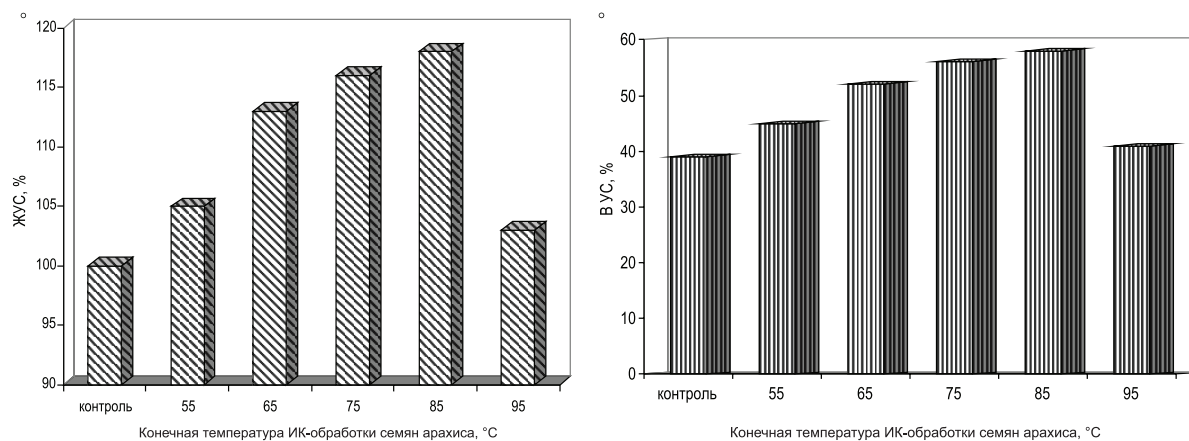


Рис. 1. Изменение влаго- и жирудерживающей способности белков арахиса при различных температурных режимах ИК-обработки

Fig. 1. Changes in the moisture and fat retention capacity of peanut proteins at different temperature conditions of IR processing

Анализ полученных данных показал, что, наиболее высокие показатели функциональных свойств белков семян арахиса проявились при ИК-обработке с конечной температурой 85 °С. С увеличением конечной температуры ИК-обработки семян арахиса до 95–100 °С было зафиксировано снижение показателей исследуемых функциональных свойств. Очевидно, это связано с увеличением температурного воздействия на белки, в результате которого интенсивно протекают сахароаминные реакции, взаимодействие с липидами, прежде всего содержащими окисленные группы, фосфолипидами и происходит более глубокая денатурация белков. Все эти реакции связаны с потерей аминокислот белков и, прежде всего незаменимых, отсутствие которых нежелательно в продуктах питания человека.

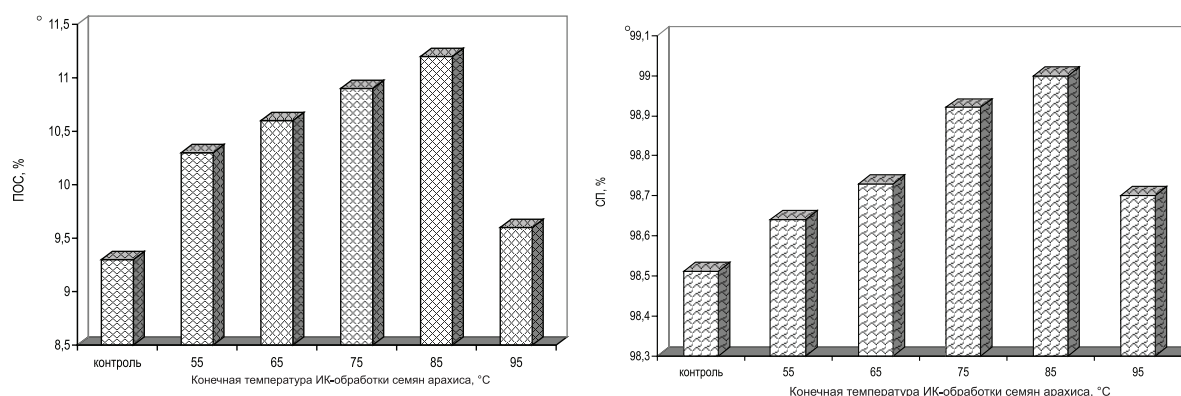


Рис. 2. Изменение пенообразующей способности и стабильности пены белков семян арахиса при различных температурных режимах ИК-обработки

Fig. 2. Changes in the foaming ability and stability of the peanut seed protein foam at various IR temperatures

Экспериментально установленные параметры ИК-обработки семян арахиса обеспечивают получение белковой арахисовой массы с заданными технологическими свойствами, которую целесообразно использовать при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой и биологической ценности.

Список использованных источников

1. Хлебобулочные, макаронные и кондитерские изделия нового поколения. — изд. 2-е, переработ. и доп. / Ю.Ф. Росляков, О.Л. Вершинина, В.В. Гончар; под ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.Ф. Рослякова. — Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2014. — 184 с.
2. Росляков, Ю.Ф. Научные основы разработки хлебобулочных изделий функционального назначения / Ю.Ф. Росляков, О.Л. Вершинина, В.В. Гончар // Хлебопекарное и кондитерское производство. — 2009. — № 8. — С. 34–36.
3. Гончар, В.В. Использование порошка из клубней топинамбура в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / В.В. Гончар, О.Л. Вершинина, Ю.Ф. Росляков // Хлебопродукты. — 2013. — № 10. — С. 46–47.
4. Способ приготовления хлебобулочного изделия : пат. RU 2173521 / Н.Н. Корнен, В.И. Мартовшук, З.И. Асмаева, Ю.Ф. Росляков, О.Л. Вершинина, А.В. Лобанов ; опубл. 23.02.2000.
5. Способ производства хлебобулочного изделия : пат. RU 2436312 / О.И. Квасенков, Ю.Ф. Росляков, В.В. Гончар ; опубл. 20.12.2011.
6. Способ приготовления хлебобулочного изделия : пат. RU 2319380. МПК А 21 Д 2/36, А 21 Д 8/02 / Е.В. Романова, А.С. Джабоева, Ю.Ф. Росляков ; опубл. 22.06.2006.
7. Способ приготовления крекера : пат. RU 2248708, МПК 7 А 21 Д 13/08 / Н.В. Ходус, И.Б. Красина, Ю.Ф. Росляков, А.М. Осипов ; опубл. 03.12.2002.
8. Способ получения хлебобулочного изделия: пат. RU 2195122. МКИ 7 А 21 Д 8/02 / Ю.Ф. Росляков, О.И. Квасенков ; опубл. 07.05.2001.

References

1. Bakery, pasta and confectionery products of new generation. — ed. 2-e reprocessing. and DOP. / Roslyakov Yu.F., Verzhinin O.L., Gonchar V.V.; ed. d-RA tekhn. Sciences, prof. Yu.F. Roslyakova. — Krasnodar: Publishing House. FGBOU VPO «Kuban state University», 2014. — 184 p. (in Russian).
2. Roslyakov Yu. F., Verzhinin O. L., Gonchar V.V. Scientific bases of development of bakery products of a functional purpose. Bakery and confectionery production, 2009, no. 8, pp. 34–36 (in Russian).
3. Gonchar V.V., Verzhinina O.L., Roslyakov Yu.F. Use of Jerusalem artichoke powder in bakery and flour confectionery technology. Khleboпродукты, 2013, № 10, pp. 46–47 (in Russian).
4. Kornen N.N., Martovshchuk V.I., Asmaeva Z.I., Roslyakov Yu.F., Verzhinina O.L., Lobanov A.V. The method of preparation of bakery products. Patent RF, no. 2173521, 23.02.2000 (in Russian).
5. Kvasenkov O.I., Roslyakov Yu.F., Gonchar V.V. Method for the production of bakery products. Patent RF, no. 2436312, 12.20.2011 (in Russian).
6. Romanova E.V., Dzhaboeva A.S., Roslyakov Yu.F. Method of preparation of bakery products. Patent RF, no. 2319380. IPC A 21 D 2/36, A 21 D 8/02, 22.06.2006 (in Russian).

7. Khodus N.V., Krasina I.B., Roslyakov Yu.F., Osipov A.M. Cracker cooking method. Patent RF, no. 2248708, МПК7 А 21 D 13/08, 12.03.2002 (in Russian).
8. Roslyakov Yu.F., Kvasenkov O.I. A method of producing a bakery product. Patent RF, no. 2195122. МКІ7 А21D8 / 02, 07.05.2001 (in Russian).

Информация об авторах

Росляков Юрий Федорович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техники и технологии хлебопродукто, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» (ул. Московская, 2, 350072, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Вершинина Ольга Львовна — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры техники и технологии хлебопродуктов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» (ул. Московская, 2, 350072, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: verшинina1964@mail.ru

Гончар Виктория Викторовна — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры техники и технологии хлебопродуктов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» (ул. Московская, 2, 350072, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: artemgonchar15@mail.ru

Information about authors

Roslyakov Yuri F. — Dr. Tech. Science, professor of the department of techniques and bread-making technologies FGBOU VO «Kuban State Technological University» (2, Moskovskaya st., 350072, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Vershinina Olga L. — Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the department of techniques and bread-making technologies, FGBOU VO «Kuban State Technological University» (2, Moskovskaya st., 350072, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: verшинina1964@mail.ru

Gonchar Viktoria V. — Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the department of techniques and bread-making technologies, FGBOU VO «Kuban State Technological University» (2, Moskovskaya st., 350072, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: artemgonchar15@mail.ru

УДК 663.433

Поступила в редакцию 09.08.2019
Received 09.08.2019**А.А. Шепшелев, А.В. Куликов, А.А. Литвинчук, А.С. Данилюк***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА НА ОСНОВЕ БИОСТИМУЛЯЦИИ

Аннотация. В статье указана необходимость интенсификации процесса производства солода за счет повышения энергии и способности прорастания зерна, сокращения продолжительности процесса солодоращения при сохранении высоких показателей качества солода. Обоснована актуальность применения озонных технологий для интенсификации процесса солодоращения и повышения качества солода. Описан порядок проведения экспериментальных исследований с целью установления влияния озонной обработки на стадии замачивания ячменя. Определены качественные, технологические и микробиологические показатели получаемого солода при дополнительной обработке озоном. Разработана схема подачи озono-воздушной смеси с привязкой к имеющемуся оборудованию на ОАО «Белсолод». Рассчитана возможная экономия электроэнергии с использованием озонных технологий при производстве солода.

Ключевые слова: зерно, солод, озон, технология, биостимуляция, качественные показатели, оборудование

A.A. Shepshelev, A.V. Kulikou, A.A. Litvinchuk, A.S. Danilyuk*RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk,
Republic of Belarus*

INTENSIFICATION OF PRODUCTION OF MALT ON THE BASIS OF BIOSTIMULATION

Abstract. The article indicates the need to intensify the malt production process by increasing the energy and ability of grain to germinate, reducing the duration of the malting process while maintaining high malt quality indicators. The relevance of the use of ozone technologies to intensify the process of malting and improve the quality of malt is substantiated. The procedure for conducting experimental studies to establish the effect of ozone treatment at the stage of soaking barley is described. The qualitative, technological and microbiological indicators of the malt produced with additional ozone treatment were determined. A scheme for the supply of ozone-air mixture with reference to the existing equipment of JSC “Belsolod” was developed. Calculated energy savings using ozone technology in the production of malt.

Keywords: grain, malt, ozone, technology, biostimulation, quality indicators, equipment

Введение. Приготовление солода – сложный комплекс специфических процедур, состоящий из очистки, сортировки, замачивания и рашения зерна, сушки, а также обработки солода. Физико-химические показатели готового солода, в т.ч. и содержание в нем витаминов, аминокислот и других веществ, зависят в немалой степени от технологической схемы его производства. Несмотря на отличия в технологической схеме на каждом конкретном предприятии, существует ряд общих моментов, связанных с производством солода [1]:

- ♦ недостаточно высокая энергия и способность прорастания зерна для переработки на солод, связанная с нарушениями агротехники возделывания, особенностями климатических условий, неудовлетворительными условиями сбора и хранения урожая и т.д.;
- ♦ необходимость сокращения продолжительности процесса солодоращения, при сохранении высоких показателей качества солода (ферментативной активности);

Данные вопросы актуальны и для основного производителя пивоваренного солода в Республике Беларусь – ОАО «Белсолод», перед которым, с учётом мировых тенденций, стоит задача поиска

новых путей повышения эффективности производства солода [2–4], изготавливаемого из отечественного зернового сырья, повышения его качества и расширения экспортных возможностей.

Исходя из вышеизложенного, специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» предлагается научно-обоснованное использование озонных технологий при производстве солода, что позволит решить проблему стимуляции биохимических процессов в зерне на стадиях его замачивания и проращивания солода [5].

Актуальность использования технологий озонирования подтверждена ранее проведенными экспериментальными исследованиями по озонированию зерна ржи, по результатам которых установлено повышение энергии прорастания и всхожести зерна на 7–8 %, сокращение продолжительности ращения, улучшение качественных показателей (цвета, микробиологической обсемененности) и др.

Основная часть. С целью повышения энергии и способности прорастания зерна для переработки на солод, сокращения продолжительности процесса солодоращения, при сохранении высоких показателей качества солода, запланировано проводить обработку ячменя озono-воздушной смесью на стадии замачивания зерна. Выбор данного способа озонирования обосновывается тем, что использование озонированной воды не только положительно влияет на процессы жизнедеятельности зерна при его проращивании, способствует более быстрому замачиванию, лучшему отмыванию зерна, но и позволяет при меньших затратах обеспечить необходимый уровень охраны труда, поскольку при прохождении озono-воздушной смеси сквозь толщу воды и зерна, учитывая большое количество органических веществ и развитую поверхность контакта, будет происходить активное и практически полное разложение озона.

В связи с этим первым этапом работы являлось исследование по применению озона при замачивании ячменя в лабораторных условиях ОАО «Белсолод» с использованием разработанной экспериментальной установки (рис. 1).

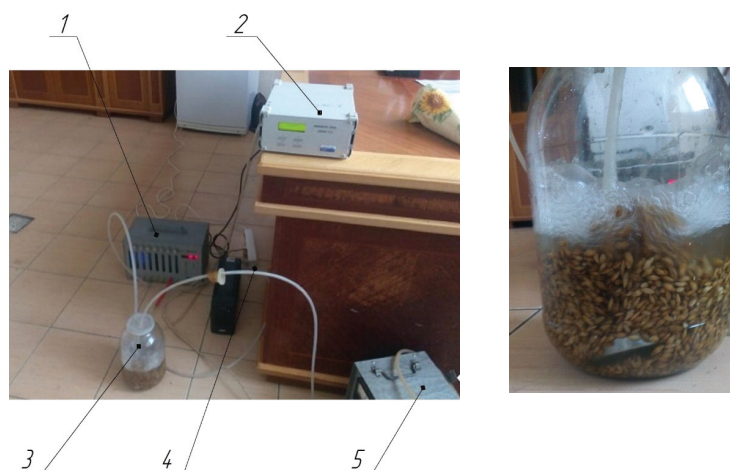


Рис. 1. Экспериментальная установка для озонирования зерна на стадии его замачивания:

1 – аспиратор; 2 – газоанализатор; 3 – ёмкость с аэратором для обработки;
4 – система трубок; 5 – озонатор

Fig. 1. Experimental installation for ozonization of grain at the stage of its soaking: 1 – aspirator;
2 – gas analyzer; 3 – tank with aerator for processing; 4 – tube system; 5 – ozonizer

При проведении исследований использовали 2 образца ячменя (№ 1 и № 2) урожая 2018 г. Образец № 1 имел следующие качественные показатели: влажность – 13,0 %, содержание белка – 12,5 %, крупность – 80,0 %, мелкое зерно – 2,0 %, зерновая примесь – 7,0 %, сорная примесь – 0,8 %, энергия/способность прорастания – 93–94 %. А образец № 2 следующие показатели: влажность – 11,9 %, содержание белка – 10,3 %, крупность – 76,0 %, мелкое зерно – 4,9 %, зерновая примесь – 4,9 %, сорная примесь – 2,0 %, энергия/способность прорастания – 96 %.

Принцип работы экспериментальной установки (рис. 1): генератор озона вырабатывал озono-воздушную смесь различной концентрации, которая при помощи аспиратора просасывалась через слой зерна с водой, при этом образовывалась значительная турбулентность и происходило качественное перемешивание водно-зерновой смеси.

Процесс озонирования зерна при замачивании проводили в следующей последовательности.

Отмеряемое количество зерна (по 1 кг) было размещено в коробах микросолодовни. Обрабатываемые и контрольные образцы были одновременно помещены в ёмкость для замачивания. Затем

поочерёдно образцы из короба помещались в ёмкость с водой для обработки озono-воздушной смесью установленных концентраций и различной продолжительности (табл. 1–2). Для обеспечения более качественного контакта зерна с озono-воздушной смесью периодически (каждые 2–3 мин) проводили перемешивание водно-зерновой смеси в ёмкости. С помощью газоанализатора определяли концентрацию озона в озono-воздушной смеси.

Далее процесс рашения солода проходил по установленным технологическим режимам на имеющейся на ОАО «Белсолод» микросолодовне.

Полученные результаты при получении солода из образца ячменя № 1 представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты при получении солода из образца ячменя № 1

Table 1. The results of obtaining malt from a sample of barley № 1

№ пробы	Продолжительность обработки / концентрация	Наклёв/развилка, %	Влажность, %
1	Без озона	91/12	43,2
2	45мин / 45мг/л	98/2	44,3
3	40мин / 45мг/л	96/6	43,9
4	35мин / 45мг/л	93/3	43,7
5	30мин / 45мг/л	94/6	44,3
6	25мин / 45мг/л	92/3	43,1
7	20мин / 45мг/л	96/9	42,9
8	45мин / 90мг/л	95/4	44,2

Полученные результаты при получении солода из образца ячменя №2 представлены в табл. 2

Таблица 2. Результаты при получении солода из образца ячменя №2

Table 2. The results of obtaining malt from a sample of barley №2

№ пробы	Продолжительность обработки / концентрация	Наклёв/развилка, %	Влажность, %
1	Без озона	97/5	35,4
2	30мин / 90мг/л	95/10	36,3
3	60мин / 90мг/л	95/6	36,8
4	60мин / 120мг/л	94/3	34

Качественные показатели солода из образца ячменя № 1 представлены в табл. 3.

Таблица 3. Качественные показатели солода из образца ячменя № 1

Table 3. Qualitative indicators of malt from barley sample № 1

№ пробы	Продолжительность обработки / концентрация	Массовая доля экстракта ВСВ/АСВ, %	Цвет сусла, цв.ед	Кислотность, к.ед.	Фриабильность, %	Бетагл.	Осахаривание, мин	К-во зерен, % (мучнистых / стекловидных / темных)
1	Без озона	76,4/80,8	0,28	1	-	280	15	78-3-0
2	45мин / 45мг/л	76,6/80,9	0,25	1	-	344	15	77-0-0
3	40мин / 45мг/л	76,4/80,8	0,27	1	-	304	15	79-1-0
4	35мин / 45мг/л	76,3/80,6	0,25	1	-	385	15	70-3-0
5	30мин / 45мг/л	76,1/80,4	0,24	1	-	357	15	71-4-0
6	25мин / 45мг/л	76,3/80,6	0,23	1	-	419	15	73-3-0
7	20мин / 45мг/л	76,6/80,8	0,24	1	70	477	15	74-3-0
8	45мин / 90мг/л	76,6/80,9	0,25	1	72	488	15	76-2-0

Качественные показатели солода из образца ячменя № 2 представлены в табл. 4.

Исследования по влиянию озонирования на образец ячменя № 1 проводились при концентрации озона 45–90 мг/л и холодном режиме солодоращения, которые не показали значительного улучшения качественных показателей солода. В связи с чем при обработке образца ячменя № 2 было принято решение о повышении концентрации озона от 90 до 120 мг/л и осуществлении процесса солодоращения при теплом режиме, что позволило получить улучшение следующих показателей солода:

- ♦ увеличение массовой доли экстракта на 2,2 % по сравнению с контрольным не обработанным озоном образцом (с 76,7 % до 78,7 %);
- ♦ повышение фриабильности на 3–5 % (с 94 % до 97–99 %);
- ♦ уменьшение содержания бетаглюканов с 167 до 46–57 мг/л.

Таблица 4. Качественные показатели солода из образца ячменя №1

Table 4. Qualitative indicators of malt from barley sample №1

№ пробы	Продолжительность обработки / концентрация	Массовая доля экстракта, ВСВ/ АСВ, %	Цвет сусла, цв.ед.	Кислотность, к.ед.	Фриабильность, %	Бета-гл.	Осахаривание, мин	К-во зерен, % (мучнистых / стекловидных / темных)
1	Без озона	76,7 / 81,5	0,21	1	94	167	15	97-0-0
2	30 мин / 90 мг/л	78,4 / 82,2	0,25	1	98	57	15	99-0-0
3	60 мин / 90мг/л	78,4 / 82,3	0,28	1	99	49	15	99-0-0
4	60 мин / 120 мг/л	78,7/82,8	0,25	1	97	46	15	99-0-0

Также, во время озонирования в процессе замачивания наблюдалось более интенсивное «отмывание» оболочки ячменя.

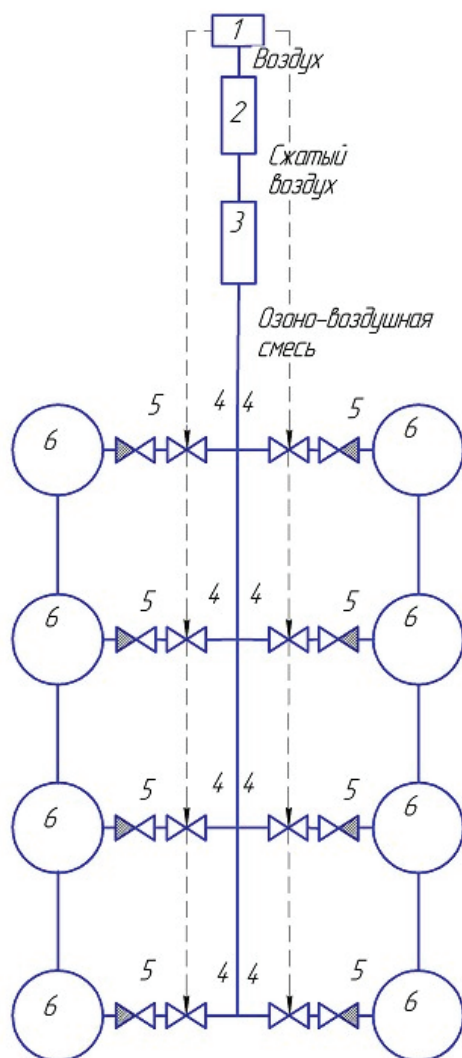


Рис. 2. Схема подачи озono-воздушной смеси к замочным чанам ОАО «Белсолод»: 1 – пульт управления; 2 – компрессор; 3 – озонатор; 4 – клапан-распределитель; 5 – обратный клапан; 6 – замочный чан

Fig. 2. Scheme of supply of ozone-air mixture to the lock vats of JSC “Belsolod”: 1 – control panel; 2 – compressor; 3 – ozonizer; 4 – valve; 5 – check valve; 6 – lock vat

Вышеуказанные положительные результаты по озонированию зерна на стадиях его замачивания и проращивания солода позволили судить о целесообразности разработки и внедрении в производственный процесс ОАО «Белсолод» технологии и необходимого промышленного оборудования для биостимуляции (системы генерации и распределения озono-воздушной смеси), которое позволит осуществлять подачу озono-воздушной смеси в процессе мойки под давлением к восьми замочным чанам, оснащённым аэрлифтами. Предлагаемая схема подачи озono-воздушной смеси с привязкой к имеющемуся оборудованию (замочным чанам) ОАО «Белсолод» представлена на рис. 2.

Результаты проведенных расчетов и анализ работы имеющегося оборудования ОАО «Белсолод» показали, что за счет биостимуляции озонem процесс производства солода можно сократить со 120 ч (5 сут. при существующей технологии) до 112 ч (на 7 %). Учитывая, что в процессе проращивания солода на грядках осуществляется постоянная его продувка вентиляторами и, принимая во внимание мощность установленных вентиляторов на каждой грядке 110 кВт (2*55 кВт), количество грядок (8), среднее количество циклов на одной грядке (65 циклов в год) и стоимость электроэнергии (0,2288 руб./кВт·ч), можно рассчитать годовую экономию электроэнергии (без учета экономии воды):

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (110 \times 8 \times (120 - 112) \times 65) \times 0,2288 = 104\,699 \text{ руб./год.}$$

Таким образом, использование озона в процессе солодоращения — это перспективное направление, требующее дальнейшего изучения и последующего использования в производственных условиях, т.к. на данный момент установлено положительное влияние озона на способность прорастания зерна, повышение экстрактивности, уменьшение содержания бетаглюканов. Помимо этого, преимущество внедрения новых озонных технологий заключается в том, что увеличение производительности солодовни происходит не за счёт наращивания производственных мощностей, что требует немало материальных затрат, а за счёт интенсификации технологии на имеющемся на предприятии оборудовании.

Список использованных источников

1. Нарцисс, Л. Технология солодоращения. Пивоварение / Л. Нарцисс; пер. нем. 7-е изд. — СПб.: Профессия, 2007. — Т. 1. — 548 с.
2. Киселева, Т.Ф. Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса органических кислот / Т.Ф. Киселева, Ю.Ю. Миллер, Ю.В. Гребенникова, Е.И. Стабровская // Техника и технология пищевых производств. — 2016. — Т.40. — № 1. — С. 11–15.
3. Миракова, И.С. Повышение ферментативной активности светлого ячменного солода путем использования в технологии солодоращения некогерентного красного света / И.С. Миракова, О.В. Савина, С.А. Руделев // Естественные и технические науки. — 2012. — № 2. — С. 16–21.
4. Мякина, И.А. Активация процесса солодоращения гуминовыми кислотами сапропеля / И. А. Мякина [и др.] // Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов питания: материалы докл. регион. науч.-практ. конф., Иркутск, 17–19 октября, 2006 г. / Иркутский гос. техн. ун-т; редкол. Евстафьев С. Н. [и др.]. — Иркутск, 2006. — С. 12–16.
5. Меледина, Т.В. Биохимические процессы при производстве солода: учеб. пособие / Т.В. Меледина, И.П. Прохорчик, Л.И. Кузнецова. — СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013 — 89 с.

References

1. Nartsiss L. Tekhnologiya solodorashcheniya. Pivovareniye [Technology malting. Brewing]. — SPb, Profession, 2007, V.1, 548 p. (in Russian).
2. Kiseleva T.F., Miller Yu.Yu., Grebennikova Yu.V., Stabrovskaya Ye.I. Vozmozhnost' intensifikatsii solodorashcheniya posredstvom ispol'zovaniya kompleksa organicheskikh kislot [The possibility of intensification of malting by using the complex of organic acids]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Technique and technology of food production, 2017, V.40, no.1, pp. 11–15 (in Russian).
3. Mirakova I.S., Savina O.V., Rudelev S.A. Povysheniye fermentativnoy aktivnosti svetlogo yachmennogo soloda putem ispol'zovaniya v tekhnologii solodorashcheniya nekogerentnogo krasnogo sveta [Enhancing the enzymatic activity of light barley malt through the use of non-coherent red light in the technology of malting]. Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki = Natural and technical sciences, 2012, no.2, pp. 16–21 (in Russian).

4. Myakina I.A. Aktivatsiya protsessa solodorashcheniya guminovymi kislotami sapropelya [*Activation of the malting process with humic acids of sapropel*]. Pishchevyye tekhnologii, kachestvo i bezopasnost' produktov pitaniya: materialy dokl. region. nauch.-prakt. konf. [*Food technology, quality and food safety: materials of the report. region. scientific-practical conf.*]. Irkutskiy gos. tekhn. un-t [*Irkutsk State. tech. un-t*]. – Irkutsk, 2006, pp. 12–16 (in Russian).
5. Meledina T.V., Prokhorchik I.P., Kuznetsova L.I. Biokhimicheskiye protsessy pri proizvodstve soloda: ucheb. posobiye [*Biochemical processes in the production of malt: studies. manual*]. – SPb, ITU ITMO; IHiBT, 2013, 89 p. (in Russian).

Информация об авторах

Шеншелев Александр Анатольевич – кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Куликов Алексей Валентинович – кандидат технических наук, и.о. начальника отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ont_i_t@mail.ru

Литвинчук Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com

Данилюк Александр Сергеевич – младший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com

Information about authors

Shepshelev Alexander A. – PhD in technical Sciences, Deputy Director General for scientific work of RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Kulikov Alexey V. – candidate of technical sciences, acting Head of the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ont_i_t@mail.ru

Litvinchuk Aleksandr A. – candidate of technical sciences, senior researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). Email: newteh@belproduct.com

Danilyuk Alexander S. – Junior Researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com

А.В. Кантерова, С.И. Леонович, А.В. Савчик, Е.И. Ладутько, Г.И. Новик

Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ КАРОТИНСИНТЕЗИРУЮЩИХ ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ

Аннотация. Из природных источников изолированы штаммы каротинсинтезирующих дрожжевых грибов. На основании исследования морфологии колоний и клеток дрожжей, а также анализа нуклеотидной последовательности гена 18S рРНК штаммы отнесены к родам *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Rhodosporidium*, *Sporobolomyces*, *Rhodosporidiobolus*. В фонд Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов введены два новых рода дрожжевых грибов: *Cystofilobasidium*, *Rhodosporidiobolus* и три новых вида дрожжевых грибов: *Rhodosporidium azoricum*, *Rhodosporidium kratochvilovae*, *Rhodotorula graminis*. Отобранные штаммы в перспективе могут быть использованы в биотехнологическом производстве пищевых и кормовых каротинсодержащих добавок.

Ключевые слова: дрожжи, молекулярно-генетическая идентификация, пищевые каротинсодержащие добавки

A.V. Kanterova, S.I. Leanovich, A.V. Savchik, A.I. Ladutska, G.I. Novik

Institute of Microbiology, National Academy of Sciences, Minsk, Republic of Belarus

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND MOLECULAR-GENETIC IDENTIFICATION OF CAROTENESYNTHESISING YEAST-LIKE FUNGI

Abstract. Strains of yeast-like fungi – sources of carotenoids were isolated from natural sources. Based on morphological examination of yeast colonies and cells and nucleotide sequence analysis of 18S rRNA genes strains were referred to genera *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Rhodosporidium*, *Sporobolomyces*, *Rhodosporidiobolus*. Two new genera of yeast-like fungi (*Cystofilobasidium*, *Rhodosporidiobolus*) and three new species (*Rhodosporidium azoricum*, *Rhodosporidium kratochvilovae*, *Rhodotorula graminis*) were entered in to the stock of Belarusian collection of non-pathogenic microorganisms. Selected strains may be potentially used in biotechnological manufacturing of carotene-containing food and feed additives.

Keywords: yeast, molecular genetic identification, food carotene-containing additives

Введение. Дрожжевые грибы служат объектами различных биотехнологических процессов. Например, представители рода *Rhodotorula* синтезируют экзополисахариды, содержащие до 92,8 % применяемого в пищевой промышленности маннана [1], используются для получения возобновляемого вида топлива – биодизеля [2]. Штаммы каротинсинтезирующих дрожжевых грибов применяются в производстве лечебно-профилактических препаратов, пищевых и кормовых добавок, а также в комплексных процессах очистки сточных вод [3]. Отличительной особенностью красных дрожжей является образование в стационарной фазе роста большого количества каротиноидов [3]. В перечень основных каротиноидов, синтезируемых дрожжевыми грибами, входят: -каротин, то-рулен и торулародин. Каротиноиды являются источником провитамина А, кроме того, каротиноиды могут использоваться в качестве пищевых красителей, антиоксидантов и противораковых агентов [4].

Цель исследования – изучение морфологии колоний и клеток вновь выделенных из природных источников каротинсинтезирующих дрожжей, молекулярно-генетическая идентификация культур, пополнение фонда Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов (БКМ) физиологически активными штаммами дрожжевых грибов, перспективными для использования в производстве микробных каротиноидов.

Материалы и методы. Объектами исследований служили штаммы дрожжевых грибов, изолированные нами из образцов природных материалов (цветов примулы, флокса, астры, клевера, бархатцев,

листьев сныти и ягод малины). Для выделения дрожжевых грибов проводили посев смывов с образцов растительных материалов методом истающего штриха на среду сусло-агар и инкубировали при температуре 25 °С.

Проверку способности дрожжей к сбраживанию источников углерода (сахароза, глюкоза, галактоза, раффиноза, мальтоза, крахмал, инулин, лактоза) проводили с использованием трубок Дунбара [5]. Для получения 2 % концентрации (для раффинозы – 6 %) источники углерода растворяли в 0,5 %-ном растворе дрожжевого экстракта. Растворы разливали по трубкам Дунбара. Посев производили культурами, выращенными на сусло-агаре. Тест проводили в трёх кратной повторности. Инкубация длилась 5–7 сут. О способности к сбраживанию сахара свидетельствовало образование газа в закрытом колене трубки.

Для определения видовой принадлежности дрожжей проводилось секвенирование по Сэнгеру [6]. Данный метод требовал выделения ДНК исследуемых штаммов, накопления объема выделенной нуклеиновой кислоты при помощи ПЦР-реакции, а также очистки образца ДНК перед секвенированием. Таким образом, вся работа включала следующие этапы: выделение геномной ДНК дрожжей, проведение ПЦР, проведение электрофореза, очистка выделенной ДНК, измерение концентрации образца ДНК, секвенирование по Сэнгеру, обработка полученных данных с использованием международной базы данных GenBank и программы BLAST. Для амплификации нуклеотидной последовательности гена 18S рРНК использовали праймеры NS1 (5'-gtagcatatgctgtgtctc-3') и NS4 (5'-cttcgcgtcaattcctttaaag-3'). Амплификацию проводили с использованием активного точного режима регулирования и следующего температурно-временного профиля: денатурация – 3 мин при 95 °С; 35 циклов элонгации – 95 °С – 30 сек, 57 °С – 30 сек, 72 °С – 30 сек, достройка цепи – 5 мин при 72 °С; охлаждение до 4 °С. В работе использовали праймеры и реагенты производства «ThermoScientific» и «Праймтех». Реакционная смесь содержала 1 ЧАМ-буфер для *Taq*-полимеразы, 200 мкМ каждого дНТФ, 2,5 ед. *Taq*-полимеразы, 10 пмол каждого праймера, 10–20 нг (зависело от концентрации выделенной ДНК у каждого исследуемого штамма) геномной ДНК. Амплификацию проводили на автоматическом термоциклере Eppendorf Mastercycler epgradientS (Германия) с использованием активного точного режима регулирования температуры. Продукты ПЦР анализировали методом электрофореза в 1 % агарозном геле (AppliChem) с использованием 1 Чтрис-ацетатного буфера при напряженности электрического поля 5 В/см. Для визуализации ДНК гель окрашивали раствором бромистого этидия (AppliChem) в концентрации 0,05 мкг/мл. В качестве стандартов для определения размера продуктов ПЦР применяли маркер молекулярной массы фрагментов ДНК GeneRuler DNA Ladder 1Kb Plus (ThermoScientific). Условия проведения электрофореза: 120V, 80 mA, 40 мин. Перед секвенированием проводили очистку амплифицированных фрагментов генов с использованием набора PCR Purification kit (Jena Bioscience) согласно прилагаемой инструкции. Измерение концентрации образца ДНК проводили при помощи флуориметра Quantus. Реакцию секвенирования осуществляли по методу Сэнгера с использованием набора реагентов для секвенирования Jena Cycle Sequencing Kit (Jena Biosciences) согласно инструкции производителя. Разделение и анализ продуктов секвенирования проводили с помощью анализатора Li-COR 4300 DNA Analyzer. Компьютерную обработку результатов секвенирования, их редактирование и предоставление в форматах FASTA, Genbank, Plain text осуществляли с помощью программы e-Seq™ Software. Сравнительный анализ гомологии секвенированной нуклеотидной последовательности гена 18S рРНК и референтных последовательностей проводили с использованием международной базы данных GenBank и программы BLAST. Принадлежность исследуемого микроорганизма к определенному виду устанавливали при уровне гомологии его нуклеотидной последовательности референтным нуклеотидным последовательностям микроорганизмов данного вида от 96 % и более.

Результаты и обсуждение. С поверхности листьев, ягод и цветов декоративных, лекарственных и плодово-ягодных культур изолированы штаммы дрожжевых грибов. Морфологическая характеристика вновь выделенных дрожжевых культур дана на основании изучения макроморфологии колоний (при поверхностном культивировании на сусловом агаре) и микроморфологии – с использованием метода световой микроскопии нативных препаратов клеток (при увеличении Ч600). Детальное морфологическое описание макроколоний и микропрепаратов клеток дрожжевых грибов приведено в табл. 1 и на рис. 1.

Для установления способности выделенных штаммов дрожжей к сбраживанию сахаров применяли классический метод с использованием трубок Дунбара. Отобранные культуры дрожжевых грибов проверены на способность сбраживать следующие сахара: глюкозу, галактозу, мальтозу, лактозу, сахарозу, раффинозу, инулин и крахмал. Экспериментально установленное отсутствие способности исследуемых штаммов дрожжей к сбраживанию углеводных субстратов является важным таксономическим признаком и подтверждает их принадлежность к каротинсинтезирующим дрожжам [7, 8].

Для вновь выделенных из природных источников культур дрожжевых грибов, способных накапливать каротиноиды, изучен уровень продукции биомассы в динамике развития популяции. На рис.

2, в качестве примера, представлены кривые роста, иллюстрирующие накопление биомассы у культур дрожжевых грибов на жидкой питательной среде на основе пивного сусла.

Таблица 1. Морфологическая характеристика выделенных дрожжевых культур
Table 1. Morphological characteristics of isolated yeast cultures

Изоляты дрожжей	Источник выделения	Морфология колоний (в возрасте 3 суток) и клеток дрожжей
Пж4	Поверхность цветов примулы	Дрожжи формируют колонии диаметром до 2–3 мм, округлой формы, край колонии ровный, поверхность блестящая, реверзум не окрашен. Цвет ярко-красный. Клетки дрожжей округлой и овальной формы, располагаются одиночно, наблюдается многостороннее почкование клеток.
Ф2	Поверхность цветов флокса	Дрожжи формируют колонии диаметром 1 мм, правильной округлой формы, край колонии волнистый, поверхность матовая, реверзум не окрашен. Цвет красный с оранжевым оттенком. Клетки дрожжей округлой формы, однотипные, располагаются одиночно.
Фб1	Поверхность цветов флокса	Дрожжи формируют колонии диаметром до 3 мм, правильной округлой формы, край колонии ровный, поверхность блестящая, реверзум не окрашен. Цвет колоний оранжевый. Клетки дрожжей округлой и овальной формы, наблюдается почкование.
А1	Поверхность цветов астры	Дрожжи формируют розовые слизистые колонии до 5 мм в диаметре, образуют «зеркало» из конидий на крышке чашки Петри, что свидетельствует об образовании баллистоспор на стеригмах. Клетки дрожжей округлой и овальной формы, наблюдается почкование.
Кк1	Поверхность цветов клевера красного	Дрожжи формируют розовые, слизистые колонии 2–3 мм в диаметре, колонии образуют «зеркало» из конидий на крышке чашки Петри, что свидетельствует об образовании баллистоспор на стеригмах. Клетки дрожжей округлой и овальной формы, наблюдается почкование.
М2	Поверхность ягод малины	Дрожжи формируют колонии диаметром 2 мм, колонии блестящие, с ровным краем, розового оттенка. Реверзум колонии не окрашен. Клетки дрожжей округлой и овальной формы, располагаются одиночно, наблюдается почкование клеток культуры.
Б3	Поверхность цветов бархатцев	Дрожжи формируют колонии диаметром 2–3 мм, правильной округлой формы, край колонии ровный, слизистые, блестящие, реверзум не окрашен. Цвет розово-красный. Клетки дрожжей округлой формы, наблюдается почкование.
Пф2	Поверхность цветов примулы	Дрожжи формируют колонии диаметром 2–3 мм, правильной округлой формы, образуют «зеркало» из конидий на крышке чашки Петри, что свидетельствует об образовании баллистоспор на стеригмах. Край колонии ровный, колонии слизистые, блестящие, реверзум не окрашен. Цвет красный. Клетки дрожжей округлой формы, наблюдается почкование.
Пж2	Поверхность цветов примулы	Дрожжи формируют колонии диаметром до 3 мм, правильной округлой формы, край колонии ровный, колонии слизистые, реверзум не окрашен. Цвет красный. Клетки дрожжей округлой и продолговатой формы.
Сн1	Поверхность листьев ныти	Дрожжи формируют колонии диаметром до 4 мм, правильной округлой формы, край колонии ровный, колонии слизистые, реверзум не окрашен. Цвет красный. Клетки дрожжей округлой и продолговатой формы.

Результаты измерения оптической плотности культуральной жидкости дрожжевых грибов в динамике развития популяции показали, что исследуемые культуры дрожжей активно накапливают биомассу в течение первых 48–72 ч глубинного культивирования. Далее увеличение биомассы происходило менее интенсивно и зависело от индивидуальных особенностей исследованной культуры дрожжей.

Для штаммов дрожжей выделена геномная ДНК, осуществлена амплификация генов 18S рРНК, проведена очистка и подготовка к секвенированию продуктов ПЦР, выполнено секвенирование, определена видовая принадлежность, а также подготовлены заключения о молекулярно-генетической идентификации культур (табл. 2).

Осуществлено депонирование культур дрожжевых грибов, выделенных из природных источников, по форме «гарантийное хранение» в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов (БКМ) (табл. 3). Оформлены паспорта на штаммы дрожжевых грибов, согласно стандартным правилам, принятым в крупнейших мировых коллекциях микроорганизмов. Обеспечено длительное хранение культур дрожжей с использованием низкотемпературной консервации и лиофилизации.

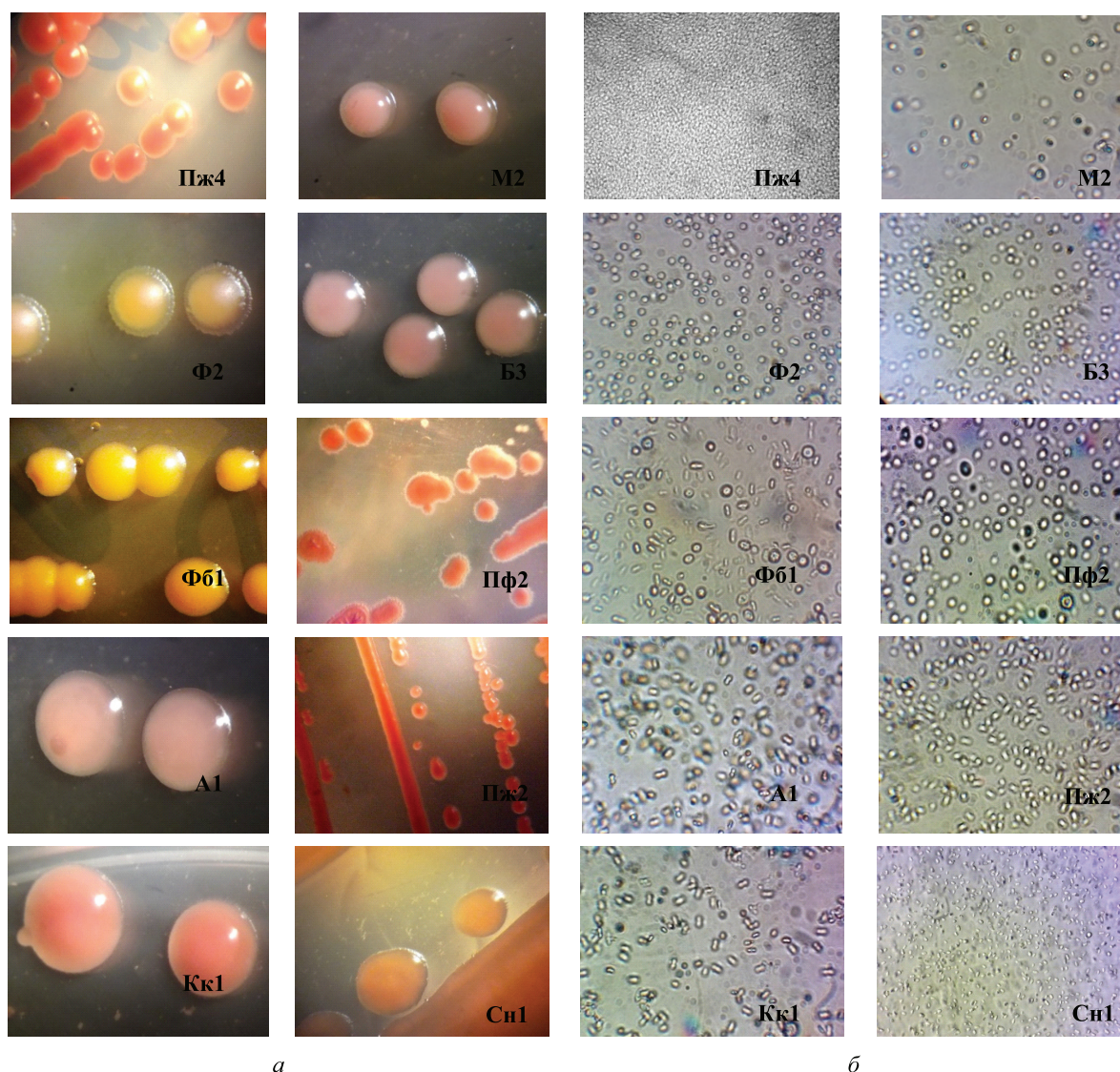


Рис. 1. Морфология колоний и клеток дрожжей, выделенных из природных источников:
а – колонии; б – клетки

Fig. 1. Morphology of colonies and yeast cells isolated from natural sources: а – colonies; б – cells

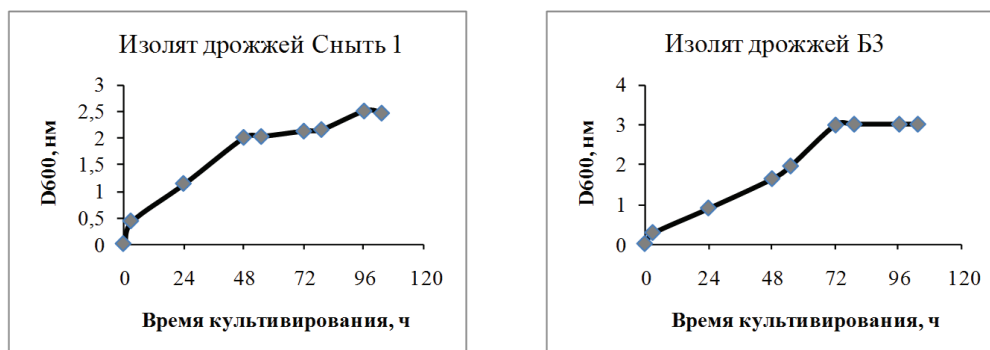


Рис. 2. Изменение значений оптической плотности культуральной жидкости при культивировании дрожжевых культур на жидкой питательной среде на основе пивного сусла

Fig. 2. The change in the optical density of the culture fluid during the cultivation of yeast cultures in a liquid nutrient medium based on beer wort

Таблица 2. Результаты молекулярно-генетической идентификации вновь выделенных штаммов дрожжей
Table 2. Molecular genetic identification results again isolated yeast strains

№ п/п	Штамм дрожжей	Гомология по гену 18S рРНК
1.	Пж 4	<i>Rhodospiridium azoricum</i> , 99 %
2.	Ф 2	<i>Rhodospiridium kratochvilovae</i> , 99 %
3.	Фб 1	<i>Cystofilobasidium</i> sp., 99 %
4.	А1	<i>Sporobolomyces roseus</i> , 99 %
5.	Кк1	<i>Sporobolomyces roseus</i> , 99 %
6.	Б 3	<i>Rhodotorula</i> sp., 100 %
7.	Пф 2	<i>Sporobolomyces roseus</i> , 99 %
8.	Сн 1	<i>Rhodotorula glutinis</i> , 99 %
9.	М 2	<i>Rhodotorula graminis</i> , 99 %
10.	Пж 2	<i>Rhodospiridiobolus colostri</i> , 99 %

Таблица 3. Выделенные из природных источников штаммы дрожжевых грибов
Table 3. Yeast strains isolated from natural sources

№ п/п	Авторское название	№ БИМ	Род	Вид
1.	Пж 4	Y- 301 Г	<i>Rhodospiridium</i>	<i>azoricum</i>
2.	Ф 2	Y- 302 Г	<i>Rhodospiridium</i>	<i>kratochvilovae</i>
3.	Фб 1	Y- 303 Г	<i>Cystofilobasidium</i>	sp.
4.	А1	Y- 304 Г	<i>Sporobolomyces</i>	<i>roseus</i>
5.	Кк1	Y- 305 Г	<i>Sporobolomyces</i>	<i>roseus</i>
6.	Б 3	Y- 309 Г	<i>Rhodotorula</i>	sp.
7.	Пф 2	Y- 310 Г	<i>Sporobolomyces</i>	<i>roseus</i>
8.	Сн 1	Y- 313 Г	<i>Rhodotorula</i>	<i>glutinis</i>
9.	М 2	Y- 314 Г	<i>Rhodotorula</i>	<i>graminis</i>
10.	Пж 2	Y- 316 Г	<i>Rhodospiridiobolus</i>	<i>colostri</i>

Заключение. С поверхности листьев, ягод и цветов декоративных, лекарственных и плодово-ягодных культур изолированы новые штаммы каротинсинтезирующих дрожжевых грибов. По результатам исследования морфологии колоний и клеток дрожжей, а также молекулярно-генетической идентификации культуры отнесены к родам *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Rhodospiridium*, *Sporobolomyces*, *Rhodospiridiobolus*. Впервые в фонд Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов введены два новых рода дрожжевых грибов: *Cystofilobasidium*, *Rhodospiridiobolus* и три новых вида дрожжевых грибов: *Rhodospiridium azoricum*, *Rhodospiridium kratochvilovae*, *Rhodotorula graminis*. Отобранные штаммы в перспективе могут быть использованы в биотехнологическом производстве.

Список использованных источников

1. Satyanarayana, T. Yeast Biotechnology: Diversity and Applications / T. Satyanarayana, G. Kunze. – Springer Sci.+Business Media B.V. 2009 – 744 p.
2. Biodiesel generation from oleaginous yeast *Rhodotorula glutinis* with xylose assimilating capacity / Dai C, et al. – Afr. J Biotechnol., 2007. – Vol. 6, №18. – P. 2130–2134.
3. *Rhodotorula glutinis* as source of pigments and metabolites for food industry / Hernandez-Almanza A. et al.; Food Biosci., 2014. – Vol. 5. – P. 64–72.
4. Frengova, G.I. Improvement of carotenoid-synthesizing yeast *Rhodotorula rubra* by chemical mutagenesis / G.I. Frengova, E.D. Simova, D.M. Beshkova. – Z Naturforsch C. 2004. – Vol. 59. – №1. – P. 99–103.
5. Бабьева, И.П. Методы выделения и идентификации дрожжей. Справочное пособие. / И.П. Бабьева, В.И. Голубев. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 120 с.
6. Lxoke, M. Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR – based applications. / M. Lxoke, K. Kristjuhan, A. Kristjuhan - Biotechniques. – 2011. – Vol. 50, №5. – P. 325–328.
7. Barnett, J.A. A new key to the yeasts / J.A. Barnett, R.J. Pankhurst. – Amsterdam: North – Holland Publishing Company, 1974. – 273 p.
8. The yeasts. A taxonomic study. Second and enlarged edition. / Ed.: J. Lodder. – Amsterdam: North – Holland Publishing Company, 1970. – 1385 p.

References

1. Satyanarayana T, Kunze G. (eds). Yeast Biotechnology: Diversity and Applications. Springer Sci.+Business Media B.V. 2009, 744 p.
2. Dai C, Tao J, Xie F, Dai Y, Zhao M. Biodiesel generation from oleaginous yeast *Rhodotorula glutinis* with xylose assimilating capacity. Afr. J Biotechnol. 2007, 6, no18, pp. 2130–2134.
3. Hernandez-Almanza A., Montaneza J.C., Aguilar-Gonzalez M.A. et all. *Rhodotorula glutinis* as source of pigments and metabolites for food industry. Food Biosci. 2014, 5, pp. 64–72.
4. Frengova GI, Simova ED, Beshkova DM. Improvement of carotenoid-synthesizing yeast *Rhodotorula rubra* by chemical mutagenesis. Z Naturforsch C. 2004; 59, no.1, pp. 99–103.
5. Bab'yeva, I.P. Metody vydeleniya i identifikatsii drozhzhey. Spravochnoye posobiye. [Methods of isolation and identification of yeast. Reference manual]. M.: «Pishchevaya promyshlennost'», 1979, 120 p. (in Russian).
6. Lxoke, M. Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR – based applications. Biotechniques. 2011, 50, no.5, pp. 325–328.
7. Barnett, J.A. A new key to the yeasts / J.A. Barnett, R.J. Pankhurst, Amsterdam: North – Holland Publishing Company, 1974, 273 p.
8. The yeasts. A taxonomic study. Second and enlarged edition. Ed.: J. Lodder., Amsterdam: North – Holland Publishing Company, 1970, 1385 p.

Информация об авторах

Кантерова Анна Валерьевна — научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: microbiol@tut.by

Леонович Светлана Игоревна — младший научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: mnemozina176@gmail.com

Савчик Анастасия Вячеславовна — младший научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastya.savchik@mail.ru

Ладутько Елена Ивановна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ladutko_elena@mail.ru

Новик Галина Ивановна — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: galina_novik@mbio.bas-net.by

Information about authors

Kanterova Anna V. — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: microbiol@tut.by

Leanovich Svetlana I. — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mnemozina176@gmail.com

Savchik Anastasia V. — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastya.savchik@mail.ru

Ladutskaya Alena I. — Ph.D. (Biological). The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ladutko_elena@mail.ru

Novik Galina I. — Ph.D. (Biological). The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: galina_novik@mbio.bas-net.by

М.Н. Василевская, Е.Ф. Тихонович

*Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГРЕЧНЕВОЙ МУКИ

Аннотация. Изучен ассортимент отечественных макаронных изделий, установлено преобладание традиционных макаронных изделий из пшеничной муки и незначительное количество изделий, изготовленных с добавлением нетрадиционного сырья. Проведен сравнительный анализ основных компонентов химического состава зерна гречихи и пшеницы, показавший ценность использования гречихи и продуктов ее переработки для производства продуктов питания, в том числе специализированной продукции диетического лечебного и диетического профилактического назначения. Целью исследований являлось изучение возможности использования гречневой муки для производства макаронных изделий. Использовались стандартные и специальные методы исследований сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, произведен расчет гликемического индекса и пищевой ценности разработанных макаронных изделий из гречневой и гречневой цельносмолотой муки. Определена набухаемость образцов гречневой муки, позволившая предположить режимы приготовления макаронного теста из гречневой муки. Изучен гранулометрический состав образцов гречневой муки, выявивший различия в размере частиц и выравненности образцов муки. Установлена возможность производства макаронных изделий из гречневой муки методом прессования с добавлением структурообразующих ингредиентов, в качестве которых использовали модифицированный крахмал и яичный меланж. Изучено влияние структурообразователей на процесс прессования, показатели качества макаронных изделий, включая их варочные свойства. На основании комплексного анализа полученных результатов определен оптимальный структурообразующий ингредиент и установлена его дозировка в рецептуре макаронных изделий из гречневой муки. Установлена возможность производства макаронных изделий из гречневой цельносмолотой муки с добавлением в качестве структурообразующего ингредиента яичного меланжа. Произведен расчет гликемического индекса и пищевой ценности макаронных изделий из гречневой и гречневой цельносмолотой муки, по результатам которого разработанные изделия отнесены к специализированной продукции диетического лечебного и диетического профилактического назначения.

Ключевые слова: гречневая мука, макаронные изделия, химический состав, параметры прессования, показатели качества, варочные свойства, пищевая ценность, гликемический индекс

M.N. Vasilevskaya, A.F. Tsikhanovich

Mogilev State University of Food Technologies, Mogilev, Belarus

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF BUCKWHEAT PASTA MANUFACTURING

Abstract. After studying the assortment of domestic pasta products, a high prevalence of traditional pasta products from wheat flour and a small number of products using non-traditional raw materials was established. A comparative analysis of the chemical composition of the main components of buckwheat and wheat grains has been carried out, which has shown the benefits of buckwheat and buckwheat products in food production, including specialized food products with the therapeutic and preventive dietetic purposes. The aim of the research was to study the possibility of using buckwheat flour in pasta production. In the study standard and special methods for investigation of raw materials as well as semi-finished products and finished products were used, the glycemic index and the nutritional value of the obtained pasta products from buckwheat and whole-ground buckwheat flour were calculated. The swelling of buckwheat flour samples was determined, which allowed to define the modes of preparation of pasta dough from buckwheat flour. The granulometric composition of buckwheat flour samples was studied, which revealed differences in particle size and evenness of flour samples. The possibility of producing pasta from buckwheat flour using a method of pressing (extrusion) when

adding some structure-forming ingredients was found. Modified starch and egg mйlange were used as the structure-forming ingredients. The influence of structure-forming agents on the process of pressing (extrusion), the quality indicators of pasta as well as their cooking properties, were studied. Based on a comprehensive analysis of the results obtained, the optimal structure-forming ingredient was determined, its amount in the recipe of pasta from buckwheat flour was established. The possibility of pasta production from whole-ground buckwheat flour with addition of egg melange as a structure-forming ingredient has been found. The glycemic index and nutritional value of pasta made from buckwheat and whole-ground buckwheat flour have been calculated, which resulted in classification of the developed products into specialized food products with the therapeutic and preventive dietetic purposes.

Key words: buckwheat flour, pasta, chemical composition, pressing parameters, quality indicators, cooking properties, nutritional value, glycemic index

Введение. Макаaronная промышленность Республики Беларусь в настоящее время производит достаточно большой ассортимент макаронных изделий. В большинстве случаев разнообразие ассортимента обусловлено различной формой и длиной изделий. При этом основную массу макаронных изделий отечественного производства составляют традиционные изделия, изготовленные из продуктов размола зерна пшеницы. Только незначительная часть макаронной продукции производится из смеси пшеничной и ржаной муки, а также из пшеничной муки с введением дополнительного сырья в виде пряностей или продуктов переработки овощей.

Вместе с тем в мировой практике для производства макаронных изделий достаточно широко применяется разнообразное нетрадиционное сырье: продукты переработки зерновых (кроме пшеницы), бобовых, клубневых культур. Применение такого сырья позволяет расширить ассортимент макаронных изделий, получить продукт с заданным химическим составом и пищевой ценностью, изготавливать специализированную продукцию диетического лечебного и диетического профилактического назначения [1, 2].

Среди нетрадиционного для макаронного производства сырья отдельный интерес представляют продукты переработки гречихи. Использование в макаронном производстве продуктов переработки гречихи является особенностью национальной кухни отдельных, как правило, восточных регионов. Так, в Японии и Китае производится лапша «соба», для изготовления которой используется гречневая мука [3, 4, 5, 6]. В Республике Беларусь макаронные изделия из продуктов переработки гречихи не изготавливаются, такие изделия импортируются и отличаются более высокой стоимостью в сравнении с традиционными макаронными изделиями.

Зерно гречихи и продукты ее переработки по химическому составу и пищевой ценности существенно отличаются от аналогичных продуктов из пшеницы [7]. Химический состав зерна гречихи в сравнении с зерном мягкой и твердой пшеницы представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав зерновых культур
Table 1. Chemical composition of crops

Нутриенты	Зерно гречихи	Зерно твердой пшеницы	Зерно мягкой пшеницы ¹
Белки, г/100 г	10,8	13,0	11,2
Жиры, г/100 г	3,2	2,5	2,1
Крахмал/моно- и дисахариды, г/100 г	52,9/1,5	54,5/0,8	54,0/1,2
Клетчатка, г/100 г	10,8	2,3	2,4
Зольные вещества, г/100 г	2,0	1,7	1,7
Витамины			
В ₁	0,3	0,37	0,41
В ₂	0,14	0,1	0,17
РР	3,87	4,94	5,04

¹ — данные приведены для озимой пшеницы

Анализ приведенных данных показал, что по содержанию белка и крахмала зерно гречихи несколько уступает пшенице, однако превосходит ее по количеству жиров, зольных веществ и, особенно, клетчатки.

Из литературных источников известно, что в сравнении с пшеницей гречиха характеризуется практически полным отсутствием проламиновой фракции белка и невысоким содержанием глютеиновой фракции, которые являются белковыми фракциями, образующими клейковину, и не должны содержаться в продуктах питания, используемых в аглютиновой диете. При этом в зерне гречихи

преобладает альбуминовая и присутствует глобулиновая белковые фракции, что позволяет использовать этот вид зерновой культуры при организации аглютенного питания. Известно, что зерно гречихи отличается высоким содержанием большинства незаменимых аминокислот, за исключением изолейцина и серосодержащих аминокислот. Так, гречиха превосходит пшеницу по лизину, треонину, валину и триптофану, и по некоторым аминокислотам приближается к продуктам животного происхождения, что с позиции полноценности белка делает гречиху ценным растительным источником аминокислот [8, 9].

Среди зерновых гречиха отличается наибольшим содержанием железа, также в ней присутствует кальций, магний, фосфор, калий [7]. По содержанию витаминов B_1 , B_2 , PP зерно гречихи близко к пшенице. Известно, что гречиха является источником флавоноидов, таких как катехины, рутин, кверцетин, галловая кислота, которые играют важную роль в биологических и биохимических процессах жизнедеятельности организма. По содержанию клетчатки гречиха превосходит пшеницу в 5 раз, что вместе с меньшим количеством крахмала, обуславливает низкое значение гликемического индекса гречихи и продуктов ее переработки, что является положительным фактором с позиции диетологии. Таким образом, приведенные данные показывают, что применение гречихи и продуктов ее переработки для производства продуктов питания, в том числе и макаронных изделий, позволит получить продукцию с заданным химическим составом, предназначенную как для массового потребления, так и при организации специализированного питания, например, при составлении диабетических или аглютенных рационов. В настоящее время активно проводятся исследования по использованию гречневой муки при производстве различных групп пищевой продукции [10, 11, 12, 13, 14].

В Республике Беларусь гречиха является традиционной сельскохозяйственной культурой. Согласно имеющимся данным, в 2018 г гречиха выращивалась на площади 39,9 тыс. га, валовой сбор зерна этой культуры составил 60 тыс. т., что в совокупности с крупой, поставляемой в республику по импорту, полностью обеспечивает потребности населения страны в зерне гречихи (при норме 6 кг/чел в год) [15], а также позволяет использовать эту зерновую культуру и продукты ее переработки для производства различных пищевых продуктов. В настоящее время на предприятиях Республики Беларусь из зерна гречихи изготавливается два сорта крупы (ядрица и продел), четыре сорта муки (высшего, первого, второго сортов и «Старожитная»), а также смеси гречневой и пшеничной муки [16]. Эти продукты переработки гречихи могут использоваться не только для приготовления кулинарных блюд в системе общественного питания или домашних условиях, но и применяться для изготовления пищевых продуктов, в том числе макаронных изделий.

Цель исследований заключалась в изучении возможности использования гречневой муки для производства макаронных изделий.

Предметом исследований являлись технологические свойства образцов гречневой муки, позволяющие использовать ее в качестве сырья для производства макаронных изделий. В качестве объектов исследования выступали следующие образцы гречневой муки: гречневая мука «Старожитная» (производства ОАО «Гомельхлебопродукт» ТУ РБ 600024008.084–2002, Республика Беларусь) и гречневая цельносмолотая мука (производства ООО «Образ жизни» ТУ 10.61.20–001–38744625–2016, Российская Федерация), а также макаронное тесто и изготовленные макаронные изделия. Для достижения поставленной цели были выделены следующие задачи: изучить технологические свойства образцов гречневой муки применительно к технологии производства макаронных изделий; разработать рецептурный состав макаронных изделий из гречневой муки; исследовать процесс прессования и определить основные технологические параметры производства макаронных изделий из гречневой муки; исследовать показатели качества теста и изготовленных макаронных изделий; рассчитать гликемический индекс и пищевую ценность макаронных изделий из гречневой муки.

Методы исследований. В работе использовали стандартные и специальные методы исследований: показатели качества образцов муки и изготовленных макаронных изделий исследовали по стандартным методикам, указанным в соответствующих технических нормативно-правовых актах [17, 18, 19, 20, 21]; набухающую способность образцов муки определяли путем смешивания их с водой температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и последующей выдержкой в течение 24 ч [22, 23]; гранулометрический состав муки определяли с использованием набора сит; гликемический индекс макаронных изделий определяли расчетным путем на основании измерения уровня глюкозы в крови при потреблении порции исследуемого продукта относительно уровня глюкозы, вызванного потреблением контрольного материала с известным гликемическим индексом за фиксированный период времени; пищевую ценность макаронных изделий определяли расчетным путем [7, 24, 25]. Результаты исследований обрабатывали и анализировали с использованием стандартного пакета Microsoft office для Windows XP.

Результаты исследований. Показатели качества используемых образцов муки в сравнении с пшеничной мукой высшего сорта М 54–28 представлены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели качества исследуемых образцов муки
Table 2. Quality indicators of the analyzed flour samples

Показатели качества	Пшеничная мука М 54–28	Гречневая мука «Старожитная»	Гречневая цельносмо- лотая мука
Внешний вид	однородный сыпучий продукт		
Цвет	белый с кремовым оттенком	светло-коричневый с серым оттенком	
Запах	свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов	свойственный гречневой муке, без посторон- них запахов	
Вкус	свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов	свойственный гречневой муке, без посторон- них привкусов	
Хруст	отсутствует		
Влажность, %	10,5	10,2	12,0
Кислотность, град	2,8	4,4	5,4
Набухаемость, мл/г	2,0	3,2	3,3

Исследованиями, результаты которых представлены в табл. 2, установлено соответствие органолептических показателей качества образцов муки требованиям соответствующих технических нормативно-правовых актов. Влажность исследуемых образцов не превышает регламентированного значения. Отмечены более высокие значения кислотности обоих видов гречневой муки в сравнении с пшеничной мукой, что объясняется химическим составом, в частности большим содержанием кислореагирующих фосфатов в гречневой муке [8, 9].

Анализ набухаемости, которую определяли с целью предположения параметров приготовления макаронного теста из гречневой муки, показал, что величина этого показателя для гречневой и гречневой цельносмолотой муки составила 3,2 и 3,3 мл/г соответственно, что примерно в 1,5 раза превышает набухаемость пшеничной муки. Разница в величине этого показателя обусловлена химическим составом гречневой муки, в частности более высоким содержанием клетчатки. Предположительно, большая набухаемость гречневой муки в сравнении с пшеничной потребует большего количества воды для получения теста со структурно-механическими свойствами, необходимыми для обеспечения процесса прессования макаронных изделий.

В макаронном производстве наряду с общепринятыми показателями качества большое значение имеют технологические, в частности макаронные свойства муки, характеризующие возможность получения из нее макаронных изделий высокого качества, а также имеющие существенное значение при ведении технологического процесса производства макаронных изделий. Одним из таких свойств является гранулометрический состав муки, который изучали при проведении настоящих исследований. Размер частиц муки обуславливает ее водопоглощательную способность, что учитывается при выборе режима приготовления теста, а также определяет структурно-механические свойства теста и сказывается на параметрах процесса прессования макаронных изделий [1]. Кроме того, для стабильной работы прессующего оборудования и получения макаронных изделий хорошего качества используемая мука должна быть выровнена по гранулометрическому составу. Результаты исследования гранулометрического состава образцов гречневой муки в сравнении с пшеничной мукой представлены на рис. 1.

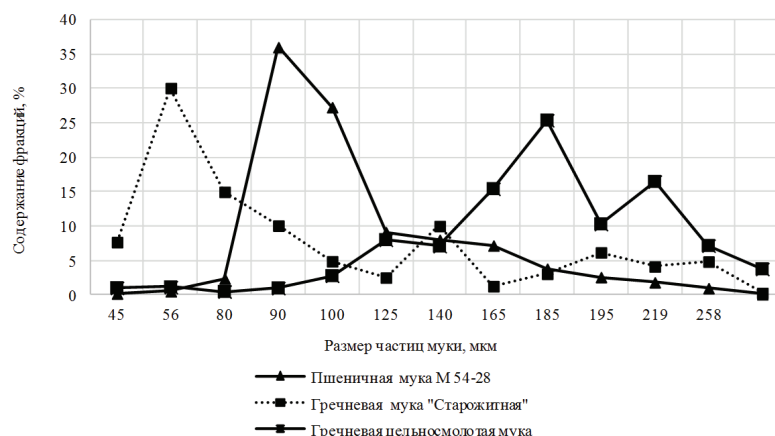


Рис. 1. Гранулометрический состав исследуемых образцов муки
Fig. 1. Granulometric composition of the analyzed flour samples

Установлено, что в исследуемом образце пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта преобладают мелкие фракции с размером частиц от 90 до 125 мкм, суммарное содержание которых составляет примерно 70 %. Полученные данные свидетельствуют о достаточно высокой степени выравненности исследуемого образца пшеничной муки по гранулометрическому составу. В образце гречневой муки также преобладают мелкие фракции, размеры частиц которых колеблются от 56 до 90 мкм, общее содержание которых составляет в среднем 54 %. В гречневой цельносмолотой муке преобладают фракции, содержащие частицы значительно большего размера в сравнении с представленными выше образцами. Так, в наибольшем количестве в этом образце содержатся частицы размером 165, 185, 195 и 219 мкм, общее количество которых составляет примерно 66 %. При этом в образцах гречневой и гречневой цельносмолотой муки, равно как и в пшеничной муке, помимо указанных выше присутствуют все определяемые фракции, содержание каждой из которых в отдельности не превышает 8 %. Различия гранулометрического состава гречневой и гречневой цельносмолотой муки в сравнении с пшеничной мукой, вероятно, объясняются как различиями анатомического строения зерновки и особенностями ведения размольного процесса, так и тем, что в исследованиях использовались образцы муки, изготовленные различными производителями.

Полученные результаты исследования набухаемости и гранулометрического состава муки указывают, что по аналогии с технологией приготовления теста для макаронных изделий из пшеничной муки, параметры приготовления теста для макаронных изделий из гречневой муки будут близки. При этом более высокие значения набухаемости гречневой муки, вероятно, обусловят необходимость повышения влажности макаронного теста с целью обеспечения необходимых структурно-механических свойств и процесса его прессования. Преобладание более крупных частиц в гречневой цельносмолотой муке, вероятно, скажется на характеристиках процесса прессования макаронных изделий [1].

Выше указывалось, что гречиха и гречневая мука соответственно характеризуются отсутствием клейковинных белков, которые выполняют структурообразующую функцию при приготовлении теста и формировании макаронных изделий, а также при их кулинарной обработке. Это указывает на необходимость использования дополнительных технологических приемов для получения из гречневой муки теста с требуемыми структурно-механическими свойствами, обеспечивающими процесс прессования макаронных изделий [1, 26]. В исследованиях с этой целью в рецептуру макаронных изделий вводили дополнительный структурообразующий ингредиент, в качестве которого использовали широко применяемый в пищевой промышленности яичный меланж и модифицированный крахмал, а именно кукурузный экструзионный крахмал (далее КЭК). Этот крахмал получают посредством экструзии нативного кукурузного крахмала, в результате изменяются строение крахмальных полисахаридов, а также физические и технологические свойства крахмала. Для экструзионных крахмалов характерны высокая набухаемость и растворимость в температурном диапазоне 20–30 °С, а также низкая температура процесса студнеобразования, при этом образующийся студень связывает рецептурные компоненты и тем самым выполняет структурообразующую функцию при производстве продуктов питания [27, 28, 29]. Экспериментально нами была установлена достаточно высокая набухаемость кукурузного экструзионного крахмала, которая при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ составила 7,6 мл/г, что в 2 раза превышает этот показатель для гречневой муки и указывает на возможность его применения в качестве структурообразующего ингредиента макаронного теста при проведении настоящих исследований.

На первом этапе исследований по установлению возможности изготовления макаронных изделий из гречневой муки использовали муку гречневую «Старожитная». Дозировки кукурузного экструзионного крахмала и меланжа в рецептуре макаронных изделий варьировали от 5 до 20 % к массе муки с шагом в 5 %. На данном этапе исследований расчетная влажность теста составляла 34 %, температура воды для замеса теста 40 °С. Прессование макаронных изделий осуществляли на лабораторном макаронном прессе «LaMonferrina».

Исследованиями установлено, что количество модифицированного крахмала и меланжа не оказало существенного влияния на структуру макаронного теста после замеса. Влияние вида и дозировок используемых структурообразователей на скорость прессования макаронных изделий из гречневой муки представлено на рис. 2.

Установлено, что прессование макаронных изделий из гречневой муки, несмотря на отсутствие в ней клейковинных белков, возможно при добавлении даже минимальных дозировок используемых в исследованиях структурообразователей. При этом скорость прессования образцов, содержащих яичный меланж, характеризовалась более высокими значениями. Это, вероятно, объясняется более выраженной структурообразующей функцией белковой фракции яйца, а также наличием в желтке лецитина, который обладает свойствами поверхностно-активных веществ и способствует интенсификации процесса прессования макаронных изделий. Кроме того, у образцов, содержащих яичный меланж, отмечена менее шероховатая поверхность, что также является следствием присутствия лецитина [1].

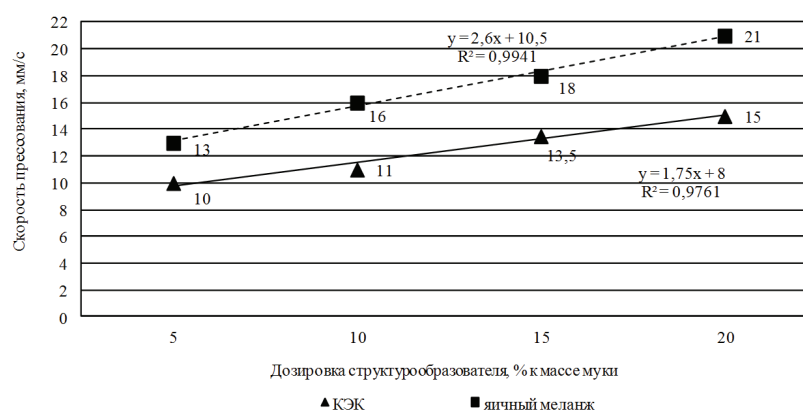


Рис. 2. Влияние вида и дозировок структурообразователей на скорость прессования макаронных изделий из гречневой муки
 Fig. 2. Influence of the type and dosage of structure-forming ingredients on the speed of buckwheat pasta extrusion

Следует отметить, что вид и дозировки используемых структурообразователей не оказали существенного влияния на процессы разделки и сушки макаронных изделий из гречневой муки. Все образцы сухих макаронных изделий представляли собой лапшу, имеющую гладкую с некоторой шероховатостью поверхность и мучнистый излом. Изделия характеризовались светло-коричневым цветом с серым оттенком, вкусом и запахом свойственным гречневой муке, без посторонних привкусов и запахов. Влажность всех образцов находилась в пределах от 11,2 до 12,3 %, что не превышает регламентированного для этой группы пищевых продуктов значения 13,0 %. Кислотность макаронных изделий из гречневой муки с добавлением КЭК варьировалась от 2,0 до 3,0 град, а образцов, содержащих меланж, от 3,0 до 3,5 градусов, что несколько ниже кислотности гречневой муки и объясняется присутствием структурообразователей в рецептуре изделий.

Одним из достоинств макаронных изделий как продукта питания является простота и быстрота приготовления. Поведение макаронных изделий в процессе кулинарной обработки характеризуется комплексом показателей качества, объединенных в группу так называемых варочных свойств. К варочным свойствам макаронных изделий относятся продолжительность варки до готовности, органолептические показатели качества сваренных макаронных изделий, коэффициент увеличения массы и сохранность формы сваренных изделий, а также количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду [1, 20, 21]. Варочные свойства макаронных изделий помимо прочего определяют вкусовую и питательную ценность изделий и представляют наибольший интерес для потребителя. Варочные свойства макаронных изделий из гречневой муки с добавлением различных видов и дозировок структурообразователей представлены в табл. 3.

Согласно представленным данным, добавление яичного меланжа способствовало улучшению состояния образцов после варки и получению изделий с несколько упругой при разжевывании текстурой. Вкус всех образцов сваренных макаронных изделий характеризовался как свойственный изделиям из гречневой муки без посторонних привкусов. Продолжительность варки макаронных изделий из гречневой муки составляет в среднем 2 мин, за исключением образца, содержащего максимальное количество КЭК. Коэффициент увеличения массы сваренных изделий отражает количество поглощенной воды и характеризует вкусовые свойства сваренных изделий. Согласно общепринятым рекомендациям, величина этого показателя для макаронных изделий хорошего качества из пшеничной муки находится в диапазоне 1,5–2,5. Установлено, что для образцов, содержащих КЭК, при повышении дозировки модифицированного крахмала наблюдается снижение коэффициента увеличения массы с 1,7 до 1,5, а также уменьшение сохранности формы сваренных изделий, что, вероятно, обусловлено низкой структурообразующей способностью экструзионного крахмала при высоких температурах. Следует отметить, что макаронные изделия из гречневой муки, изготовленные с добавлением яичного меланжа, в большей степени поглощают и удерживают воду в процессе варки, что подтверждается более высокими значениями коэффициента увеличения массы, при этом сваренные изделия характеризуются достаточно высокой сохранностью формы (97–98 %).

С позиции потребителя наибольший интерес из группы варочных свойств макаронных изделий представляет показатель, характеризующий количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду. Этот показатель обуславливает выход готового блюда и для макаронных изделий хорошего качества должен быть как можно ниже [30]. Сухое вещество, перешедшее в варочную воду при вар-

ке макаронных изделий из гречневой муки с различными видами и дозировками структурообразователей, представлено на рис. 3.

Т а б л и ц а 3. Варочные свойства макаронных изделий из гречневой муки с добавлением различных видов и дозировок структурообразователей

Table 3. Cooking properties of buckwheat flour pasta with different types and dosages of structure-forming ingredients

Показатели качества	Дозировка структурообразователя, % к массе муки			
	5,0	10,0	15,0	20,0
Макаронные изделия с добавлением КЭК				
Состояние изделий после варки	форму сохранили, слегка слиплись		форму сохранили, не слиплись	
Вкус	свойственный макаронным изделиям из гречневой муки, без посторонних привкусов			
Текстура	мягкие при разжёвывании			
Продолжительность варки до готовности, мин	2,0	2,0	2,0	1,5
Коэффициент увеличения массы сваренных изделий	1,7	1,6	1,5	1,5
Сохранность формы сваренных изделий, %	97	96	96	95
Макаронные изделия с добавлением яичного меланжа				
Состояние изделий после варки	сохранили форму, не слиплись			
Вкус	свойственный макаронным изделиям из гречневой муки, без посторонних привкусов			
Текстура	несколько упругие при разжёвывании			
Продолжительность варки до готовности, мин	2,0	2,0	2,0	2,0
Коэффициент увеличения массы сваренных изделий	1,5	1,6	1,8	1,8
Сохранность формы сваренных изделий, %	97	98	98	98



Рис. 3. Сухое вещество, перешедшее в варочную воду при варке макаронных изделий из гречневой муки с различными видами и дозировками структурообразователей

Fig. 3. Dry matter transferred to cooking water when cooking pasta from buckwheat flour with various types and dosages of structure-forming ingredients

Результаты исследования влияния вида и дозировок структурообразователей на величину потерь сухого вещества при варке макаронных изделий из гречневой муки подтверждают данные, получен-

ные ранее. Так, установлено, что увеличение дозировки КЭК в рецептуре макаронных изделий из гречневой муки приводит к повышению количества сухого вещества, переходящего в варочную воду. Это объясняется тем, что кукурузный экструзионный крахмал является достаточно эффективным структурообразующим ингредиентом на стадии приготовления макаронного теста при температуре 25–30 °С, однако при варке макаронных изделий его структурообразующие свойства снижаются вследствие повышения температуры и высокой растворимости, что и приводит к увеличению потерь сухого вещества при варке макаронных изделий [27, 28]. Яичный меланж, напротив, обладает структурообразующими свойствами во всем интересующем температурном диапазоне, что проявляется как на стадии приготовления теста, так и при варке макаронных изделий: благодаря тепловой денатурации яичного белка происходит фиксирование формы, образование упругой при разжевывании текстуры сваренных изделий и снижение перехода сухого вещества макаронных изделий в варочную воду. Следует отметить, что величина этого показателя для макаронных изделий хорошего качества, изготавливаемых из пшеничной муки, в зависимости от группы варьируется от 6,0 до 10,0 % [20, 21].

Таким образом, полученные при проведении исследований результаты показывают возможность изготовления макаронных изделий из гречневой муки с добавлением структурообразующего ингредиента, в качестве которого наиболее целесообразно применение яичного меланжа. Использование меланжа в рецептуре макаронных изделий из гречневой муки способствует интенсификации процесса прессования макаронных изделий и получению продукта с более высокими потребительскими характеристиками. Рекомендованные дозировки яичного меланжа в рецептуре макаронных изделий из гречневой муки составляют 10–20 % к массе муки. При таких дозировках меланжа возможно получить продукцию, характеризующуюся хорошими показателями качества, в том числе варочными свойствами, при достаточно высокой эффективности работы прессующего оборудования. Применение кукурузного экструзионного крахмала в качестве структурообразующего ингредиента при производстве макаронных изделий из гречневой муки возможно, при этом дозировка этого структурообразователя в рецептуре должна быть не высокой и составлять 5–10 % к массе муки. Однако, для получения готовой продукции с хорошими потребительскими характеристиками, в частности варочными свойствами, требуется проведение дополнительных исследований.

На следующем этапе исследований изучали возможность использования для производства макаронных изделий гречневой цельносмолотой муки взамен гречневой муки. Вследствие специфики ведения технологического процесса изготовления гречневая цельносмолотая мука в сравнении с гречневой мукой имеет отличия по химическому составу, в частности содержит большее количество клетчатки, минеральных веществ и витаминов, что с позиции диетологии характеризует ее как ценное сырье. При проведении исследований рецептура макаронных изделий включала гречневую цельносмолотую муку и яичный меланж в установленном ранее количестве 15 % к массе муки. Прессование макаронных изделий осуществляли на лабораторном макаронном прессе «LaMonferrina». При этом расчетная влажность теста составляла 34 %, температура воды для замеса теста 40 °С.

Экспериментально установлено, что скорость прессования макаронных изделий из гречневой цельносмолотой муки составляет в среднем 25 мм/с, что несколько превышает значение полученной при прессовании макаронных изделий из гречневой муки с аналогичным содержанием яичного меланжа и обусловлено гранулометрическим составом муки (рис. 1) и более высоким содержанием в ней пищевых волокон. При этом отпрессованные и высушенные макаронные изделия характеризовались правильной формой в виде лапши, светло-коричневым цветом с серым оттенком, гладкой с незначительной шероховатостью поверхностью, вкусом и запахом, свойственными макаронным изделиям из гречневой муки, без посторонних привкусов и запахов. Кислотность макаронных изделий из гречневой цельносмолотой муки составила 4,0 град, влажность 11,5 %, что близко к значениям, полученным для макаронных изделий из гречневой муки. Варочные свойства макаронных изделий из гречневой цельносмолотой муки приведены в табл. 4.

Как видно из представленных данных, макаронные изделия из гречневой цельносмолотой муки характеризовались достаточно хорошими варочными свойствами. Продолжительность варки до готовности составила 2,0 мин, сваренные изделия сохранили форму, имели характерный вкус и несколько упругую при разжевывании текстуру. Количество сухого вещества, перешедшее в варочную воду при варке макаронных изделий, чуть выше значения полученного для аналогичного образца, изготовленного из гречневой муки. Следует отметить меньшее значение коэффициента увеличения массы и меньшую сохранность формы сваренных изделий в сравнении с макаронными изделиями из гречневой муки, что, вероятно, объясняется повышенным содержанием клетчатки в гречневой цельносмолотой муке. Вместе с тем комплексная оценка процесса прессования и показателей качества макаронных изделий показывает возможность и целесообразность изготовления макаронных изделий из гречневой цельносмолотой муки с добавлением в качестве структурообразующего ингредиента 15 % яичного меланжа.

Т а б л и ц а 4. Варочные свойства макаронных изделий из гречневой цельносмолотой муки
 Table 4. Cooking properties of whole-ground buckwheat past

Показатели качества	Характеристика и значение
Состояние изделий после варки	сохранили форму, слегка слиплись
Вкус	свойственный макаронным изделиям из гречневой муки, без посторонних привкусов
Текстура	несколько упругие при разжёвывании
Продолжительность варки до готовности, мин	2,0
Коэффициент увеличения массы сваренных изделий	1,6
Сохранность формы сваренных изделий, %	95
Сухое вещество, перешедшее в варочную воду, %	6,0

Для макаронных изделий из гречневой и гречневой цельносмолотой муки помимо общепринятых показателей качества определяли гликемический индекс, который отражает изменение уровня глюкозы в крови при употреблении продукта и скорость усвоения простых углеводов. Величина гликемического индекса является основанием для возможности применения продукта в питании людей, страдающих сахарным диабетом и/или контролирующим вес [31, 2]. При проведении исследований полученные значения гликемического индекса макаронных изделий из гречневой и гречневой цельносмолотой муки сравнивали с величиной этого показателя для макаронных изделий, изготовленных из пшеничной муки. Для этого были выбраны макаронные изделия группы А и В белорусского производства, изготовленные из продуктов размола твердой и мягкой пшеницы соответственно, как наиболее часто используемые отечественными потребителями. Средние значения уровня глюкозы в крови в течение времени при употреблении исследуемых образцов макаронных изделий представлено на рис. 4.

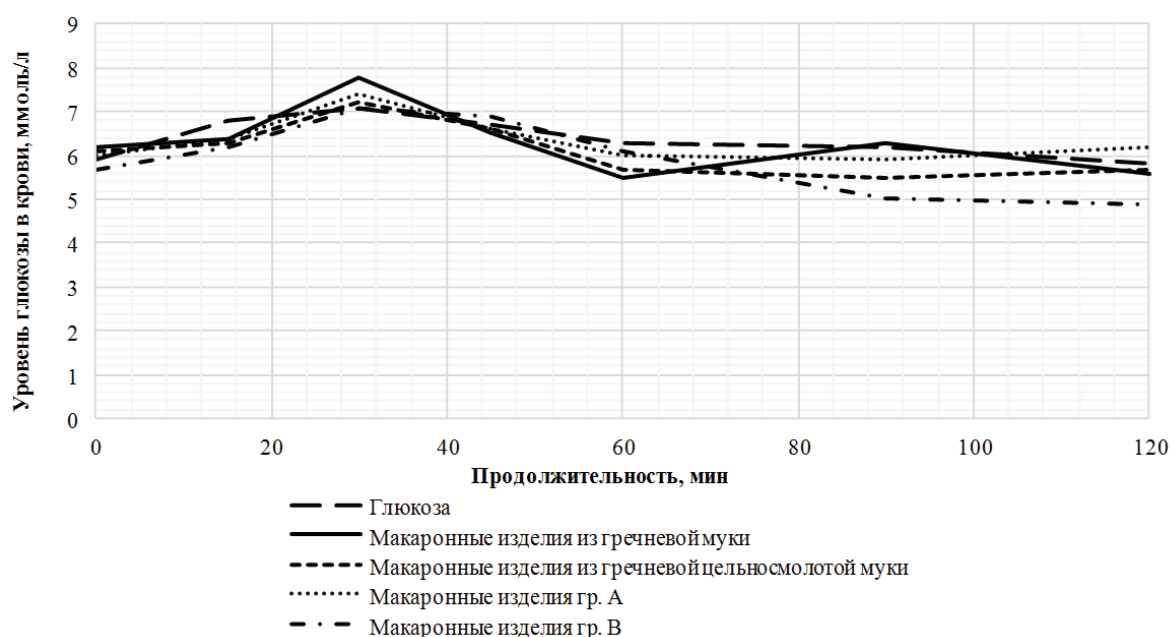


Рис. 4. Изменение уровня глюкозы в крови в течение времени при употреблении исследуемых образцов макаронных изделий

Fig. 4. Changes in blood glucose over time of consuming test samples of pasta

Расчетные значения гликемического индекса, содержание основных нутриентов и энергетическая ценность сухих макаронных изделий из гречневой и гречневой цельносмолотой муки в сравнении с макаронными изделиями группы А и В отечественного производства представлены в табл. 5.

Гликемический индекс макаронных изделий из гречневой муки составил 49, из гречневой цельносмолотой муки 51, что ниже значений полученных для макаронных изделий из пшеничной муки, особенно изделий группы В. Согласно имеющимся медицинским рекомендациям продукты, имеющие гликемический индекс 55 и ниже, относятся к группе продуктов питания с низким гликемическим индексом и могут быть рекомендованы для питания людей, страдающих сахарным диабетом

и/или избыточной массой тела [2, 31]. Полученные результаты позволяют отнести макаронные изделия из гречневой и гречневой цельносмолотой муки к указанной категории продуктов питания. Вместе с тем отсутствие клейковинных белков в составе разработанных макаронных изделий позволяет включать эту продукцию в аглютеновые рационы питания.

Т а б л и ц а 5. Пищевая ценность и гликемический индекс образцов макаронных изделий

Table 5. Nutritional value and glycemic index of pasta samples

Наименование нутриентов и показателей	Макаронные изделия из гречневой муки	Макаронные изделия из гречневой цельносмолотой муки	Макаронные изделия из муки твердых пшениц (группа А)	Макаронные изделия из муки мягких пшениц (группа В)
Белки, г/100 г	13,0	14,5	13,0	11,0
Жиры, г/100 г	4,0	5,0	1,0	1,0
Углеводы, г/100 г	70,0	62,0	73,0	78,0
Клетчатка, г/100 г	—	4,4	—	—
Энергетическая ценность 100 г сухих изделий, ккал/кДж	370/1550	350/1500	350/1500	330/1380
Гликемический индекс	49	51	57	79

Заключение. Изучен ассортимент отечественных макаронных изделий, установлено наличие продукции, изготавливаемой из продуктов размола пшеницы, а также небольшое количество изделий с добавлением нетрадиционного для макаронного производства сырья. Сравнительный анализ химического состава зерна пшеницы и гречихи показал целесообразность использования продуктов размола гречихи для производства специализированной продукции диетического лечебного и диетического профилактического назначения, в том числе макаронных изделий для диабетических и аглютеновых рационов питания. Исследование технологических свойств и гранулометрического состава образцов гречневой и гречневой цельносмолотой муки позволило спрогнозировать режимы приготовления макаронного теста. При изучении возможности производства макаронных изделий из гречневой муки методом прессования показана необходимость применения структурообразующих ингредиентов, в качестве которых предложено использование модифицированного крахмала и яичного меланжа. Установлено, что применение яичного меланжа в сравнении использованием кукурузного экструзионного крахмала обуславливает более эффективную работу прессующего оборудования благодаря высокой скорости прессования макаронных изделий. Исследование потребительских характеристик, в том числе варочных свойств, макаронных изделий из гречневой муки с добавлением различных дозировок яичного меланжа и кукурузного экструзионного крахмала показало целесообразность использования в качестве структурообразующего ингредиента яичного меланжа. Рекомендуемая дозировка меланжа в рецептуре макаронных изделий из гречневой муки установлена на основании комплексного анализа характеристик технологического процесса и показателей качества макаронных изделий и составляет 10–20 % к массе гречневой муки. Установлена возможность производства макаронных изделий из гречневой цельносмолотой муки с добавлением в качестве структурообразователя яичного меланжа. Результаты исследований по определению гликемического индекса и пищевой ценности макаронных изделий из гречневой и гречневой цельносмолотой муки позволили отнести разработанные изделия к специализированной продукции диетического лечебного и диетического профилактического назначения. Так, низкое значение гликемического индекса указывает на возможность включения разработанных макаронных изделий в рационы питания людей, страдающих сахарным диабетом и/или избыточной массой тела, а отсутствие клейковинных белков в их составе позволяет включать эти продукты в аглютеновые рационы питания. В целом производство макаронных изделий из гречневой и гречневой цельносмолотой муки позволит расширить ассортимент отечественных макаронных изделий, изготовить специализированную продукцию с заданным химическим составом и пищевой ценностью, предназначенную, в том числе, для диетического лечебного и диетического профилактического питания, организовать производство импортозамещающей продукции и повысить эффективность переработки отечественного сельскохозяйственного сырья.

Список использованных источников

1. Медведев, Г.М. Технология макаронного производства / Г.М. Медведев. — М.: Колос, 2000. — 272 с.

2. Юдина, С.Б. Технология продуктов функционального питания / С. Б. Юдина. — М.: ДеЛи принт, 2008. — 280 с.
3. Производство национальных макаронных изделий в Японии / Пер. Н.А. Будюк. — М.: ЦНИИ-ТЭИпищепром, 1986. — 10 с.
4. Лапша длиною в жизнь [Электронный ресурс] / Известия. — Москва, 2019. — Режим доступа: <http://www.izvestia.ru>. — Дата доступа: 12.02.2019.
5. Безбелковые, безглютеновые макароны и смеси для выпечки, макароны и смеси для здорового питания [Электронный ресурс] / Продукты МакМастер: официальный интернет-магазин продуктов МакМастер. — Режим доступа: <http://mak-master.ru>. — Дата доступа: 14.02.2019.
6. Интернет-магазин «Medicalfood». [Электронный ресурс] — Режим доступа: medicalfoodby@gmail.com. — Дата доступа: 15.02.2019.
7. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. — 2-ое изд., пер. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 224 с.
8. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки: учебное пособие для вузов / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1989. — 368 с.
9. Козьмина, Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н.П. Козьмина. — М.: Государственное издательство технической и экономической литературы, 1950. — 324с.
10. Саитова, М.Э. Гречневая мука при производстве мучных кондитерских и кулинарных изделий / М.Э. Саитова, Г.Г. Дубцов // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2018. — № 3 — 4. — С. 36–39.
11. Хмелева, Е.В. Влияние гречневой муки на качество и пищевую ценность зернового хлеба / Е.В. Хмелева // Хлебопродукты. — 2018. — № 4. — С. 40–43.
12. Саитова, М.Э. Гречневая мука в диетическом питании / М.Э. Саитова, Г.Г. Дубцов // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2014. — №3–4. — С. 14–15.
13. Темникова, О.Е. Влияние добавок гречневой муки и способов тестоприготовления на качество пшеничного хлеба / О.Е. Темникова, Н.А. Егорцев, А.В. Зимичев // Хлебопродукты. — 2012. — № 1. — С. 14–15.
14. Гаврилова, О.М. Приготовление хлеба с использованием гречневой муки / О.М. Гаврилова, И.В. Матвеева, П.И. Вакуленчик // Хлебопродукты. — 2007. — № 3. — С. 14–16.
15. Валовой сбор и урожайность гречихи [Электронный ресурс] / Нац. стат. комитет Республики Беларусь. — Минск, 2019. — Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. — Дата доступа: 10.03.2019.
16. Гомельский комбинат хлебопродуктов [Электронный ресурс] / ОАО «ГОМЕЛЬХЛЕБОПРОДУКТ». — Режим доступа: <http://kolos.by>. — Дата доступа: 11.03.2019.
17. Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста: ГОСТ 27558–87. — Введ. 01.01.1989. — Москва: Стандартинформ, 2007. — 8 с.
18. Мука и отруби. Метод определения влажности: ГОСТ 9404–87. — Введ. 01.01.1990. — Москва: Стандартинформ, 2007. — 8 с.
19. Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке: ГОСТ 27493–87. — Введ. 01.01.1989. — Москва: Стандартинформ, 2007. — 8 с.
20. Изделия макаронные. Общие технические условия: ГОСТ 31743–2017. — Введ. 01.01.2019. — М.: Стандартинформ, 2017. — 13 с.
21. Изделия макаронные. Общие технические условия: СТБ 1963 – 2009. — Введ. 01.07.2010. — Мн.: Госстандарт, 2010. — 27 с.
22. Трегубов, Н.Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н.Н. Трегубов, Е.Я. Жарова, А.И. Жушман, Е.К. Сидорова; под. ред. Н.Н. Трегубова. — М.: Легкая и пищевая промышленность. — 1981. — 470 с.
23. Ловкис, З.В. Технология крахмала и крахмалопродуктов: учебное пособие / З.В. Ловкис, В.В. Литвяк, Н.Н. Петюшев. — Минск: Асобны, 2007. — 178 с.
24. Пищевая химия / С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др.; под ред. А.П. Нечаева. — СПб.: ГИОРД, 2007. — 640 с.
25. Способ определения in vitro гликемического индекса пищевых продуктов. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/245/2451938.html>. — Дата доступа: 05.12.2018.
26. Назаров, Н.И. Технология макаронных изделий / Н.И. Назаров. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 328 с.
27. Бутрим, С.М. Изучение физико-химических свойств экструзионных крахмалов различного биологического происхождения / С.М. Бутрим, В.В. Литвяк, В.В. Москва // Журнал прикладной химии / Russian Journal of Applied Chemistry. — 2009. — Т. 82. — Вып. 7. — С. 1099–1103.
28. Назаренко, Е.А. Исследование свойств экструзионных крахмалов как структурообразующих добавок при производстве безбелковых макаронных изделий / Е.А. Назаренко, Е.Ф. Тихонович, М.Н. Василевская // Вестник Воронеж. гос. ун-та. — 2013. — № 4 (39). — С. 205–212.

29. Тихонович, Е.Ф. Исследование структурообразующих свойств экструзионных крахмалов различных ботанических культур / Е.Ф. Тихонович, М.Н. Василевская, Н.С. Гусарова // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. IX Междунар. научн.-техн. конф., Могилев, 25–26 апреля 2013 г.: в 2 ч. / УО МГУП; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. — Могилев, 2013. — Ч. 1. — С. 125.
30. Факторы, влияющие на варочные свойства макаронных изделий / Пер. итал. Г.М. Медведев, Н.И. Маландеева. — М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1984. — 28 с.
31. Планирование питания при сахарном диабете [Электронный ресурс] Русский медицинский журнал. — Режим доступа: <https://www.rmj.ru>. — Дата доступа: 15.05.2019.

References

1. Medvedev G.M. *Texnologiya makaronnogo proizvodstva [Pasta Technology]*. Minsk, Kolos Publ., 2000, 272 p. (in Russian).
2. Yudina S.B. *Tekhnologiya produktov funktsional'nogo pitaniya [Technology of functional nutrition products]*. Moscow, DeLi print Publ., 2008. — 280 p. (in Russian).
3. Budyuk N.A. *Proizvodstvo nacionalnykh makaronnykh izdelij v Yaponii [Production of national pasta in Japan]*. Moscow, CNIITEIpishheprom Publ., 1986. — 10 p. (in Russian).
4. Lapsha dlinoyu v zhizn (*Life-long noodles*) Available at: <http://www.izvestia.ru/> (accessed 12 February 2019) (in Russian).
5. Bezbelkovye, bezglyutenovye makarony i smesi dlya vypechki, makarony i smesi dlya zdorovogo pitaniya (*Protein-free, gluten-free pasta and baking mixes, pasta and mixtures for a healthy diet*) Available at: <http://mak-master.ru/> (accessed 14 February 2019) (in Russian).
6. Internet-magazin «Medicalfood». (*On-line store "Medicalfood"*) Available at: <https://medicalfood.relax.by/> (accessed 15 February 2019) (in Russian).
7. Skurixin I.M., Volgarev M.N. *Ximicheskij sostav pishhevykh produktov: kniga 1: spravochnye tablicy soderzhaniya osnovnykh pishhevykh veshhestv i energeticheskoy cennosti pishhevykh produktov [The chemical composition of food]*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987, 224 p. (in Russian).
8. Kazakov E.D., Kretovich V.L. *Bioximiya zerna i produktov ego pererabotki [Biochemistry of grain and products of its processing]*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1989, 368 p. (in Russian).
9. Kozmina N.P. *Bioximiya zerna i produktov ego pererabotki [Biochemistry of grain and products of its processing]*. Moscow, SHTEL Publ., 1950, 324 p. (in Russian).
10. Saitova M.E., Dubcov G.G. *Grechnevaya muka pri proizvodstve muchnykh konditerskix i kulinarnykh izdelij [Buckwheat flour in the production of flour confectionery and culinary products]*. Konditerskoe i xlebopekarnoe proizvodstvo, 2018, no. 3–4, pp. 36–39 (in Russian).
11. Xmeleva E.V. *Vliyanie grechnevoj muki na kachestvo i pishhevuyu cennost zernovogo xleba [The effect of buckwheat flour on the quality and nutritional value of grain bread]*. Xleboprodukty, 2018, no. 4, pp. 40–43 (in Russian).
12. Saitova M. E., Dubcov G. G. *Grechnevaya muka v dieticheskom pitanii [Buckwheat flour in diet]*. Konditerskoe i xlebopekarnoe proizvodstvo, 2014, no. 3–4, pp. 14–15. (in Russian).
13. Temnikova O.E., Egorcev N.A., Zimichev A.V. *Vliyanie dobavok grechnevoj muki i sposobov testoprigotovleniya na kachestvo pshenichnogo xleba [The effect of buckwheat flour additives and dough preparation methods on the quality of wheat bread]*. Xleboprodukty, 2012, no. 1, pp. 14–15 (in Russian).
14. Gavrilova O.M., Matveeva I.V., Vakulenchik P.I. *Prigotovlenie xleba s ispolzovaniem grechnevoj muki [Making bread using buckwheat flour]*. Xleboprodukty, 2007, no. № 3, pp. 14–16 (in Russian).
15. Valovoj sbor i urozhajnost grechixi (*Gross yield and yield of buckwheat. National Statistical Committee of the Republic of Belarus*) Available at: <http://www.belstat.gov.by/> (accessed 10 March 2019) (in Russian).
16. Gomelskij kombinat xleboproduktov (*Gomel combine bakery products*) Available at: <http://kolos.by/> (accessed 11 March 2019) (in Russian).
17. GOST 27558–87. Muka i otrubi. Metody opredeleniya cveta, zapaxa, vkusa i xrusta [*State Standard 27558–87. Flour and bran. Methods for determination of colour, odour, taste and crunch*]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 8 p. (in Russian).
18. GOST 9404–87. Muka i otrubi. Metod opredeleniya vlazhnosti [*State Standard 9404–87. Flour and bran. Method of moisture content determination*]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 8 p. (in Russian).
19. GOST 27493–87. Muka i otrubi. Metod opredeleniya kislotnosti po boltushke [*State Standard 27493–87. Flour and bran. Method for determination of acidity by beaten-up flour and water*]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 8 p. (in Russian).
20. GOST 31743–2017 *Izdeliya makaronnyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [State Standard 31743–2017 Macaroni products. General specifications]*. Moscow, Standartinform Publ., 2017. 13 p. (in Russian).

21. STB 1963 – 2009. Izdeliya makaronnye. Obshhie texnicheskie usloviya [*State Standard 1963 – 2009 Pasta. General specifications*]. Minsk, Gosstandart Publ., 2010. – 27 p. (in Russian).
22. Tregubov N.N., Zharova E.A., Zhushman A.I., Sidorova E.K. Tekhnologiya kraxmala i kraxmaloproduktov [*Technology of starch and starch products*]. Moscow, Light and food industry Publ., 1981, 470 p. (in Russian).
23. Lovkis Z.V., Litvyak V.V., Petyushev N.N. Tekhnologiya kraxmala i kraxmaloproduktov [*Technology of starch and starch products*]. Minsk, Asobny Publ., 2007, 178 p. (in Russian).
24. Nechaev A.P., Traubenberg S.E., Kochetkova A.A. Pishhevaya ximiya [*Food Chemistry*]. St. Petersburg, GIOR Publ., 2007, 640 p. (in Russian).
25. Sposob opredeleniya in vitro glikemicheskogo indeksa pishhevyykh produktov (*The method of determining in vitro glycemic index of food products*) Available at: <http://www.findpatent.ru/patent/245/2451938.html>. / (accessed 25 March 2019) (in Russian).
26. Nazarov N.I. Tekhnologiya makaronnykh izdelij [*Pasta technology*]. Moscow, Food industry Publ., 1978, 328 p. (in Russian).
27. Butrim S.M., Litvyak V.V., Moskva V.V. Izuchenie fiziko-ximicheskikh svoystv ekstruzionnykh kraxmalov razlichnogo biologicheskogo proisxozhdeniya [*The study of the physico-chemical properties of extrusion starches of various biological origin*]. Zhurnal prikladnoy khimii, 2009, t. 82, vyp. 7, pp. 1099–1103 (in Russian).
28. Nazarenko E.A., Tixonovich E.F., Vasilevskaya M.N. Issledovanie svoystv ekstruzionnykh kraxmalov kak strukturoobrazuyushchix dobavok pri proizvodstve bezbelkovykh makaronnykh izdelij [*The study of the properties of extrusion starches as structure-forming additives in the production of protein-free pasta*]. Vestnik voronezh. gos. un-ta, 2013, no. 4 (39), pp. 205–212 (in Russian).
29. Tixonovich E.F., Vasilevskaya M.N., Gusarova N.S. Issledovanie strukturoobrazuyushchikh svoystv ekstruzionnykh kraxmalov razlichnykh botanicheskikh kultur [*The study of the structure-forming properties of extrusion starches of various botanical crops pasta*] Tezisy doklada mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii “Tekhnika i tekhnologii pishchevykh proizvodstv” [*Abstracts of an international scientific and technical conference “Equipment and technologies of food production”*]. Mogilev, 2013, ch. 1, p. 125 (in Russian).
30. Medvedev G.M., Malandeeva N.I. Faktory, vliyayushchie na varochnye svoystva makaronnykh izdelij [*Factors affecting the cooking properties of pasta*]. Moscow, CNIITEIpishheprom Publ., 1984. – 28 p. (in Russian).
31. Planirovaniye pitaniya pri saxarnom diabete (*Nutrition planning for diabetes. Russian medical journal*) Available at: <https://www.rmj.ru>. / (accessed 15 May 2019) (in Russian).

Информация об авторах

Василевская Марина Николаевна — канд. технических наук, доцент кафедры технологии хлебопродуктов учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия» (пр. Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: MarinaVasilevskaya15@yandex.by

Тихонович Елена Федоровна — кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хлебопродуктов учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия» (пр. Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: e.tsikhanovich@mail.ru

Information about authors

Vasilevskaya Marina N. — Ph.D (Technical). The Mogilev State University of Food (3, Schmidt Ave., 212029, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: MarinaVasilevskaya15@yandex.by

Tsikhanovich Alena F. — Ph.D (Technical). The Mogilev State University of Food (3 Schmidt Ave., 212029, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: e.tsikhanovich@mail.ru

УДК 631.171

Поступила в редакцию 20.09.2019
Received 20.09.2019**О.В. Колоскова, О.К. Никулина, А.А. Шепшелев***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДИФфуЗИОННОГО АППАРАТА
КОЛОННОГО ТИПА В ТЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЕЗОНА**

Аннотация. В последние годы сахарные заводы Республики Беларусь активно проводят модернизацию свеклоперерабатывающего отделения, на некоторых предприятиях была произведена замена привычных наклонных диффузионных аппаратов на новые для Беларуси колонные диффузионные установки. С целью оценки эффективности работы диффузионных аппаратов колонного типа и в дальнейшем оптимизации диффузионного процесса сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проанализированы научно-исследовательские работы на ОАО «Скидельский сахарный комбинат»: проведен анализ данных физико-химических показателей диффузионного сока, жома и жомопрессовой воды за периоды переработки свеклы урожая 2017 и 2018 годов. В результате исследований установлено, что современная колонная диффузионная установка позволяет получать диффузионный сок хорошего и удовлетворительного качества (с чистотой не менее 88 % и содержанием общих несахаров 1,44–2,26 %) в течение всего сезона переработки сахарной свеклы при низких потерях сахара в жоме (0,18–0,2 %). Вместе с тем, наблюдается снижение чистоты диффузионного сока и жомопрессовой воды к концу производственного сезона, что коррелирует с ухудшением качества перерабатываемого сырья. Это свидетельствует о наличии резерва повышения эффективности диффузии и необходимости оптимизации действующего технологического режима, разработки корректирующих действий при изменении качества сырья.

Ключевые слова: колонный диффузионный аппарат, переработка сахарной свеклы, чистота диффузионного сока, чистота жомопрессовой воды, потери сахара в жоме

O.V. Koloskova, O.K. Nikulina, A.A. Shepshelev*RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus***ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE WORK OF A DIFFUSION
APPARATUS OF A COLUMN TYPE DURING THE PRODUCTION SEASON**

Abstract. In recent years sugar factories of the Republic of Belarus have been actively modernizing the juice extraction station. At some enterprises the usual for our country inclined diffusion apparatus were replaced with new column diffusion apparatus. The analysis of quality indicators of diffusion juice, pulp press water and sugar losses in pulp for the periods of processing beets from the crops of 2017 and 2018 years were conducted in order to evaluate the efficiency of the column-type diffusion apparatus and to further optimize the juice extraction process in our conditions with sugar beet produced in our country. It was found that a modern column diffusion plant allows to obtain good and satisfactory quality diffusion juice (with a purity of at least 88 % and a total non-sugar content of 1.44–2.26 %) during the whole season of sugar beet processing with low sugar losses in beet pulp (0.18–0.25 %). At the same time, there is a decrease in the purity of diffusion juice and pulp press water by the end of the production season, which correlates with a deterioration in the quality of processed sugar beet. This indicates the presence of a reserve for increasing the juice extraction efficiency and the need to optimize current technological mode.

Key words: column-type diffusion apparatus, sugar beet processing, diffusion juice purity, the purity of pulp press water, sugar losses in beet pulp

Введение. Диффузионная установка представляет собой одну из важнейших составляющих технологической схемы получения сахара из свеклы. От режима ее работы в значительной степени за-

висят основные показатели работы сахарного завода в целом. Отклонения в работе диффузионной установки влияют на работу станции сокоочистки (повышенный расход основных и вспомогательных материалов), станции выпаривания (увеличение расхода энергоносителя), станции кристаллизации сахарозы (увеличение времени варки утфеля, ухудшение его кристаллоструктуры) [1–6]. Непременным же условием эффективной работы диффузионной установки является обеспечение оптимального режима процесса экстракции сахарозы из стружки.

На этапе перехода сахарной промышленности к реализации непрерывного процесса экстрагирования сахара из свеклы ведущие сахаропроизводящие страны пошли различными путями технической реализации. В Российской Федерации, как и ранее в СССР, широкое распространение получили колонные и наклонные шнековые диффузионные аппараты, в Англии и Франции – ротационные, в Германии – колонные [7].

Конструктивные особенности диффузионных аппаратов, использующихся в сахарной промышленности, нацелены на решение следующих задач: обессахаривание как можно более тонкой свекловичной стружки с равномерным её омытием экстрагентом; обеспечение строгого противоточного движения свекловичной стружки и сока с минимизацией рециркуляционных потоков; минимизация потерь сахара в жоме при высокой концентрации диффузионного сока и его высокой чистоте [7].

Каждый из существующих типов диффузионных установок имеет свои достоинства и недостатки.

В последние годы сахарные заводы Республики Беларусь активно проводят модернизацию свеклоперерабатывающего отделения, в связи с чем на некоторых предприятиях была произведена замена привычных наклонных диффузионных аппаратов на новые для Беларуси колонные диффузионные установки.

Колонные диффузионные установки занимают небольшую производственную площадь, позволяют поддерживать высокую удельную нагрузку диффузионного пространства стружкой, имеют высокий коэффициент заполнения колонны стружкой, отличаются большой эксплуатационной стабильностью, позволяют получить диффузионный сок низкой температуры. Однако на их работу сильно влияет качество перерабатываемой стружки, снижение термоустойчивости сока за счёт его значительных рециркуляционных потоков, ухудшение технологических показателей при работе с производительностью меньше номинальной и др. [5, 7, 8, 9].

Недостаточное использование резервов повышения эффективности работы колонной диффузионной установки приводит к повышенным потерям сахара в жоме и ухудшению качества диффузионного сока.

Целью данной работы являлся анализ работы колонных диффузионных аппаратов в конкретных условиях и на отечественном сырье.

Согласно результатам исследований, проведенных на сахарных заводах России, Украины для колонных диффузионных установок высокая эффективность процесса диффузии наблюдалась только в сентябре месяце. Затем происходило ее снижение, и она практически не изменялась до конца сезона [7, 10, 11, 12, 13].

Данную проблему связывали с конструктивными особенностями аппаратов колонного типа. Наилучшая экстракция достигается при высоком (700 кг/м^3) удельном наполнении рабочего объема колонны стружкой, которое регулируется варьированием скорости вращения трубчатой и, частично, изменением уровня жидкости в колонне. Для ритмичной работы диффузионного аппарата и поддержания оптимального уровня удельной нагрузки необходимо так же обеспечить хорошую фильтрацию сока (не менее 300–350 % к массе свеклы) через ситовой пояс колонны. Оба условия для большинства колонных аппаратов выполняются только в начальный период производства, когда свекловичная стружка имеет высокую упругость [7].

В начале октября упругость стружки снижается, и фильтрация сока затрудняется. Тогда работают при повышенных скоростях вращения трубчатой, чтобы ситоочистители могли поддерживать на достаточном уровне фильтрующую способность сит. Однако при этом удельное наполнение колонны снижается до $500\text{--}600 \text{ кг/м}^3$, усиливается продольное перемешивание стружки, и снижается эффективность экстракции [7].

Предыдущие исследования проводились на диффузионных аппаратах старых конструкций. Современные диффузионные аппараты отличаются более совершенными транспортными системами, иной конструкцией ситового пояса колонны. В связи с этим, необходимо проведение исследований с целью оценки эффективности диффузии в современных аппаратах колонного типа на отечественном сырье.

Организация и методы исследований.

Анализ изменения физико-химических показателей продуктов диффузионного отделения в течение производственного сезона дает возможность оценить эффективность и стабильность работы диффузионной установки.

С целью оценки эффективности работы диффузионных аппаратов колонного типа и в дальнейшем оптимизации диффузионного процесса сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проведены научно-исследовательские работы на ОАО «Скидельский сахарный комбинат»: проведен анализ данных физико-химических показателей диффузионного сока, жома и жомопрессовой воды за периоды переработки свеклы урожая 2017 и 2018 гг.

Физико-химические показатели диффузионного сока, жома, жомопрессовой воды определяли по общепринятым методам согласно «Инструкции по химико-техническому контролю и учету сахарного производства».

Результаты исследований.

Для экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки и обеспечения производства диффузионным соком на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» установлена колонная диффузионная установка фирмы БМА с номинальной производительностью 10000 т/сут. По данным предприятия, в сезоны переработки сахарной свеклы урожая 2017–2018 гг. производительность колонной диффузионной установки составила 77–82 % от заявленной производителем.

Анализ данных физико-химических показателей диффузионного сока, жома и жомопрессовой воды за периоды переработки свеклы урожая 2017–2018 гг.

На рис. 1а–1г приведены гистограммы, отражающие изменение качественных показателей диффузионного сока в течение сезонов переработки сахарной свеклы урожая 2017–2018 гг. Анализ представленных данных показывает, что действующий технологический режим позволяет получить диффузионный сок хорошего и среднего качества (по классификации К. Вукова [15]) в течение всего сезона переработки, несмотря на меняющееся качество сырья.

В 2017 г. чистота диффузионного сока варьировалась от 89,1 до 91,1 % (рис. 1а), в 2018 г. от 88,96 до 90,72 % (рис. 1б), тогда как качество диффузионного сока считается нормальным, если его чистота не ниже 88 %.

По содержанию общих несахаров диффузионный сок, полученный в сезон переработки свеклы урожая 2017 г. (рис. 1б), соответствовал соку хорошего качества согласно классификации К. Вукова (содержание общих несахаров менее 2 % к массе свеклы), в сезон переработки 2018 г. — хорошего и среднего качества (рис. 1г). Более высокое содержание несахаров в диффузионных соках, полученных на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» в 2018 г., объясняется более высоким содержанием в сырье редуцирующих веществ и α -аминного азота по сравнению с сахарной свеклой урожая 2017 г., что вероятно связано с климатическими условиями.

Более низкие показатели чистоты диффузионного сока наблюдались в начале и в конце производственного сезона (рис. 1), что коррелировало с изменением качества сырья: в начале сезона на переработку часто поступает свекла не достигшая технической зрелости, в конце сезона качество сырья ухудшается в результате длительного хранения.

Следует отметить, что в ноябре и декабре месяце было отмечено высокое содержание мезги в диффузионном соке (более 5 г/л). Наличие мезги отрицательно влияет на качество диффузионного сока, так как на станции очистки под воздействием высокой температуры и щелочности происходит интенсивный гидролиз мезги, сопровождающийся образованием растворимого пектина, повышающего вязкость сока, и органических кислот, образующих с кальцием растворимые соли [16].

Отмечено, что диффузионный сок в конце производственного сезона 2017–2018 гг. характеризовался низким значением pH (ниже 5,5), что может быть причиной инверсии сахарозы и образования редуцирующих веществ. Это в свою очередь приводит к увеличению неучтенных потерь на диффузии, а введение в технологический процесс дополнительного количества редуцирующих веществ может способствовать увеличению цветности сиропа и повышению содержания кальциевых солей.

Таким образом, динамика качественных показателей диффузионного сока на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» отражает чувствительность колонных диффузионных аппаратов к качеству сырья.

Важным показателем, характеризующим эффективность извлечения сахара из свеклы, являются потери сахара в жоме. В сезон переработки свеклы урожая 2017 г. на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» данный показатель составлял 0,15–0,23 % сахара к м. св. (рис. 2а), 2018 г. — 0,19–0,25 % сахара к м. св. (рис. 2б) при нормативной величине не более 0,4 %.

Следует отметить, что минимизация потерь сахара в жоме не всегда оправдана, так как более полному извлечению сахарозы из свеклы сопутствует переход в диффузионный сок большего количества несахаров, а это осложняет процесс сокоочистки, и приводит к увеличению потерь сахара в мелассе, ухудшению качества готового продукта [2].

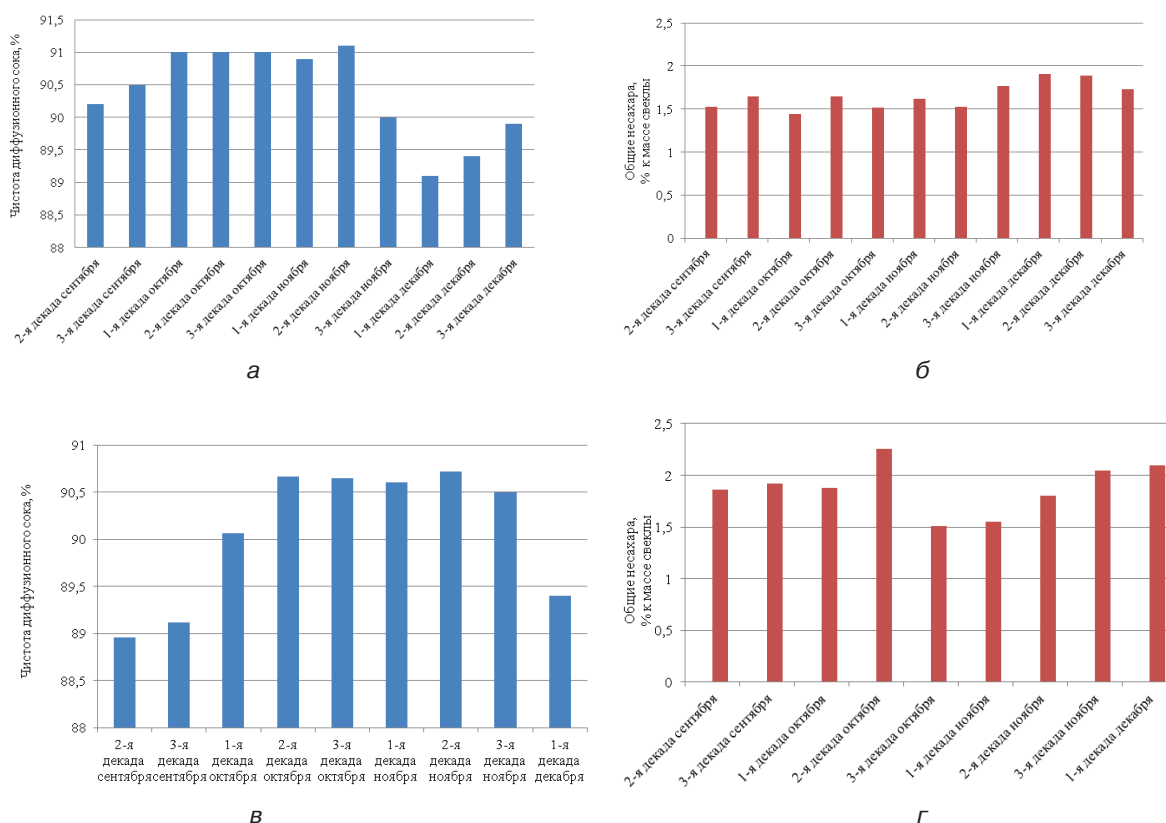


Рис. 1. Динамика качественных показателей диффузионного сока на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» в сезоны переработки сахарной свеклы урожая 2017–2018 гг. (а, б – 2017 г., в, г – 2018 г.)

Fig. 1. Dynamics of indicators of quality of diffusion juice at JSC "Skidel Sugar Factory" in the seasons of sugar beet processing for the 2017 and 2018 harvest (a, b – 2017, c, d – 2018)

Так как вся жомопрессовая вода, образующаяся после прессования свекловичного жома, используется в составе экстрагента на диффузии, от ее качества зависят показатели диффузионного сока. В сезон переработки сахарной свеклы урожая 2017 г. показатель чистоты жомопрессовой воды варьировался от 69,3 до 79,4 % (рис. 3а), в сезон переработки свеклы урожая 2018 г. – от 74,9 до 87,2 % (рис. 3б). Понижение показателя чистоты жомопрессовой воды наблюдалось к концу производственных сезонов (рис. 3), что обусловлено ухудшением качества перерабатываемого сырья.

Чистота жомопрессовой воды является важным производственным показателем. Так как вся жомопрессовая вода используется в качестве экстрагента, снижение ее чистоты приводит к уменьшению эффекта очистки на диффузии, и, следовательно, увеличению расхода извести на очистку, увеличению потерь сахара в мелассе. Значительную долю несахаров жомопрессовой воды составляют высокомолекулярные вещества, в частности белки и пектин [2, 15, 16]. Белки не оказывают негативного влияния на технологический процесс и легко удаляются в процессе очистки, что нельзя сказать о пектине [2, 17–20]. В процессе диффузии под действием фермента пектазы начинается процесс деэтерификации пектина, на стадии дефекации под действием высокой температуры и щелочной среды происходит полная деэтерификация пектина и расщепление образовавшейся пектовой кислоты на фрагменты с меньшей молекулярной массой. Взаимодействие пектовой кислоты с известью приводит к образованию пектатов, которые формируют желатинозный трудноотфильтровываемый осадок [2, 16]. Пектиновые вещества влияют не только на процесс фильтрации. Значительная часть пектиновых веществ не удаляется в процессе очистки и повышает вязкость сиропа, затрудняет процесс уваривания utfелей, способствует увеличению выхода мелассы и потерь сахара в ней. При переработке свеклы, пораженной слизистым бактериозом, в диффузионный сок попадают полисахариды, продуцируемые микроорганизмами, декстран и леван, которые так же как и пектин оказывают негативное влияние на фильтрацию и повышают вязкость растворов [1, 2, 8].

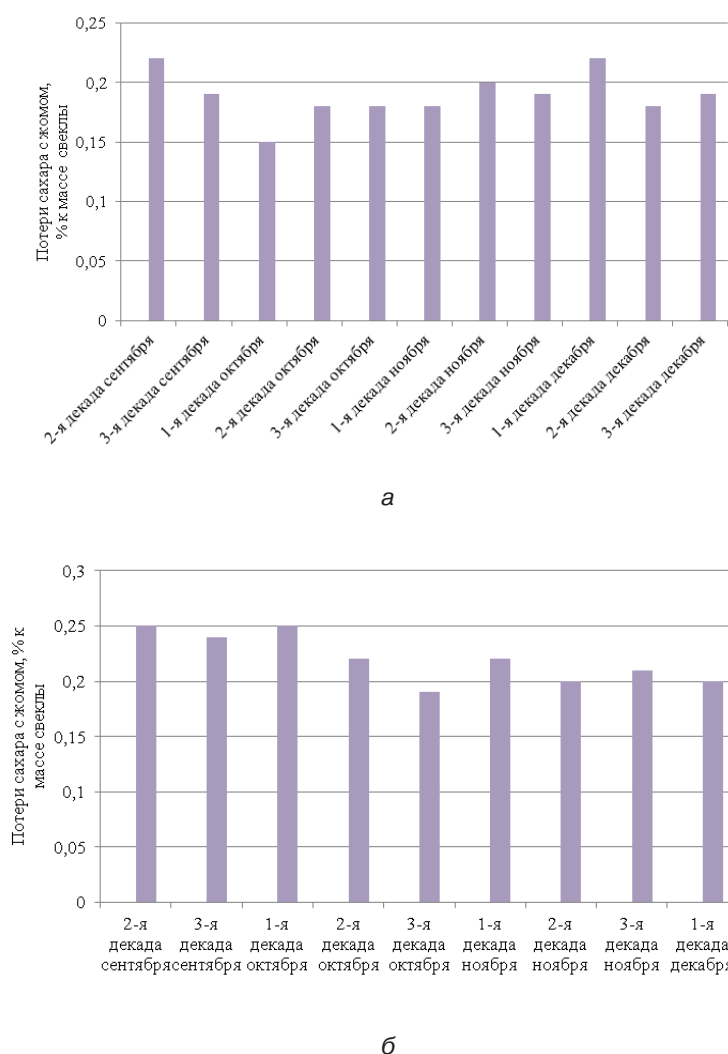
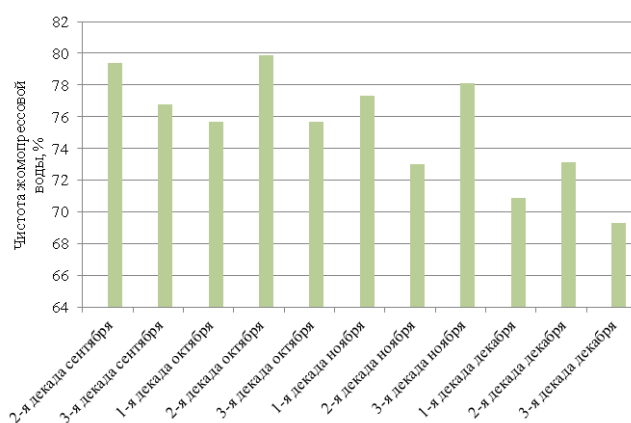


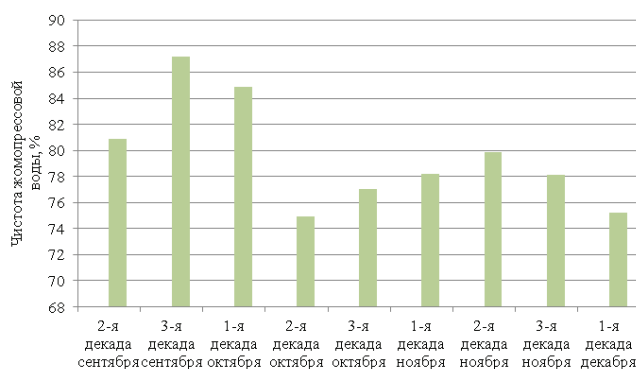
Рис. 2. Потери сахара в жоме на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» в производственные сезоны 2017 (а) и 2018(б) года
 Fig. 2. Sugar losses in pulp at JSC “Skidel Sugar Factory” in production seasons 2017 (a) and 2018 (b)

Учитывая вышеизложенное, становится очевидной актуальность повышения чистоты жомопрес- совой воды, особенно при переработке сырья ухудшенного качества. В научно-технической ли- тературе для снижения содержания высокомолекулярных коллоидных соединений (ВМС) в жомопрес- совой воде рекомендуется использовать флокулянты [2, 8, 15]. Вместе с тем, введение в технологический процесс дополнительных технологических вспомогательных средств экономи- чески не всегда оправдано и связано с рядом технологических осложнений. Уменьшить содержание ВМС можно за счет сокращения времени пребывания стружки в диффузионном аппарате, т.е. умень- шения степени обессахаривания стружки. Согласно экспериментальным данным, обессахаривание свекловичной стружки до 12 % сухих веществ с последующим глубоким прессованием до 24 % сухих веществ и более позволяет снизить концентрацию веществ коллоидной дисперсности в жомопрес- совой воде более чем в 1,5 раза [2, 21]. Достижимый эффект можно объяснить тем, что свекловичная ткань частично обессахаренной свекловичной стружки с повышением степени ее прессования при- обретает свойства фильтрующего слоя с более мелкими порами, обладающего высокой фильтраци- онной способностью, что препятствует переходу в жомопрессовую воду веществ коллоидной дис- персности.

Такой подход представляет интерес, так как позволяет не только повысить качество диффузион- ного сока, но и увеличить производительность диффузионного аппарата за счет сокращения време- ни пребывания стружки в нем, а так же уменьшить величину откачки.



а



б

Рис. 3. Динамика показателя чистоты жомопрессовой воды в сезон переработки свеклы урожаев 2017(а) и 2018(б) гг.

Fig. 3. The dynamics of the purity of pulp press water in the beet processing season of the crops in 2017 (a) and 2018 (b)

Заключение. Анализ данных производственных сезонов 2017–2018 гг. на ОАО «Скидельский сахарный комбинат», где введена в эксплуатацию колонная диффузионная установка фирмы БМА, показывает, что современный колонный диффузионный аппарат позволяет получать диффузионный сок хорошего качества в течение всего сезона переработки сахарной свеклы, несмотря на изменение качества сырья. Вместе с тем, снижение чистоты диффузионного сока и жомопрессовой воды к концу производственного сезона, свидетельствует о наличии резерва повышения эффективности диффузии и необходимости оптимизации работы диффузионной установки, разработки корректирующих действий при изменении качества сырья.

Список использованных источников

1. Бугаенко, И.Ф. Повышение эффективности сахарного производства. Часть II. Извлечение сахара из стружки / И.Ф. Бугаенко. — Москва, 2000. — 70 с.
2. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара: Учебник для студентов вузов / И.Ф. Бугаенко, В.И. Тужилкин. Ч.1. — СПб. : ГИОРД, 2007. — 512 с.
3. Бугаенко, И.Ф. Принципы эффективного сахарного производства / И.Ф. Бугаенко. — М. : ООО «Инмашпроект», 2003. — 285 с.
4. Даишев, М.И. Теоретические основы технологии сахара. Ч. 1. Технология получения диффузионного сока (современное состояние и перспективы развития) / М.И. Даишев. — Краснодар : Куб ГТУ, 1997. — 68 с.
5. Силин, П.М. Технология сахара / П.М. Силин. — М.: Пищевая промышленность, 1967. — 625 с.
6. Бугаенко, И.Ф. Основы сахарного производства / И.Ф. Бугаенко. — М. : ЗАО «Международная сахарная компания», 2002. — 355 с.

7. Верхова, Л.А. Критерии оценки эффективности процесса в диффузионных установках / Л.А. Верхова, Н.Н. Пушанко // Сахар. — 2007. — № 5. — С. 25–29.
8. Технологические отклонения в сахарном производстве / перевод с чешского Бугаенко И.Ф. — М.: Агропромиздат, 1986. — 262 с.
9. Причины технологических отклонений в сахарном производстве, методы их устранения / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск: ИВЦ Минфина, 2016. — 168 с.
10. Коваль, Е.Т. Испытание непрерывно действующего диффузионного аппарата фирмы БМА производительностью 15000 ц свеклы в сутки / Е.Т. Коваль, А.Я. Загорулько, А.К. Бурьма, В.Г. Ярмилко, В.Я. Вайлов // Труды ЦИНСа. — Москва, 1963. — Вып. XI. — С. 84–104.
11. Валовой, Б.Н. Комплексная оценка основных типов диффузионных установок свеклосахарного производства / Б.Н. Валовой [и др.] // Сахар. — 2016. — № 11. — С. 24–31.
12. Коваль, Е.Т. Испытание непрерывно действующего диффузионного аппарата Буккау-Вольф на Саливонковском сахарном заводе / Е.Т. Коваль, А.Я. Загорулько, А.А. Липец // Труды ЦИНСа. — Москва, 1960. Вып. VII. — С. 19–42.
13. Обобщение опыта внедрения непрерывно действующих диффузионных установок на сахарных заводах Украинской ССР / Издание второе. Укргипросахар. — 1962. — 77 с.
14. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства: Утв. М-вом пищ. пром-ти СССР 27.07.81. — К.: Издана ВНИИ сахарной пром-ти. — 1983. — 476 с.
15. Очистка диффузионного сока в сахарном производстве / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск: Беларус. навука, 2013. — 232 с.
16. Даишев, М.И. Влияние pH на переход пектиновых веществ в диффузионный сок / М.И. Даишев, Н.П. Троянова // Сахарная промышленность. — 1970. — № 7. — С. 17–20.
17. Лосева, В.А. Коллоиды в продуктах свеклосахарного производства / В.А. Лосева, Р.П. Лисицкая // Известия вузов. Пищевая технология. — 1986. — № 2 — С. 21.
18. Рева, Л.П. Очистка диффузионного сока от белков / Л.П. Рева, Г.А. Симакова, В.М. Логвин // Известия вузов. Пищевая технология. — 1983. — № 5. — С. 52.
19. Рева, Л.П. Коагуляция белков и продуктов деструкции на предварительной дефекации / Л.П. Рева, Г.А. Симакова, В.М. Логвин // Сахарная промышленность. — 1985. — № 1. — С. 25.
20. Добжицкий, Я. Очистка соков в сахарном производстве / Я. Добжицкий // Пищевая промышленность. — 1964. — № 3. — С. 27.
21. Семенихин, С.О. Совершенствование технологии извлечения сахарозы из свекловичной стружки: автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. техн. наук. / С.О. Семенихин. — Краснодар, 2015. — 138 с.

References

1. Bugayenko, I.F. Povysheniye effektivnosti sakharnogo proizvodstva. Chast' II. Iz-vlecheniya sakhara iz struzhki [*Improving the efficiency of sugar production. Part II Extraction of sugar from chips*] / I.F. Bugayenko. — Moskva, 2000. — 70 s.
2. Bugayenko, I.F. Obshchaya tekhnologiya otrasli: Nauchnyye osnovy tekhnologiy sakhara: Uchebnik dlya studentov vuzov [*General industry technology: Scientific foundations of sugar technology: Textbook for university students*] / I.F. Bugayenko, V.I. Tuzhilkin. CH.1. — SPb.: GIORD, 2007. — 512 s.
3. Bugayenko, I.F. Printsipy effektivnogo sakharnogo proizvodstva [*General industry technology: Scientific foundations of sugar technology: Textbook for university students*] / I.F. Bugayenko — М.: ООО «Inmashproyekt», 2003. — 285 s.
4. Daishev, M.I. Teoreticheskiye osnovy tekhnologii sakhara. CH. 1. Tekhnologiya polu-cheniya diffuzionnogo soka (sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya) [*Theoretical foundations of sugar technology. Part 1. The technology of obtaining diffusion juice (current status and development prospects)*]. — Krasnodar: Kub GTU, 1997. — 68 s.
5. Silin, P.M. Tekhnologiya sakhara [*Technology of sugar*] / P.M. Silin. — М.: Pishchevaya promyshlennost', 1967. — 625 s.
6. Bugayenko, I.F. Osnovy sakharnogo proizvodstva [*Fundamentals of sugar production*] / I.F. Bugayenko. — М.: ЗАО «Mezhdunarodnaya sakharnaya kompaniya», 2002. — 355 s.
7. Verkhova, L.A. Kriterii otsenki effektivnosti protsessa v diffuzionnykh ustanovkakh [*Criteria for assessing the effectiveness of the process in diffusion plants*] / L.A. Verkhova, N.N. Pushanko // Sakhar. — 2007. — № 5. — С. 25–29.
8. Tekhnologicheskiye otkloneniya v sakharnom proizvodstve [*Technological deviations in sugar production*] / perevod s cheshskogo Bu-gayenko I.F. — М.: Agropromizdat, 1986. — 262 s.
9. Prichiny tekhnologicheskikh otkloneniy v sakharnom proizvodstve, metody ikh ust-raneniya [*Causes of technological deviations in sugar production, methods for their elimination*] / Z.V. Lovkis [i dr.]; pod obshch. red. Z.V. Lovkisa. — Minsk: IVTS Minfi-na, 2016. — 168 s.

10. Koval' Ye.T., Zagorul'ko A.YA., A.K. Buryma, V.G. Yarmilko, V.YA. Ispytaniye na nepreryvnost' diffuzionnogo apparata firmy BMA 15 000 rabochikh dney v sutki [*Testing a continuously operating diffusion apparatus of the BMA company with a productivity of 15,000 centners of beets per day*] // Trudy TSINSA. — Moskva, 1963. — Vyp. XI. — S. 84–104.
11. Valovoy, B.N. Kompleksnaya otsenka osnovnykh tipov diffuzionnykh ustanovok sveklosakharnogo proizvodstva [*A comprehensive assessment of the main types of diffusion plants for sugar beet production*] / B.N. Valovoy [i dr.] // Sakhar. — 2016. — № 11. — S. 24–31.
12. Koval' Ye.T., Zagorul'ko A.YA., Lipets A.A. Ispytaniye nepreryvno deystvuyushchego diffuzionnogo apparata Bukkau-Vol'f na Salivonkovskom sakharom zavode [*Testing a continuously operating diffusion apparatus Bukkau-Wolf at the Salivonkovsky sugar factory*] // Trudy TSINSA. — Moskva, 1960. Vyp. VII. — S. 19–42.
13. Obobshcheniye opyta vnedreniya nepreryvno deystvuyushchikh diffuzionnykh ustanovok na sakharnykh zavodakh Ukrainskoy SSR [*Generalization of the experience of introducing continuously operating diffusion plants in sugar factories of the Ukrainian SSR*] / Izdaniye vtoroye. Ukrgiprosakhar. — 1962. — 77 s.
14. Instruksiya po khimiko-tehnicheskomu kontrolyu i uchetu sakharного proizvodstva [*Instructions for chemical-technical control and accounting of sugar production*]: Utv. M-vom pishch. prom-ti SSSR 27.07.81. — K.: Izdana VNII sakharной prom-ti. — 1983. — 476 s.
15. Ochistka diffuzionnogo soka v sakharom proizvodstve [*Purification of diffusion juice in sugar production*] / Z.V. Lovkis [i dr.]; pod obshch. red. Z.V. Lovkisa. — Minsk: Belarus. navuka, 2013. — 232 s.
16. Daishev, M.I. Vliyaniye pH na perekhod pektinovykh veshchestv v diffuzionnyy sok [*The effect of pH on the transition of pectin substances into diffusion juice*] / M.I. Daishev, N.P. Troyanova // Sakharная promyshlennost'. — 1970. — № 7. — S. 17–20.
17. Loseva, V.A. Kolloidy v produktakh sveklosakharnogo proizvodstva [*Colloids in sugar beet products*] / V.A. Loseva, R.P. Lisitskaya // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. — 1986. — № 2 — S. 21.
18. Reva, L.P. Ochistka diffuzionnogo soka ot belkov [*Purification of diffusion juice from proteins*] / L.P. Reva, G.A. Simakova, V.M. Logvin // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. — 1983. — № 5. — S. 52.
19. Reva, L.P. Koagulyatsiya belkov i produktov destruktivnoy na predvaritel'noy defe-katsii [*Coagulation of proteins and degradation products on preliminary defecation*] / L.P. Reva, G.A. Simakova, V.M. Logvin // Sakharная promyshlennost'. — 1985. — № 1. — S. 25.
20. Dobzhitskiy, YA. Ochistka sokov v sakharom proizvodstve [*Juice purification in sugar production*] / YA. Dobzhitskiy // Pishchevaya promyshlennost'. — 1964. — № 3. — S. 27.
21. Semenikhin, S.O. Sovershenstvovaniye tekhnologii izvlecheniya sakharozy iz sveklovichnoy struzhki [*Improving the technology for the extraction of sucrose from beet chips*]: avtoref. diss. na soiskaniye uch. st. kant. tekhn. nauk. / S.O. Semenikhin. — Krasnodar, 2015. — 138 s.

Информация об авторах

Колоскова Ольга Владимировна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: jkz-85@tut.by

Никулина Оксана Константиновна — заведующая научно-исследовательской лабораторией сахарного производства, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sugar@belproduct.by

Шепшелев Александр Анатольевич — кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: shepshelev@belproduct.com

Information about authors

Koloskova Olga V. — Ph.D. (Engineering), Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jkz-85@tut.by

Nikulina Oksana K. — Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sugar@belproduct.by

Shepshelev Aleksandr A. — Ph.D. (Engineering), Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shepshelev@belproduct.com

УДК 577.114.083

Поступила в редакцию 10.06.2019
Received 10.06.2019**О.В. Павлова, О.К. Гладкая, М.М. Трусова***Учреждение образования «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»,
г. Гродно, Республика Беларусь***ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СОРБЦИИ НА СОРБЦИОННУЮ
АКТИВНОСТЬ ХИТОЗАНА**

Аннотация. Во введении описывается строение хитозана, возможные области его использования в биотехнологическом производстве, пищевой промышленности и медицине, сельском хозяйстве. Представлен краткий обзор основной сырьевой базы для получения хитозана, отмечена необходимость нахождения оптимальных условий сорбции для проведения полного и детального анализа сорбционной активности хитозана.

Целью исследования является определение оптимальных условий системы сорбент-сорбат для выявления показателей сорбционной способности хитозана, а именно сорбционной емкости, удельной поверхности образцов сорбента и коэффициента распределения в системе сорбент-сорбат.

В основной части с целью изучения влияния исследуемых факторов на сорбционные способности хитозана был проведен двухфакторный эксперимент по оптимизации условий сорбции. Для проведения анализа значимости факторов с целью определения диапазона оптимальных значений этих показателей (экспозиция, температура) был проведен двухфакторный регрессионный анализ.

Результаты проведенного анализа показали, что на сорбционную способность хитозана достоверно влияют оба показателя (экспозиция, температура), значимым является и их сочетание. Максимальная сорбционная активность хитозана была выявлена при температуре 30 °С и экспозиции 60 мин. Полученные данные о диапазонах варьирования исследуемых факторов на контролируемый показатель послужили основой для использования оптимального режима при изучении сорбционных свойств хитозана.

Были установлены и проанализированы такие показатели сорбционной активности хитозана как, сорбционная емкость, удельная поверхность образцов сорбента, а также коэффициент распределения в системе сорбент-сорбат.

Ключевые слова: система сорбент-сорбат, хитозан, сорбционная активность, двухфакторный регрессионный анализ

O.V. Pavlova, O.K. Gladkaya, M.M. Trusova*Educational institution «Yanka Kupala State University of Grodno», Minsk, Republic of Belarus***THE INFLUENCE OF THE SYSTEM SORBENT SORBATE
ON THE SORPTION ACTIVITY OF CHITOSAN**

Abstract. The introduction describes the structure of chitosan, the possible areas of its use in biotechnological production, food industry and medicine, and agriculture. A brief review of the main raw materials bases of chitosan is presented, as well as noted the need to find the optimal mode of the sorbent-sorbate system, to conduct a complete and detailed analysis of the sorption activity of chitosan.

The purpose of the study is to determine the optimal conditions of the sorbent sorbate system to identify indicators of the sorption capacity of chitosan, namely the sorption capacity, the specific surface of the sorbent samples, as well as the distribution coefficient in the sorbent sorbate system.

In the main part, in order to study the influence of the studied factors on the sorption abilities of chitosan, a two-factor experiment was conducted to optimize the modes of the sorbent-sorbate system. To analyze the significance of factors in order to determine the range of optimal values of these indicators (exposure, temperature), two-factor analysis of variance was performed.

The results of the two-factor analysis of variance showed that both indicators (exposure, temperature) reliably influence the sorption capacity of chitosan, their combination is also significant. The maximum sorption activity of chitosan was detected at a temperature of 30 °C and exposure for 60 minutes. The obtained

data on the ranges of variation of the studied factors on a controlled indicator formed the basis for the use of the optimal mode in studying the sorption properties of chitosan.

Such indicators of chitosan sorption activity as sorption capacity, specific surface area of sorbent samples, as well as the distribution coefficient in the sorbent-sorbate system were established and analyzed.

Keywords: sorbent-sorbate system, chitosan, sorption activity, two-factor analysis of variance

Введение. Хитозан является продуктом деацетилирования хитина [1]. В зависимости от условий (концентрация и температура щелочной обработки) из хитина можно получить хитозан с различной степенью деацетилирования. Благодаря наличию аминных групп, хитозан обладает большей реакционной активностью по сравнению с хитином [2]. Хитозан является аминополисахаридом, полученным при удалении ацетильной группы из положения C_2 в хитине в результате обработки его в жестких условиях раствором щелочи, что позволяет заместить ацетильные группы хитина аминогруппами [3]. Уникальная структура макромолекулы хитозана и наличие положительного заряда обуславливают проявление антиоксидантных, радиопротекторных, волокно- и пленкообразующих, иммуномодулирующих, противоопухолевых свойств, а также его низкую токсичность и способность к биодegradации [4, 5, 6].

Интерес к исследованию такого биополимера, как хитозан, вызван его уникальными свойствами, позволяющими использовать его в различных областях человеческой деятельности [7]. В пищевой промышленности хитозан применяется в качестве загустителя и структурообразователя, при создании простых и многокомпонентных эмульсий, а также непосредственно при производстве продуктов питания, как один из компонентов в технологическом процессе. Благодаря тому, что хитозан обладает бактерицидным действием, его активно применяют при изготовлении пищевых пленок для хранения различной продукции [8]. Наличие хитозана в составе пищевых продуктов положительно сказывается на их биологической ценности. Хитозан попадая в пищеварительный тракт человека, не усваивается, а в кислой среде желудка образует раствор высокой вязкости, поэтому может быть использован как профилактический препарат в качестве энтеросорбента, ингибитора пепсина и регулятора кислотности желудочного сока [9]. В медицине хитозан нашел широкое применение в производстве хирургических нитей, искусственной кожи, лекарственных форм антисклеротического, антикоагуляционного и антиартрозного действия [10]. Немало важной является способность хитозаноулучшать всасывание и эффективность труднорастворимых лекарственных препаратов, способствовать их пролонгированному действию, а также эффективно выводить из организма токсические продукты распада лекарственных средств [11]. В сельском хозяйстве хитозан применяется в качестве биостимулятора, обеспечивающего повышение урожайности сельскохозяйственных растений, как средство в борьбе с нематодами почв и корневой гнилью [12]. В ветеринарии активно разрабатываются кормовые добавки и обогащенные корма с добавлением хитозана, они способны повысить резистентность животных к инфекционным заболеваниям и укрепить общее здоровье поголовья [13]. В экологии и биотехнологии хитозан применяется для очистки сточных вод от органических и неорганических загрязнений, для иммобилизации ферментов и сорбции тяжелых металлов, радионуклидов [14]. Помимо всего перечисленного хитозан используется при изготовлении стиральных порошков, ткани, в бумажной промышленности [15].

Основной сырьевой базой для получения хитозана служит хитин, являющийся основой наружного скелета ракообразных, кутикулы насекомых, клеточной стенки грибов и некоторых бактерий [16]. Долгое время повсеместно в промышленном производстве хитозана основным сырьем служили ракообразные, но использование этого сырья может быть рентабельным только при условии одновременного извлечения всех полезных веществ, которые содержатся в панцире [17]. Кроме того, предприятия по получению хитина из панцирей ракообразных должны быть расположены в непосредственной близости от мест их лова. Поэтому, актуальным является получение хитозана из клеточных стенок грибов. Распространенность грибных организмов в природе и их высокая продуктивность делает этот источник хитозана промышленно значимым, особенно при использовании мицелия грибов, применяемых в биотехнологических процессах получения органических кислот, ферментов, антибиотиков [18]. Перспективным сырьевым источником хитинсодержащего сырья, целесообразным с экономической и экологической точки зрения, в Республике Беларусь является отход микробиологического синтеза лимонной кислоты — биомасса мицелиального гриба *Aspergillus niger*, выращиваемая в ходе глубинного культивирования на свекловичной мелассе (ОАО «Скидельский сахарный комбинат»).

Важными свойствами хитозана являются гигроскопичность, сорбционные свойства, способность к набуханию. Из-за того, что в молекуле хитозана содержится большое количество гидроксильных, аминных и других групп, его гигроскопичность очень велика (2–5 молекул на одно мономерное звено, которое находится в аморфных областях полимеров). По этому показателю хитозан уступает только глицерину и превосходит полиэтиленгликоль и каллериоль (высокополимерный спирт из

груши) [19]. Хитозан хорошо набухает и прочно удерживает в своей структуре растворитель, а также растворенные и взвешенные в нем вещества и в растворенном виде обладает намоными большими сорбционными свойствами, чем в нерастворенном. Использование сорбирующих свойств хитозана в биотехнологическом производстве должно идти по пути оптимизации производственного процесса. Необходимо проведение полного и детального анализа оптимальных условий, при которых проявляется максимальная сорбционная активность хитозана. Таким образом, можно снизить количество затрачиваемого сорбента в технологическом процессе, и как следствие уменьшить себестоимости готового продукта.

Целью исследования является определение оптимальных условий системы сорбент-сорбат для выявления показателей сорбционной способности хитозана, а именно сорбционной емкости, удельной поверхности образцов сорбента и коэффициента распределения.

Объекты и методы исследований. Хитозан выделяется из биомассы *Aspergillus niger* в результате последовательного четырехступенчатого кислотного-щелочного гидролиза. На первой ступени сырую биомассу обрабатывали раствором NaOH с концентрацией 2 % при температуре 90 °С в течение 1 ч. Второй этап состоит в воздействии на полученный после первой стадии полупродукт раствором соляной кислоты с концентрацией 3 % при температуре 30 °С и экспозицией 1 ч.

Установлено, что заданный режим обработки исходного сырья, концентрация HCl 3 %; температура 30 °С; экспозиции обработки 1 ч, является более эффективным способом деминерализации исходной биомассы, так как, способствует значительному освобождению клеточной стенки от остатков минеральных веществ, процентное соотношение уменьшения концентрации химических элементов по сравнению с контрольными образцами [3]. Третья стадия заключается в обработке полученного полупродукта 6 % раствором перекиси водорода. После каждого этапа обработки образцы промываются дистиллированной водой до pH = 7 и отжимаются. На четвертом этапе сырье обрабатывалось раствором гидроокиси натрия с процентным содержанием 40 %, при температурном режиме 90 °С в течение 1 ч. Завершающим этапом являлась сушка полученного продукта на целлофане при температурном режиме 20 °С и дальнейшая гомогенизация.

Полученное сырьё используется для определения адсорбционной способности по метиловому оранжевому (технические условия ГОСТ 4453-74). Для построения градуировочного графика готовят растворы сравнения. Для этого в 10 мерных колб объемом 100 см³ каждая вводят 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 см³ рабочего раствора метилового оранжевого массовой концентрации 150 мг/дм³ после чего объемы доводят водой температурой (20±2) °С до метки. Полученные растворы содержат в 1 дм³ соответственно 0,75; 1,50; 3,00; 4,50; 6,00; 7,50; 9,00; 10,50; 12,00; 13,50 мг/дм³ метилового оранжевого.

Оптическую плотность приготовленных растворов сравнения измеряют на фотоэлектроколориметре, используя светофильтр с длиной волны от 390 до 410 нм в кюветах с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм. В качестве контрольного раствора применяют дистиллированную воду. По полученным данным строят градуировочный график зависимости оптической плотности от массовой концентрации раствора сравнения, данные для построения графика указаны в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Зависимость оптической плотности от массовой концентрации раствора
Table 1. The dependence of optical density on the mass concentration of the solution

№ станд. р-ра	Стандартный раствор индикатора 150 мг/дм ³ , мл	Дистиллированная вода, см ³	С – концентрация индикатора, мг/ дм ³	D – оптическая плотность
1	0,5	99,5	0,75	0,116
2	1,0	99,0	1,50	0,179
3	2,0	98,0	3,00	0,243
4	3,0	97,0	4,50	0,294
5	4,0	96,0	6,00	0,550
6	5,0	95,0	7,50	0,425
7	6,0	94,0	9,00	0,479
8	7,0	93,0	10,50	0,538
9	8,0	92,0	12,00	0,598
10	9,0	91,0	13,50	0,643

Для проведения анализа готовят раствор индикатора массовой концентрации 1500 мг/дм³. Навеску хитозана массой 0,1 г помещают в коническую колбу, вместимостью 100 см³, прибавляют 25 см³ раствора метилового оранжевого массовой концентрации 1500 мг/дм³, закрывают пробкой и взбалтывают на аппарате для встряхивания жидкости в сосудах в течение 20 мин. После взбалтывания

полученную суспензию переносят в пробирки для центрифугирования и центрифугируют в течение 15 мин. Осторожно отбирают пипеткой 1 см³ осветленного раствора и переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³. Раствор в колбе разбавляют дистиллированной водой до метки. Оптическая плотность раствора после разбавления равна 0,626 оптических единиц. Коэффициент разбавления при этом равен 100.

Адсорбционную активность хитозана по индикатору в миллиграммах на 1 г продукта вычисляют по формуле 1:

$$X = \frac{(C_1 - C_2 K) \times 0,025}{m}, \quad (1)$$

где X – адсорбционная активность хитозана, (мг/г); C_1 – массовая концентрация исходного раствора индикатора, (мг/дм³); C_2 – массовая концентрация раствора после контактирования с хитозаном, (мг/дм³); K – коэффициент разбавления раствора; 0,025 – объем раствора индикатора, взятого для осветления, (дм³); m – масса навески хитозана, (г).

Определение удельной поверхности образцов сорбента в метрах на 1 г продукта производится по формуле 2:

$$S_{уд} = A \times S \times N_A, \quad (2)$$

где $S_{уд}$ – удельная поверхность образцов сорбента, (м²/г); A – количество сорбированного индикатора, (мг/г); S – площадь занимаемая одной молекулой сорбента в монослое, (0,57*10⁻¹⁸ м²); N_A – число Авогадро, (6,02*10²³).

Определение коэффициента распределения в системе сорбент-сорбат вычисляют по формуле 3:

$$K_d = \frac{CE}{C_{кон}}, \quad (3)$$

где K_d – коэффициент распределения, (мл/г); CE – адсорбционная активность, (мг/г); $C_{кон}$ – конечная концентрация, (мг/дм³).

Для построения эффективной математической модели целесообразно провести предварительный анализ значимости факторов (степени влияния на функцию), их ранжирование и исключить мало-значимые факторы. Планирование эксперимента и обработку экспериментальных данных проводили при помощи программ STATISTICA 6.1 и STATGRAPHICS.

При выборе факторов для проведения эксперимента учитывали соответствие факторов условиям управляемости (возможность установки и поддержания значения параметра постоянным), совместимости (не должны вызывать нарушения технологического процесса), независимости (устанавливаются независимо друг от друга) и однозначности (не являются функциями друг друга). Условия функционирования выбранных факторов указаны в табл. 2.

Таблица 2. Единицы варьирования компонентов среды
Table 2. Units of variation of components of the environment

Компонент среды	Фактор	Уровень			Единица варьирования (λ)
		Нижний (-)	Средний (0)	Верхний (+)	
Температура, °C	X_1	20	30	40	10
Экспозиция, мин	X_2	20	40	60	20

Результаты исследований и их обсуждение. Составлена матрица полного факторного эксперимента (ПФЭ), согласно которой приготовлено 3² варианта режимов сорбции индикатора с целью определения оптимальных условий сорбции. Матрица планирования двухфакторного эксперимента по оценке влияния режимов системы на контролируемый показатель (сорбционную активность, мг/г) и его результаты представлены в табл. 3. Повторность опытов – трехкратная. Для построения эффективной математической модели проведён анализ значимости факторов (степени влияния на функцию), и исключение или фиксирование малозначимых факторов.

Результаты проведенного двухфакторного анализа показали, что на сорбционную способность хитозана достоверно влияют оба показателя (экспозиция, температура), значимым является и их сочетание. Максимальная сорбционная активность хитозана была выявлена при температуре 30 °C и экспозиции 60 мин.

По результатам проведенных экспериментов получено уравнение регрессии, которое адекватно описывает взаимосвязь адсорбционной активности от температуры и экспозиции, и является эмпи-

рической математической моделью процесса сорбции. После исключения из уравнения незначимых факторов оно приобретает следующий вид:

$$Y = -803,69 + 60,31X_1 + 0,81X_2 - 0,99X_1^2 + 0,04X_1X_2 - 0,01X_2^2,$$

где Y – адсорбционная активность, (мг/г); X_1 – температура, (°C); X_2 – экспозиция, (мин.).

Т а б л и ц а 3. Матрица планирования двухфакторного эксперимента и его результаты
Table 3. Matrix planning a two-factor experiment and its results

Варианты среды	Исследуемые факторы		Адсорбционная активность, мг/г
	$X_1(t)$	$X_2(\tau)$	
1	-1	-1	36,25±0,005
2	-1	0	53,00±0,051
3	-1	+1	61,25±0,005
4	0	-1	147,00±0,011
5	0	0	178,00±0,068
6	0	+1	197,50±0,068
7	+1	-1	72,50±0,014
8	+1	0	102,50±0,021
9	+1	+1	128,00±0,121

Для сравнения эффектов влияния экспериментальных факторов на функцию отклика, а также оценки значимости полученных коэффициентов уравнений регрессии на рис. 1 представлена карта Парето. Из представленной на рис. 1 карты Парето видно, что исследуемые факторы действуют на адсорбционную активность хитозана не однонаправленно: повышение экспозиции взаимодействия ведет к увеличению адсорбционной активности, оптимальная температура сорбции приближается к 30 °C. Представленная диаграмма также подтверждает значимость коэффициентов уравнений регрессии.

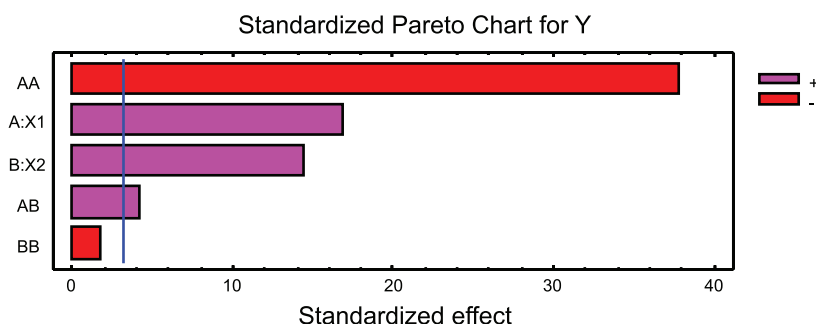


Рис. 1. Стандартизированная карта Парето для адсорбционной активности хитозана
Fig. 1. Standardized Pareto map for chitosan adsorption activity

В результате анализа установлен коэффициент детерминации ($R^2 = 0,9958$), который подтверждает адекватность полученной математической модели. Чем ближе его значение к 1, тем теснее связь результативного показателя, в данном случае адсорбционной активности, с исследуемыми факторами. Значение коэффициента детерминации достаточно. Чем значительнее доля объяснённой вариации, тем меньше роль прочих факторов, т.е. модель регрессии хорошо аппроксимирует исходные данные и такой моделью можно воспользоваться для прогноза значений результативного показателя.

Поверхность отклика, графически отражающая зависимость выходного параметра (адсорбционная активность, мг/г) от температуры и экспозиции, представлена на рис. 2. Данные поверхности позволяют выбрать диапазоны варьирования факторов, которые обуславливают получение максимальной адсорбционной активности.

Установлены и проанализированы такие показатели сорбционной активности хитозана как, удельная поверхность образцов сорбента и коэффициент распределения в системе сорбент-сорбат, значения данных показателей представлены в табл. 4. Значения удельной поверхности образцов сорбента, коэффициента распределения в системе сорбент-сорбат подтверждают заключение о том,

что оптимальными условиями для проведения сорбции с помощью хитозана являются температура 30 °С и экспозиция от 40 до 60 мин.

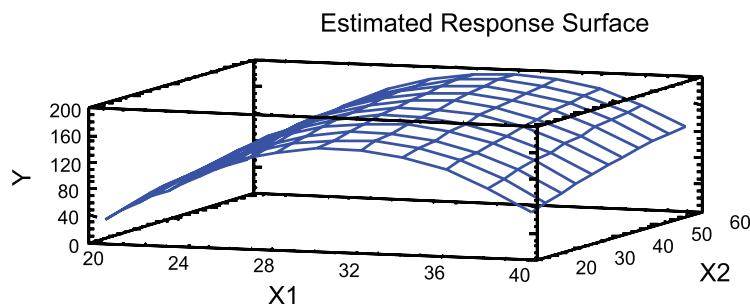


Рис. 2. Поверхность отклика, отражающая зависимость величины адсорбционной активности от температуры и экспозиции

Fig. 2. Response surface, reflecting the dependence of the value of adsorption activity on temperature and exposure

Таблица 4. Значение показателей сорбционной способности хитозана
Table 4. The value of the sorption capacity of chitosan

Варианты среды	Удельная поверхность образцов сорбента, *10 ³ (м ² /г)	Коэффициент распределения в системе сорбент-сорбат, *10 ⁻³ (мл/г)
1	124,35±0,019	30,33±0,003
2	182,20±0,176	47,02±0,026
3	210,17±0,019	55,93±0,003
4	504,41±0,039	196,01±0,008
5	610,89±0,232	284,76±0,062
6	677,59±0,233	359,13±0,071
7	248,81±0,052	69,04±0,008
8	351,61±0,071	110,21±0,012
9	439,28±0,417	155,08±0,085

Заключение. Полученные данные влияния условий сорбции на сорбционную способность хитозана при варьировании температурных режимов и экспозиции взаимодействия системы сорбент-сорбат явились основой для разработки оптимальных условий для осуществления сорбции при помощи хитозана. На основании полученных результатов составлен оптимальный режим сорбционной системы: температура 30 °С и экспозиция обработки от 40 до 60 мин.

Список использованных источников

1. Унрод, В.И. Хитин- и хитозансодержащие комплексы из мицелиальных грибов: получение, свойства, применение / В.И. Унрод, Т.В. Солодовник // Биополимеры и клетка. – 2001. – Т. 17, №6. – С. 526–533.
2. Лябин, М.П. Совершенствование технологии получения хитозана / М.П. Лябин // Биология и биотехнология. – 2011. – №2. – С. 17–21.
3. Павлова, О.В. Оптимизация режимов деминерализации хитинсодержащего сырья в технологии получения хитозана из мицелиальных грибов рода *Aspergillus* / О.В. Павлова // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер 6. Тэхніка. – 2017. – Т. 7. – № 1. – С. 75–82.
4. Гальбрайт, Л.С. Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / Л.С. Гальбрайт // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, № 1. – С. 51–56.
5. Павлова, О.В. Технология выделения хитинсодержащих компонентов из биомассы мицелиальных грибов / О.В. Павлова, Б.В. Жидок // Молодежь и инновации – 2017: материалы междунар. науч. конф. молодых ученых, Горки, 1–3 июня 2017 г. – Горки, 2017.
6. Скрыбин, Г.А. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / под ред. К.Г. Скрыбина, Г.А. Вихорева, В.П. Варламова. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
7. Горовой, Л.Ф. Сорбционные свойства хитина и его производных: Хитин, его строение и свойства / Л.Ф. Горовой, В.Н. Косяков В кн.: Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. – М.: Наука, 2002. – С. 217–246.

8. Тарановская, Е.А. Очистка сточных вод с применением хитозана / Е.А. Тарановская, Н.А. Собгайда, И.Н. Алферов, П.В. Морев // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2015. — № 10 (185). — С. 322–325.
9. Тыщенко, В.П. Физиология насекомых / В.П. Тыщенко. — М.: Высш. шк., 1986. — 303 с.
10. Сливкин, А.И. Разработка биокатализатора на основе трипсина, иммобилизованного на хитозане / А.И. Сливкин [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. — 2013. — Т. 13, № 1. — С. 53–59.
11. Ковалева, Т.А. Иммобилизация гидролитических ферментов на анионитах / Т.А. Ковалева [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. — 2008. — Т. 8, Вып. 6 — С. 1035–1041.
12. Немцев, С.В. Получение хитина и хитозана из медоносных пчел. / С.В. Немцев, О.Ю. Зуева, М.Р. Хисматуллин, А.И. Албулов, В.П. Варламов // Прикладная биохимия и микробиология. — 2004. — Т. 40. — № 1. — С. 46–50.
13. Красавцев, В.Е. Техничко-экономические перспективы производства хитина и хитозана из антарктического криля / Красавцев В.Е. // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы VII Международной конференции, Москва: ВНИРО, 2003. — С. 7–9.
14. Мезенова, О.Я. Гаммарус балтийский — потенциальный источник получения хитина и хитозана / О.Я. Мезенова, А.С. Лысова, Е.В. Григорьева // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы VII Международной конференции. — М.: ВНИРО, 2003. — С. 32–33.
15. Антарктический криль: Справочник / Под ред. В.М. Быковой. — М: ВНИРО, 2001. — 207 с.
16. Осовская, И.И. Хитин-глюкановые комплексы (Физико-химические комплексы и молекулярные характеристики): учебное пособие / И.И. Осовская, Д.Л. Будилина, Е.Б. Тарабукина, Л.А. Нудьга, Санкт-Петербургский госуд. ун-т. — Санкт-Петербург, 2010. — 52 с.
17. Способ получения глюкан-хитозанового комплекса: пат. № 2043995 Россия, заявл. 1995 / Тесленко, А.Я., Воеводина И.Н., Галкин А.В., Львова Е.Б., Никифорова Т.А., Николаев С.В., Михайлов Б.В., Козлов В.П. — 1995.
18. Харсун, А.И. Биохимия насекомых / А.И Харсун. — Кишинев: Карта, 1976. — С.170–181.
19. Курченко, В.П. Технологические основы получения хитина и хитозана из насекомых / В.П. Курченко, С.В. Буга, Н.В. Петрашкевич, Т.В. Буткевич, А.А. Ветошкин, Е.Л. Демченков, А.Д. Лодыгин О.Ю. Зуева, В.П. Варламов, О.И. Бородин — Труды БГУ. — 2016. — том 11, часть 1. — С. 110–126.

References

1. Unrod, V.I. Khitin- i khitozansoderzhashchie komplekсы iz mitselial'nykh gribov: poluchenie, svoistva i primeneniye [*Chitin- and chitosan-containing complexes from filamentous fungi: preparation, properties, and application*] / Biopolimery i kletka. [*Biopolymers and a cell*] 2001. V. 17. №6. pp. 526–533 (in Russian).
2. Liabin, M.P. Sovershenstvovanie tekhnologii polucheniia khitozana [*Improving the technology of chitosan*] / Biologiya i biotekhnologiya. [*Biology and Biotechnology*] 2011. №2. P. 17–21 (in Russian).
3. Pavlova, O.V. Optimizatsiya rezhimov demineralizatsii khitinsoderzhashchego syr'ya v tekhnologii polucheniia khitozana iz mitselial'nykh gribov roda Aspergillus [*Optimization of demineralization regimes of chitin-containing raw materials in the technology of chitosan production from filamentous fungi of the genus Aspergillus*] / Vestnik GrDU imya Ianki Kupaly. Ser 6. Tekhnika. [*Vestnik GrdU imya Yanke Kupalya*] 2017. T.7. № 1. P. 75–82 (in Russian).
4. Gal'braikh, L.S. Khitin i khitozan: stroenie, svoistva, primeneniye [*Chitin and chitosan: structure, properties, application*] Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal [*Soros Educational Journal*] — 2001. — T.7, №1. — P. 51–56 (in Russian).
5. Pavlova, O.V. Tekhnologiya vydeleniya khitinsoderzhashchikh komponentov iz biomassy mitselial'nykh gribov [*Technology for isolating chitin-containing components from filamentous fungal biomass*] / Molodezh' i innovatsii — 2017: materialy mezhdunar. nauch. konf. molodykh uchenykh, Gorki, 1–3 iyunia 2017 g. [*Youth and Innovations - 2017: materials of the Intern. scientific conf. Young Scientists, Gorki, June 1-3, 2017*] — Gorki, 2017 (in Russian).
6. Skriabin, G.A. Khitin i khitozan. Polucheniye, svoistva i primeneniye [*Chitin and chitosan. Receipt, properties and application*] M.: Nauka [*Science*], 2002. — 368 p. (in Russian).
7. Gorovoi, L.F. Sorbtionnye svoistva khitina i ego proizvodnykh: Khitin, ego stroeniye i svoistva [*Sorption properties of chitin and its derivatives: Chitin, its structure and properties*] M.: Nauka [*Science*], 2002. — P. 217–246 (in Russian).
8. Taranovskaya, E.A. Ochistka stochnykh vod s primeneniem khitozana [*Wastewater treatment using chitosan*] Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. [*Bulletin of Orenburg State University*] — 2015. — № 10 (185) — P. 322–325 (in Russian).

9. Tyshchenko, V.P. Fiziologiya nasekomykh [*Insect physiology*] M: Vyssh.shk [*M: Higher*], 1986. — 303 p. (in Russian).
10. Slivkin, A.I. Razrabotka biokatalizatora na osnove tripsina, immobilizovannogo na khitozane [*Development of a biocatalyst based on trypsin immobilized on chitosan*] Sorbtionnye i khromatograficheskie protsessy [*Sorption and chromatographic processes*]. — 2013. — T.13, № 1. — P. 53–59 (in Russian).
11. Kovaleva, T.A. Immobilizatsiya gidroliticheskikh fermentov na anionitakh [*Immobilization of hydrolytic enzymes on anion exchanger*] Sorbtionnye i khromatograficheskie protsessy [*Sorption and Chromatographic Processes*] — 2008. — T.8, Vyp.6 — P. 1035–1041 (in Russian).
12. Nemtsev, S.V. Poluchenie khitina i khitozana iz medonosnykh pchel. [*Getting chitin and chitosan from honeybees*] Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. [*Applied Biochemistry and Microbiology*] — 2004. — T.40. №1, P. 46–50 (in Russian).
13. Krasavtsev, V.E. Tekhniko-ekonomicheskie perspektivy proizvodstva khitina i khitozana iz antarkticheskogo krilia [*Techno-economic prospects for the production of chitin and chitosan from Antarctic krill*] Sovremennye perspektivy v issledovanii khitina i khitozana: materialy VII Mezhdunarodnoi konferentsii, Moskva: VNIRO, 2003. [*Modern perspectives in the study of chitin and chitosan: proceedings of the VII International Conference, Moscow: VNIRO, 2003.*] — P. 7–9 (in Russian).
14. Mezenova, O.Ia. Gammarus baltiiskii — potentsial'nyi istochnik polucheniia khitina i khitozana [*Gammarus Baltic - a potential source of chitin and chitosan*] Sovremennye perspektivy v issledovanii khitina i khitozana: materialy VII Mezhdunarodnoi konferentsii. — M.: VNIRO, 2003. [*Modern perspectives in the study of chitin and chitosan: proceedings of the VII International Conference. — M.: VNIRO, 2003.*] — P. 32–33 (in Russian).
15. Antarkticheskii kril': Spravochnik [*Antarctic krill: a Handbook*]. — M: VNIRO [*M: VNIRO*], 2001. — 207 p. (in Russian).
16. Osovskaya, I.I. Khitin-gliukanovye komplekсы (Fiziko-khimicheskie komplekсы i molekuliarnye kharakteristiki): uchebnoe posobie [*Chitin-glucan complexes (Physicochemical complexes and molecular characteristics): study guide*] Sankt-Peterburgskii gosud. un-t. [*Petersburg State*] — Sankt-Peterburg, 2010. — 52 p. (in Russian).
17. Sposob polucheniia gliukan-khitozanovogo kompleksa: pat. № 2043995 Rossiia, zaiavl. [*The method of obtaining the glucan-chitosan complex: Pat. No. 2043995 Russia*] 1995 (in Russian).
18. Kharsun, A.I. Biokhimiya nasekomykh. [*Biochemistry of insects*] — Kishinev: Karta [*Chisinau: Map*], 1976. — P. 170–181 (in Russian).
19. Kurchenko, V.P. Tekhnologicheskie osnovy polucheniia khitina i khitozana iz nasekomykh [*Technological basis for the production of chitin and chitosan from insects*] — Trudy BGU. [*Proceedings of BSU*] — 2016. — volume 11, part 1. — p. 110–126 (in Russian).

Информация об авторах

Павлова Оксана Валерьевна — кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по научной работе ГрГУ им. Я. Купалы (ул. Доватора, д. 3/1, каб. 121 а, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: pavlova@grsu.by

Гладкая Ольга Константиновна — магистрант факультета биологии и экологии ГрГУ им. Я. Купалы (ул. Доватора, д. 3/1, каб. 226 а, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: o.gladkaya@grsu.by

Трусова Мария Михайловна — магистрант факультета биологии и экологии ГрГУ им. Я. Купалы (ул. Доватора, д. 3/1, каб. 226 а, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: brui.92@mail.ru

Information about authors

Pavlova Oksana V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean for Scientific Work of the Grodno State University named after Y. Kupala (Dovator st., 3/1, room 121 a, 230029, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: pavlova@grsu.by

Gladkaya Olga K. — graduate student of the Faculty of Biology and Ecology of the Grodno State University named after Y. Kupala (Dovator st., 3/1, room 226 a, 230029, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: o.gladkaya@grsu.by

Trusova Maria M. — graduate student of the Faculty of Biology and Ecology of the Grodno State University named after Y. Kupala (Dovator st., 3/1, room 226 a, 230029, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: brui.92@mail.ru

УДК 664.664.34

Поступила в редакцию 06.12.2019
Received 06.12.2019Н.С. Лаптенок¹, Л.А. Мельникова²¹Государственное предприятие «Белтехнохлеб», г. Минск, Республика Беларусь²Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЭКСТРУЗИОННЫХ ХЛЕБЦЕВ ДЛЯ ПИТАНИЯ БЕРЕМЕННЫХ И КОРМЯЩИХ ЖЕНЩИН

Аннотация. В статье рассмотрены возможности восполнения дефицита пищевых веществ в рационах питания беременных и кормящих женщин за счет использования в меню специализированных изделий — хлебцев экструзионных. Представлены исследования реологического поведения теста из смеси муки и продуктов переработки зерна для приготовления хлебцев экструзионных на приборе Миксолаб по стандартному протоколу «Chopin+». Результаты испытаний реологических характеристик смесей определяли значениями индексов качества, водопоглотительной способности, а также параметрами реологического поведения теста (стабильность теста). Описано влияние концентраций соли и обогащающих добавок на реологические свойства теста. Представлена разработанная научно обоснованная технология производства хлебцев экструзионных для питания беременных и кормящих женщин, а также рецептурные составы хлебцев экструзионных «Мамин выбор», обогащенных кальцием, хлебцев экструзионных «Мамин выбор» с инулином, хлебцев экструзионных «Мамин выбор» бессолевых.

Ключевые слова: хлебцы экструзионные, технология экструзии, беременные и кормящие женщины

N.S. Laptenok¹, L.A. Melnikova²¹State enterprise «Beltekhnohleb», Minsk, Republic of Belarus²Belarusian state University of Economics, Minsk, Republic of Belarus

CREATION OF SPECIALIZED EXTRUSION LOAVES FOR NUTRITION OF PREGNANT AND NURSING WOMEN

Abstract. The article considers the possibility of filling the deficit of nutrients in the diets of pregnant and lactating women through the use of specialized products in the menu-extruded bread. Studies of rheological behavior of dough from a mixture of flour and grain processing products for the preparation of extrusion loaves on the device Mixolab according to the standard Protocol “Chopin+” and the analysis of the results are presented. The results of tests of rheological characteristics of mixtures were determined by the values of quality indices, water absorption capacity, as well as parameters of rheological behavior of the test (test stability). The influence of salt concentrations and enriching additives on the rheological properties of the dough is described. The developed scientifically grounded technology of production of bread extrusion for nutrition of pregnant and nursing women, and also compounding compositions of bread extrusion “Mother’s choice” enriched with calcium, bread extrusion “Mother’s choice” with inulin, bread extrusion “Mother’s choice” salt-free is presented.

Keywords: extrusion loaves, extrusion technology, pregnant and nursing women

Введение. Сбалансированность рациона питания — чрезвычайно важный фактор здоровья и нормальной жизнедеятельности человека в повседневной жизни.

Оптимальное (здоровое) питание беременных и кормящих женщин является важным условием нормального течения беременности, поддержания здоровья женщины, обеспечения адекватного роста и развития плода, и затем — ребенка. Основной составляющей здорового питания является обеспечение организма матери, плода и ребенка всеми необходимыми пищевыми веществами (белками, жирами, углеводами, макро- и микроэлементами, витаминами), потребность в которых, как правило, возрастает в этот период. На протяжении всей беременности питание должно обеспечивать

сложные процессы физиологической перестройки и пластические процессы, происходящие в организме женщины [1].

В период беременности и кормления важное значение имеет ограничение в рационе продуктов с высокой сенсибилизирующей активностью, а также продуктов, содержащих эфирные масла, специи, пряности, консерванты, красители, стабилизаторы [2].

Среди причин повышения частоты патологически протекающих беременностей и родов обоснованно рассматривается и неадекватное потребностям организма питание, в том числе:

- ♦ дефицит полноценных белков, полиненасыщенных жирных кислот;
- ♦ дефицит фолиевой кислоты и других витаминов;
- ♦ дефицит макро- и микроэлементов и других питательных веществ [1, 2].

При организации питания беременных и кормящих женщин следует учитывать факторы, способные негативно влиять на течение беременности, на функции органов и систем организма матери и ребенка.

Анализ научной литературы свидетельствует, что за счет обычного рациона питания сложно обеспечить потребности современного человека в микронутриентах [3, 4].

Поэтому актуальной задачей является производство в республике ассортимента специализированных пищевых продуктов повседневного спроса для питания беременных и кормящих женщин.

Материалы и методы исследований. В качестве материалов для исследований использовали: муку пшеничную первого сорта М36-30, муку пшеничную с высоким содержанием отрубянистых частиц, муку ржаную хлебопекарную сеяную, отруби пшеничные, соль поваренную пищевую йодированную, инулин «FRUTAFIT HD» (изготовитель «Sensus bv», Королевство Нидерландов), комплекс минеральный «Лада», воду.

Реологические характеристики теста из смеси муки для приготовления хлебцев экструзионных и влияние на них соли и обогащающих ингредиентов проводили с помощью измерительной системы «Миксолаб» [5]. Органолептическую оценку качества готовых изделий проводили методом определения органолептических показателей [6].

Результаты исследований и их обсуждение. Хлебобулочные изделия занимают особое место в рационе человека. Потребительскую корзину как здорового человека, так и тех, кто нуждается в диетическом питании невозможно представить без хлеба. Однако не все хлебобулочные изделия полезны для беременных и кормящих женщин.

Для решения проблемы восполнения дефицита пищевых веществ в рационах питания беременных и кормящих женщин государственным предприятием «Белтехнохлеб» разработан ингредиентный состав и технология производства хлебцев экструзионных «Мамин выбор» бессолевых, обогащенных кальцием и с инулином в соответствии с научными принципами обогащения пищевых продуктов и микробиологическими требованиями, предъявляемыми к продуктам для данной целевой группы.

На основании изучения научной и технической информации и результатов исследования фактического питания беременных и кормящих женщин республики обоснованы следующие предложения по ингредиентному составу хлебцев экструзионных:

- ♦ использовать в качестве обогащающей добавки, позволяющей ликвидировать дефицит кальция, минеральный комплекс «Лада» с кальцием в количестве не менее 210 мг/100 г;
- ♦ уменьшить содержание сахара до величин, соответствующих критерию «низкое содержание» (не более 5 г/100 г продукта), для снижения риска развития гестационного диабета;
- ♦ сократить содержание натрия (поваренной соли) до величин, соответствующих критерию «низкое содержание» (не более 0,12 г/100 г продукта), для снижения риска развития отеков, заболеваний почек, сердечной недостаточности и др.;
- ♦ увеличить содержание пищевых волокон до величин, соответствующих критерию «источник» (не менее 3 г/100 г продукта) или высокое содержание (не менее 6 г/100 г продукта), в качестве источников предпочтительнее использовать инулин и олигофруктозу, для улучшения перистальтики кишечника.

В ходе выполнения работы проведены исследования влияния разных дозировок соли поваренной пищевой йодированной (от 0,0 % до 2,0 %), минерального комплекса «Лада» (далее МК «Лада») (от 0,0 % до 3,0 %) и инулина (от 0,0 % до 3,0 %) на реологические свойства теста с целью получения хлебцев экструзионных с качественными характеристиками соответствующими ТНПА.

Для испытаний применяли смеси муки (далее Смесь муки) для хлебцев экструзионных, обогащенных кальцием, и с инулином и смесь муки и продуктов переработки зерна (далее Смесь) для хлебцев экструзионных бессолевых для питания беременных и кормящих женщин. Использовали муку пшеничную первого сорта, муку ржаную хлебопекарную сеяную, муку пшеничную с высоким содержанием отрубянистых частиц, отруби пшеничные. В табл. 1 представлено соотношение муки и продуктов переработки зерна в смеси для производства хлебцев экструзионных для питания беременных и кормящих женщин.

Таблица 1. Соотношение муки и продуктов переработки зерна в смеси для производства хлебцев экструзионных для питания беременных и кормящих женщин
Table 1. The ratio of flour and grain products in the mixture for the production of extrusion loaves for feeding pregnant and lactating women

Наименование компонента	Содержание компонентов в смеси для производства хлебцев экструзионных, мас. %		
	хлебцы экструзионные обогащенные кальцием	хлебцы экструзионные с инулином	хлебцы экструзионные бессолевого
Мука пшеничная первого сорта М 36-30 или М 36-27	46,0	70,0	47,0
Мука ржаная хлебопекарная сеяная	33,0	15,0	43,0
Мука пшеничная с высоким содержанием отрубных частиц	21,0	15,0	-
Отруби пшеничные	-	-	10,0

Исследования реологического поведения теста из Смесей муки и Смеси для приготовления хлебцев экструзионных проводили на измерительной системе «Миксолаб» по стандартному протоколу «Chopin+». Результаты испытаний реологических характеристик Смесей муки и Смеси определяли значениями водопоглотительной способности, индексов качества (Индекс ВПС; Индекс Замеса; Индекс Клейковины; Индекс Вязкости; Индекс Амилолитической активности; Индекс Ретроградации), а также параметрами реологического поведения теста (стабильность теста).

В табл. 2 представлены результаты исследований Смесей муки и Смеси на приборе «Миксолаб», характеризующие качество сырья и реологию теста для производства готовых хлебцев экструзионных.

Таблица 2. Индексы качества Смесей муки и Смеси и параметры реологического поведения теста для приготовления хлебцев экструзионных
Table 2. Indices of mixture quality and parameters of rheological behavior of dough for making bread extrusion

Наименование показателя	Смесь для приготовления		
	хлебцев экструзионных обогащенных кальцием	хлебцев экструзионных с инулином	хлебцев экструзионных бессолевого
Результаты, полученные на приборе «Миксолаб»			
Водопоглотительная способность, %	61,0	60,7	61,8
Индексы качества	7-37-333	7-38-888	8-15-412
Стабильность теста, мин	10,12	10,327	5,97

Кроме того, для хлебцев экструзионных бессолевого на приборе «Миксолаб» проведены исследования влияния соли поваренной пищевой йодированной (с различными дозировками от 0,0 % до 2,0 % с шагом 0,5 %) на реологические свойства Смеси для производства хлебцев экструзионных бессолевого и параметры реологического поведения теста. Результаты исследований представлены на рис. 1 и в табл. 3.

Таблица 3. Влияние изменения дозировки соли на исследуемые показатели качества Смеси для производства хлебцев экструзионных бессолевого
Table 3. Influence of change of dosage of salt on the investigated indexes of quality of Mix for the production of bread extrusion salt-free

Наименование	Дозировка соли, %				
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Результаты исследований на приборе «Миксолаб»					
Индексы качества	8-15-412	8-34-313	8-32-323	8-42-234	8-61-344
Стабильность теста, мин	5,97	6,90	7,88	8,53	9,50

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что уменьшение рецептурного количества соли при производстве хлебцев экструзионных бессолевого приводит к уменьшению индексов замеса, амилолитической активности и ретроградации и увеличению значений индексов клейковины и вязкости, что указывает на то, что содержание соли в тесте влияет на интенсивность набухания коллоидов, скорость протекания ферментативных процессов. Уменьшение соли приводит к снижению стабильности теста и увеличению активности амилолитических ферментов, что приводит к разжижению консистенции теста.

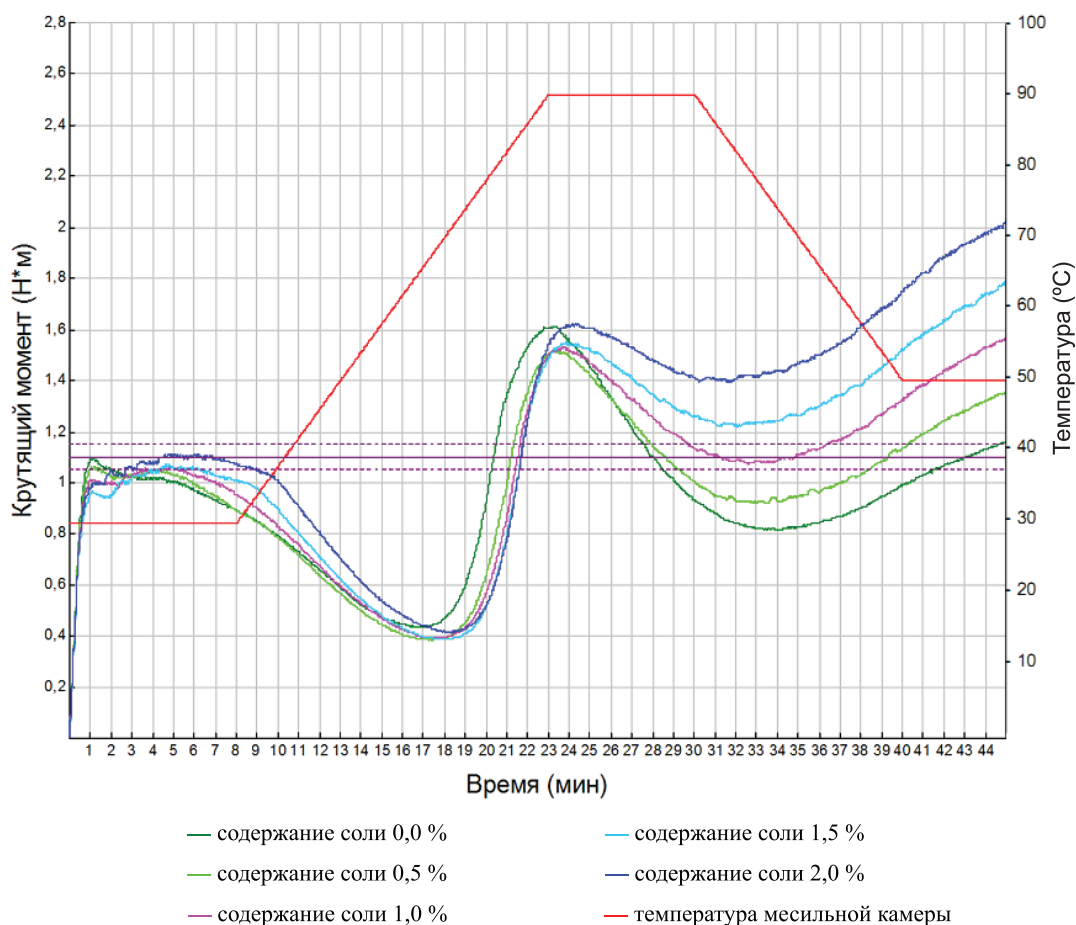


Рис. 1. График-миксолограммы Смеси для хлебцев экструзионных бессолевых с различным содержанием соли

Fig. 1. Chart-Mixology the flour Mix to extrusion salt-free bread with various salt content

На основании данных, полученных в ходе исследований на приборе «Миксолоб», на рис. 2 приведена зависимость стабильности теста из Смеси от количества добавленной соли поваренной пищевой, с увеличением количества соли от 0,0 до 2,0 % к массе муки. С уменьшением рецептурного количества соли показатель стабильности теста из Смеси снижался с 9,5 до 5,97 мин.

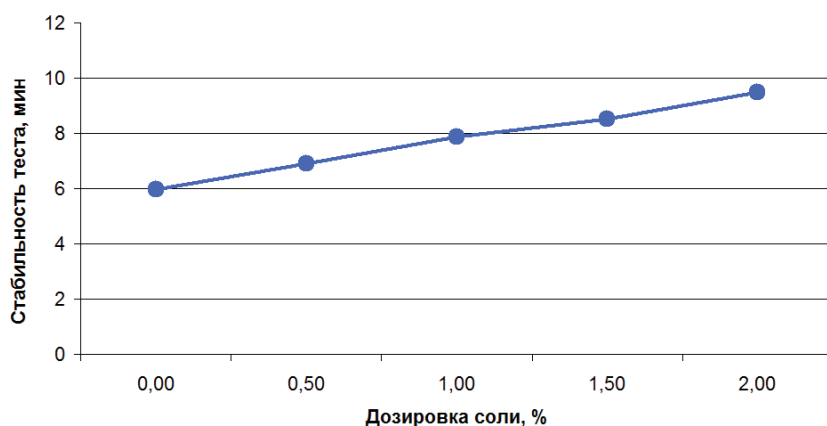


Рис. 2. Зависимость стабильности теста из Смеси для хлебцев экструзионных бессолевых от количества вносимой при замесе соли поваренной пищевой йодированной

Fig. 2. The dependence of the stability of the dough from the Mix for extruded salt free breads on the amount of salt introduced during kneading iodized table salt

Для хлебцев экструзионных, обогащенных кальцием, и хлебцев экструзионных с инулином на приборе «Миксолаб» проведены исследования влияния минерального комплекса «Лада» (с различными дозировками от 0,0 % до 3,0 % с шагом 0,5 %) и инулина (с различными дозировками от 0,0 % до 3,0 % с шагом 1,0 %) на реологические свойства Смеси муки для производства хлебцев экструзионных, обогащенных кальцием, и с инулином и параметры реологического поведения теста. Результаты исследований представлены на рис. 3, 4 и табл. 4, 5.

Таблица 4. Влияние изменения дозировки МК «Лада» на исследуемые показатели качества Смеси муки для производства хлебцев экструзионных обогащенных кальцием

Table 4. Influence of changes in the dosage of MK «Lada» on the investigated indicators of the quality of the flour Mix for the production of calcium-enriched bread extrusion

Наименование	Дозировка МК «Лада», %						
	0,0	0,5	0,7	1,5	2,0	2,5	3,0
Результаты исследований на приборе «Миксолаб»							
Индексы качества	7-37-333	7-36-333	7-37-333	7-37-323	7-37-323	7-27-323	7-37-323
Стабильность теста, мин	10,12	10,22	10,57	10,67	10,68	10,62	11,05

Таблица 5. Влияние изменения дозировки инулина на исследуемые показатели качества Смеси муки для производства хлебцев экструзионных с инулином

Table 5. Influence of change of dosage of inulin on the investigated indexes of quality of Mix of flour for the production of bread an extrusion with an inulin

Наименование	Дозировка инулина, %			
	0,0	1,0	1,8	3,0
Результаты исследований на приборе «Миксолаб»				
Индексы качества	7-38-888	7-28-787	7-28-788	7-28-788
Стабильность теста, мин	10,32	10,80	11,27	11,50

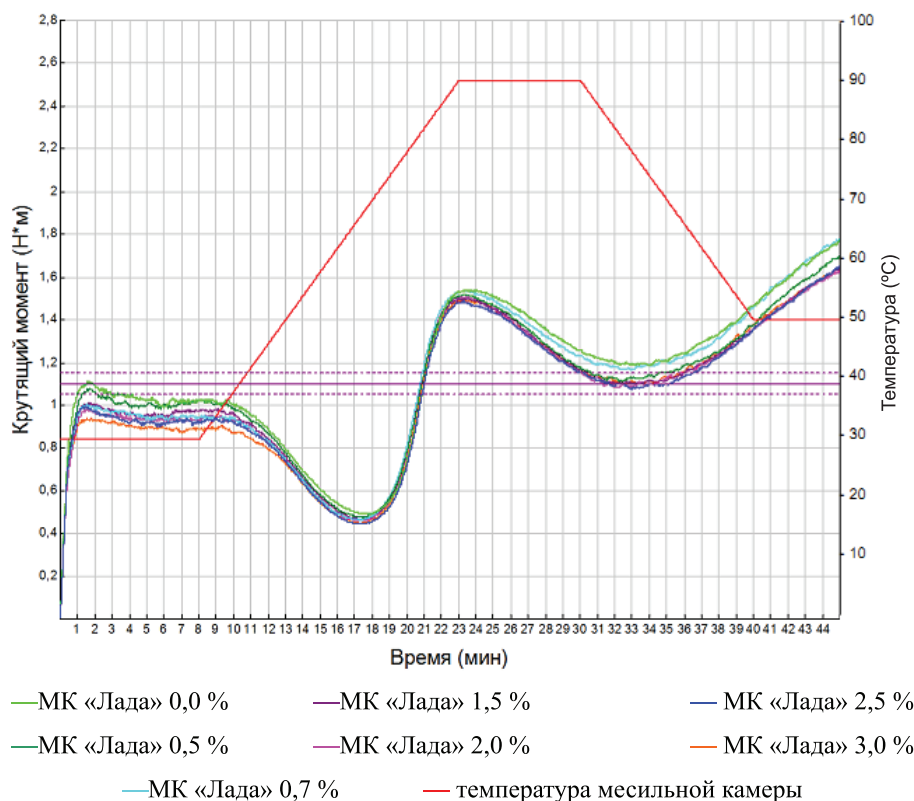


Рис. 3. График-миксолабограммы смеси муки для хлебцев экструзионных обогащенных кальцием
Fig. 3. Chart-Mixology the flour mixture for the bread extrusion enriched with calcium

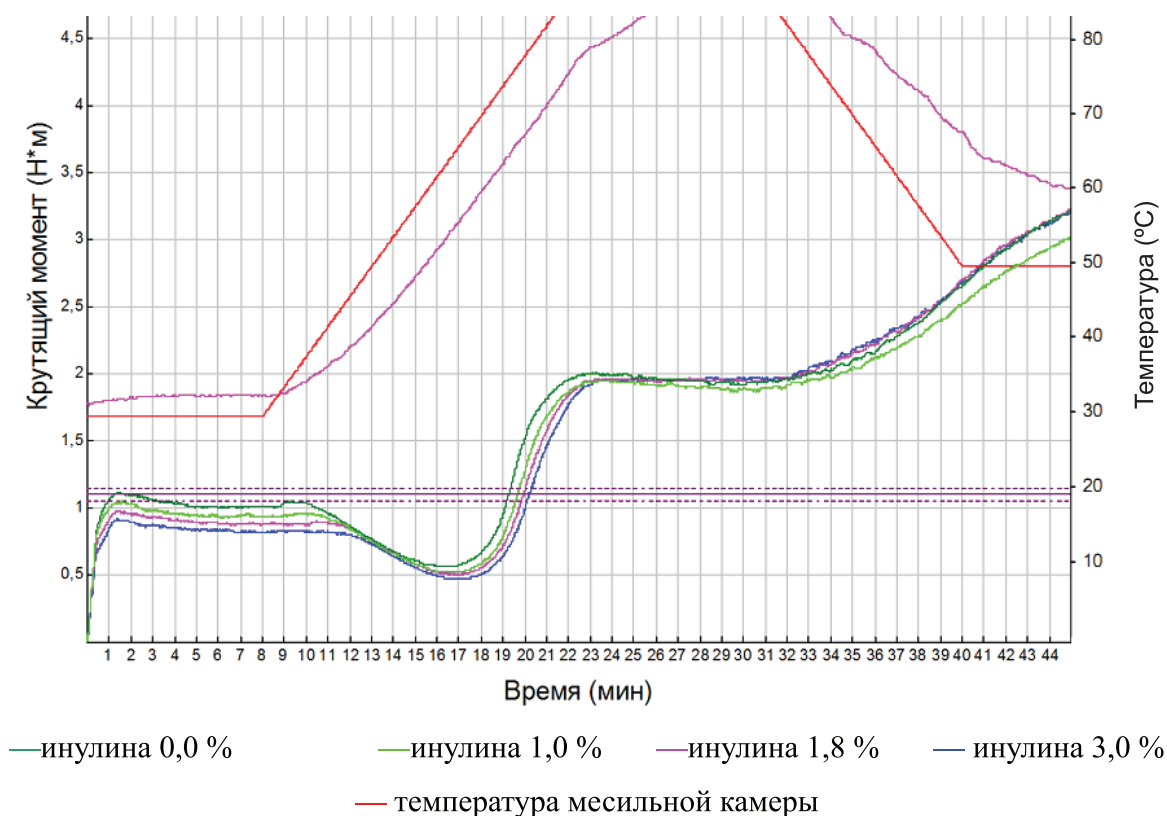


Рис. 4. График-миксолабограммы смеси муки для хлебцев экструзионных с инулином
Fig. 4. Chart-Mixology the flour mixture for the bread extrusion with inulin

Как видно из представленных результатов, увеличение дозировок минерального комплекса «Лада» и инулина характеризуется изменением крутящего момента замеса теста впервые 12 мин испытания, что выражено на графике снижением крутящего момента замеса теста (без добавления МК – крутящий момент равен 1,11; при внесении МК 0,5; 0,7; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 – крутящие моменты 1,08; 1,0; 1,0; 0,98; 0,96; 0,94 соответственно) (без добавления инулина крутящий момент равен 1,12; при внесении инулина 1,0; 1,8; 3,0 – крутящие моменты 0,94; 0,98; 0,92 соответственно). Полученные результаты позволяют сделать вывод, что с увеличением дозировок минерального комплекса «Лада» и инулина снижается водопоглотительная способность смеси при образовании теста, что приводит к незначительному снижению консистенции теста (разжижению), однако при этом стабильность теста увеличивается. Минеральный комплекс «Лада» и инулин в различных дозировках не влияли на индексы качества смесей.

В результате проведенных исследований разработаны рецептуры на специализированные экструзионные изделия для питания беременных и кормящих женщин: хлебцы «Мамин выбор» экструзионные обогащенные кальцием, хлебцы «Мамин выбор» экструзионные с инулином, хлебцы «Мамин выбор» экструзионные бессолевые. При обосновании ингредиентного состава и показателей пищевой ценности разрабатываемых специализированных экструзионных изделий для беременных и кормящих женщин руководствовались инструкцией Министерства здравоохранения [7]. Компонентный состав хлебцев экструзионных приведен в табл. 6.

Хлебцы экструзионные имели правильную форму в виде прямоугольных плиток, толщина плиток равномерная по периметру, без вмятин, с ровными краями. Поверхность хлебцев слегка шероховатая, без вздутий, трещин и пятен. Цвет изделий – равномерный светло-кремовый с точечными вкраплениями темного цвета. Изделия хрупкие, нежесткие, легко разламывающиеся с хрустом, хорошо разрыхленные, пористые с равномерной структурой. Вкус и запах – соответствующие применяемому сырью с запахом экструдированного продукта, без посторонних прикуса и запаха.

Введение в состав композиции ингредиентов для получения хлебцев экструзионных обогащенных кальцием комплекса минерального «Лада» позволило достигнуть содержания кальция в 100 г гото-

вого продукта: 17 % от физиологической потребности беременных женщин и 16 % от физиологической потребности кормящих женщин, а введение в состав композиции ингредиентов для получения хлебцев экструзионных с инулином инулина «Frutafit HD» позволило получить изделия с высоким содержанием пищевых волокон.

На основании проведенных исследований и требований, предъявляемых к ингредиентному составу изделий для питания беременных и кормящих женщин, разработана технология производства, основанная на прогрессивных способах получения специализированных продуктов для данной целевой группы с использованием экструзии.

Таблица 6. Компонентный состав хлебцев экструзионных для питания беременных и кормящих женщин
Table 6. Component composition of extrusion loaves for nutrition of pregnant and nursing women

Компонент	Содержание компонентов в рецептуре, мас. %		
	хлебцы «Мамин выбор» экструзионные обогащенные кальцием	хлебцы «Мамин выбор» экструзионные с инулином	хлебцы «Мамин выбор» экструзионные бессолевые»
Мука пшеничной первого сорта М 36-30 или М 36-27	46,0	70,0	47,0
Мука ржаная хлебопекарная сеяная	33,0	15,0	43,0
Мука пшеничная с высоким содержанием отрубянистых частиц	21,0	15,0	-
Соль поваренная пищевая йодированная	0,20	0,14	-
Минеральный комплекс «Лада»	0,59	-	-
Инулин	-	1,48	-
Отруби пшеничные	-	-	10,0

Метод экструзионной обработки имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами тепловой обработки сырья. Он позволяет значительно интенсифицировать производственный процесс, повысить степень использования сырья, получить готовые к применению пищевые продукты или создать для них компоненты, обладающие высокой водо- и жирудерживающей способностью, снизить производственные и трудовые затраты, расширить ассортимент пищевых продуктов, снизить их микробиологическую обсемененность и повысить усвояемость, а также уменьшить загрязнение окружающей среды. Кроме того, в результате экструзии происходят существенные изменения не только на клеточном уровне, но и сложные химические, микробиологические и физические процессы [8].

Создание технологии и отработка параметров производства хлебцев экструзионных для питания беременных и кормящих женщин производилась на филиале «Полоцкий хлебозавод» ОАО «Витебскхлебпром».

Процесс производства хлебцев экструзионных включает следующие стадии:

- ♦ подготовка сырья к производству;
- ♦ приготовление предсмеси (для хлебцев обогащенных кальцием и с инулином);
- ♦ приготовление смеси;
- ♦ экструзия и формование;
- ♦ обжарка;
- ♦ охлаждение;
- ♦ нарезка;
- ♦ упаковка.

При отработке технологии установлены оптимальные технологические параметры и режимы производства хлебцев экструзионных:

- ♦ влажность экструдированной смеси: 19–20 %;
- ♦ температура стадий нагрева экструдера: 1-я стадия – 30 °С, 2-я стадия – 80 °С, 3-я стадия – 140 °С, 4-я стадия – 175–180 °С;
- ♦ частота вращения прессующих шнеков: 250 об/мин;
- ♦ давление в рабочей зоне экструдера 65–67 бар;
- ♦ температура тенов в блоке тостирования: верхних – 198 °С, нижних – 165 °С.

Заключение. На основании проведенных исследований установлены зависимости, описывающие влияние различных дозировок соли (от 0,0 до 2,0 %), минерального комплекса «Лада» с кальцием

(от 0,5 % до 3,0 %) и инулина (от 1,0 % до 3,0 на реологические свойства теста. Установлено оптимальное содержание в 100 г продукта: соли — от 0,0 до 0,25 г; минерального комплекса «Лада» с кальцием от 0,7 г; инулина от 1,8 г, — для выполнения требований к специализированным продуктам, обеспечивающих восполнение дефицита кальция и пищевых волокон в рационе беременных и кормящих женщин и получение качественных изделий. Разработана научно обоснованная технология производства хлебцев экструзионных для питания беременных и кормящих женщин, позволяющая получить готовый продукт с заданными потребительскими свойствами, и созданы рецептуры хлебцев экструзионных «Мамин выбор» обогащенных кальцием, хлебцев экструзионных «Мамин выбор» с инулином, которые характеризуются высоким содержанием пищевых волокон и хлебцев экструзионных «Мамин выбор» бессолевых.

Производство специализированных экструзионных изделий позволит обеспечить рынок продуктов питания конкурентоспособными изделиями для питания беременных и кормящих женщин с низким содержанием сахара, соли, насыщенными жирных кислот, обогащенными минеральными веществами и пищевыми волокнами. Употребление разработанных изделий будет способствовать рационализации питания беременных и кормящих женщин.

Список использованных источников

1. Мачулина, Л.Н. Питание детей первого года жизни / Л.Н. Мачулина, Н.В. Галькевич : пособие для врачей. — Минск, 2007. — С. 3–56.
2. Руководство по детскому питанию / под ред.: В.А. Тутельяна, И.Я. Коня. — М. : Медицина, 2004. — 662 с.)
3. Спиричев, В.Б. Научное обоснование применения витаминов в профилактических и лечебных целях. Сообщение 1. Недостаток витаминов в рационе современного человека: причины, последствия и пути коррекции / В.Б. Спиричев // Вопросы питания. — 2010. — Т.79. — №5. — С. 4–14.
4. Спиричев, В.Б. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами — надежный путь оптимизации их потребления / В.Б. Спиричев, В.В. Трихина, В.М. Поздняковский // Ползуновский вестник. — 2012. — № 2/2. — С. 9–15.
5. Руководство по приложениям Mixolab — Франция: Лаборатория приложений CHOPIN, 2006. — 79 с.
6. Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора проб, методы определения органолептических показателей и массы: СТБ 2160-2011. — Введ. 01.07.2011. — Минск: Госстандарт, 2011. — 17 с.
7. «Гигиенические принципы разработки продуктов детского питания и специализированных продуктов для беременных и кормящих женщин» (утв. зам. Министра здравоохранения — Гл. гос. сан. врачом Республики Беларусь 24.11.2009, рег. № 064-1109; авторы: Кедрова И.И., Гнедько Т.В., Дурманова С.А., Галькевич Н.В., Мачулина Л.Н., Мирутко Д.Д., Неверов Е.Г.).
8. Шмалько, Н.А. Использование экструдированных продуктов в хлебопечении / Н.А. Шмалько, А.В. Беликова, Ю.Ф. Росляков // Журнал Фундаментальные исследования. — 2007. — № 7. — С. 90–92.

References

1. Machulina, L.N. Nutrition of children of the first year of life/L.N. Machulina, N.V. Galkevich: manual for doctors. — Minsk, 2007. — P. 3–56 (in Russian).
2. Child Nutrition Guide / under ed.: V.A. Tutelyan, I.J. Konya. — M.: Medicine, 2004. — 662 p. (in Russian).
3. Spirichev, V.B. Scientific justification for the use of vitamins for preventive and therapeutic purposes. Message 1. Lack of vitamins in the diet of modern man: causes, consequences and ways of correction / V.B. Spirichev // Questions of nutrition. — 2010. — T. 79. — №. 5. — P. 4–14 (in Russian).
4. Spirichev, V.B. Enrichment of food products with micronutrients — a reliable way to optimize their consumption / V.B. Spirichev, V.V. Trikhina, V.M. Pozdnyakovsky // Polzunovsky Vestnik. — 2012. — №. 2/2. — P. 9–15 (in Russian).
5. Mixolab Application Guide - France: CHOPIN Application Lab, 2006. 79 p. (in Russian).

6. Bakery products. Acceptance procedures, sampling methods, methods of definition of organoleptic indicators and weight: STB 2160-2011. — Enter 01.07.2011. — Minsk: Gosstandart, 2011. — 17 p. (in Russian).
7. «Hygienic principles of development of baby food products and specialized products for pregnant and lactating women» (aap. Deputy Minister of Health - Gl. State san. Doctor of the Republic of Belarus 24.11.2009, reg. No. 064-1109; Authors: Kedrov I.I., Gnedko T.V., Durmanova S.A., Galkevich N.V., Machulina L.N., Mirutko D.D., Nevero E.G.) (in Russian).
8. Schmalko, N.A. Use of extruded products in bakery baking / N.A. Schmalko, A.V. Belikova, Yu.F. Rochutkov // Journal Fundamental research. — 2007. — № 7. — P. 90–92 (in Russian).

Информация об авторах

Лаптенок Наталья Сергеевна — заместитель директора государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: laptenokn@mail.ru

Мельникова Людмила Александровна — доцент кафедры товароведения продовольственных товаров, кандидат биологических наук учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, 220030, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lamelnikova@bk.ru@mail.ru

Information about authors

Laptenok Natalia S. — Deputy Director of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: laptenokn@mail.ru

Melnikova Lyudmila A. — Candidate of Biological Sciences, docent of the Department of Commodity Science of the Belarusian State Economic University (7, Sverdlova st., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lamelnikova@bk.ru@mail.ru