

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 14
№1(51)
2021

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) 252-55-70,
395-39-71, 361-11-41 (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 11.03.2020.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

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

Тираж 100 экз. Заказ 79.

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 ведомственный подписчиков 012412



FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 14, №1(51) 2021

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 Mikhailauna – 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

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. 14

№1(51)

2021

**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: +375-17-252-55-70,
+375-17-395-39-71, +375-17-361-11-41
(editor)

E-mail aspirant@belproduct.com

Printed at UE "IVC Minfina"

It is sent of the press 11.03.2020

Format 60x84/8. Offset paper.

NewtonC type. Offset printing.

Printed pages 1,16.

Publisher's signatures 12,80.

Circulation 100 copies. Order 79.

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)

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

Subscription indexes

For individuals 01241

For legal entities 012412

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Ловкис З.В. Вклад науки в развитие основных отраслей пищевой промышленности в 2016-2020 годах | 6 |
| Заболотец А.А., Литвяк В.В., Ермаков А.И. Способ целенаправленного изменения физико-химических свойств нативных крахмалов методом комбинаторики | 16 |
| Шилов В.В., Журня А. А. Разработка компонентного состава аминокислотных смесей для питания больных фенилкетонурией | 31 |
| Ловкис З.В., Григель А.И. Прессование и сушка макаронных изделий | 43 |
| Кулагова Е.П., Пушкарь А.А., Юденко О.Н. Оптимизация технологических режимов экстракции яблочных выжимок в технологии производства фруктовых дистиллятов | 50 |
| Куликов А.В., Литвинчук А.А., Данилюк А.С. Результаты исследований получения сухой картофельной клетчатки из отходов крахмального производства | 62 |
| Рощина Е.В., Васюта Т.В. Рейтинг конкурентоспособности кетчупов, реализуемых в Республике Беларусь | 69 |
| Подорожня И.В., Ветохин С.С. Анализ некоторых физико-химических показателей отечественных биоогуртов..... | 79 |
| Уложинова М.Ю., Усеня Ю.С. Потребительские предпочтения пищевых концентратов функционального назначения..... | 93 |

CONTENTS

| | |
|---|----|
| Lovkis Z.V. Science in food processing industries in 2016-2020..... | 6 |
| Zabolotets A.A., Litvyak V.V., Ermakov A.I. Method for targeted change in physico-chemical properties of native starches by the method of combinator | 16 |
| Shylau V.V., Zhurnia H. A. Development of the component composition of amino acid mixtures for the nutrition of patients with phenylketonuria | 31 |
| Lovkis Z.V., Grigel A.I. Pressing and drying pasta | 43 |
| Kulagova K.P., Pushkar A.A., Yudenko O.N. Optimization of technological modes of extraction of apple squeezes in the technology for the production of fruit distillates..... | 50 |
| Kulikou A.V., Litvinchuk A.A., Danilyuk A.S. Results of research obtaining dry potato fiber from waste starch production..... | 62 |
| Roshchina E.V., Vasiuta T.V. Rating of the competitiveness of ketchups sales in Republic of Belarus | 69 |
| Podorozhniaya I.V., Vetokhin S.S. Analysis of some physical and chemical properties of yoghurt with bifidobacterium in Belarus | 79 |
| Ulozhynova M.Y., Usenia Y.S. Consumer preferences of functional purpose food concentrates | 93 |

УДК 664.83:613.2
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1\(51\)-6-15](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1(51)-6-15)

Поступила в редакцию 12.01.2021
Received 12.01.2021

З. В. Ловкис

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ВКЛАД НАУКИ В РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В 2016-2020 ГОДАХ

Аннотация. В статье изложены основные аспекты деятельности и отражены результаты работы РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» за 2016–2020 гг. Особое внимание в работе Центра уделено созданию научных основ получения продуктов здорового питания, расширению ассортимента конкурентоспособных продуктов для различных групп населения, а так же повышению качества и безопасности пищевых продуктов.

Ключевые слова: пищевая промышленность, технологии пищевых продуктов, детское питание, продукты питания специализированного назначения, обогащенные пищевые продукты

Z. V. Lovkis

*RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus*

SCIENCE IN FOOD PROCESSING INDUSTRIES IN 2016-2020

Abstract. In article the main perspective of activity are stated and results of work of RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» for 2016–2020 are reflected. Special emphasis in work of the organization is paid to creation of scientific bases of receiving products of healthy nutrition, expansion of the range of competitive products for various groups of the population, and also to improvement of quality and safety of foodstuff.

Keywords: food industry, food technology, baby food, specialty food, fortified food

Деятельность Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по продовольствию направлена на научное обеспечение развития перерабатывающих отраслей пищевой промышленности Республики Беларусь, создание новых конкурентоспособных продуктов питания для различных групп населения, ускорение освоения научных разработок в производстве, рациональное использование материальных ресурсов и сырья.

Научные и прикладные исследования проводились в рамках программ ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства» (подпрограмма «Продовольственная безопасность»), ГНТП «Агропромкомплекс — 2020», ОНТП «Детское питание. Качество и безопасность», ОНТП «Пищевые технологии» на 2019–2020 годы и др.

В 2016–2020 годах Научно-практическим центром НАН Беларуси по продовольствию совместно с дочерними предприятиями реализован ряд инновационных проектов, соответствующих наиболее перспективным направлениям научных исследований [1–3].

Детское питание. В Республике Беларусь разработаны критерии и индикаторы оценки уровня и качества питания детского населения, дифференцированные по возрастным категориям детей и объектам оценки (организованные дошкольные и школьные учреждения, домашние хозяйства), с целью внедрения в систему мониторинга национальной продовольственной безопасности, что позволяет учитывать потенциальную экономическую доступность продуктов детского питания. Разработанные меры и рекомендации по оптимизации системы детского питания в Республике Беларусь, базирующиеся на обосновании критериев и индикаторов качества питания детского населения, оценке физической и экономической доступности продуктов детского питания, применении адаптированных подходов к определению ёмкости внутреннего рынка и конкурентоспособности позволяет повысить уровень продовольственной безопасности по продуктам детского питания.

На основе анализа качественной и ассортиментной структуры продуктов детского питания на внутреннем рынке **разработаны рекомендации для предприятий пищевой промышленности** республики с целью повышения самообеспеченности страны продуктами детского питания, улучшения качества питания детского населения, увеличения конкурентоспособности отечественных производителей продуктов детского питания.

Впервые в Республике Беларусь разработана и освоена технология производства **новых видов обогащенных** биологически ценными функциональными ингредиентами **продуктов из мяса птицы** для питания детей дошкольного и школьного возраста, что позволит обеспечить полноценный и сбалансированный рацион для детей, нуждающихся в рациональном питании. Продукты изготавливаются из охлажденного филе цыплят-бройлеров, выращенных по прогрессивной технологии без применения антибиотиков, стимуляторов откорма и гормональных препаратов, без красителей, усилителей вкуса и аромата, консервантов, фосфатов, сои, ГМО и жгучих специй.

Создана **технология сухого молочного продукта с пониженным** более чем на 30% (по сравнению с аналогичным пищевым продуктом) **содержанием белка**. Разработка носит инновационный импортозамещающий характер и обладает значительным экспортным потенциалом для рынка стран ЕАЭС, а также расширяет рацион питания для детей, в том числе больных фенилкетонурией. Создание новых продуктов для детей с дефицитом фенилаланингидроксилазы способствует повышению эффективности и конкурентоспособности национальных производителей продуктов детского питания на основе безопасного и качественного сырья и позволяет снизить финансовые затраты на питание больных детей [4].



Рис. 1. Сухие низкобелковые продукты для питания больных фенилкетонурией
Fig. 1. Dry low-protein foods for the nutrition of patients with phenylketonuria

Разработана современная технология производства и созданы новые виды мясных продуктов из мяса птицы (полуфабрикаты рубленные (котлеты, шницеля, бифштексы, фрикадельки), ветчинные изделия, колбаски паштетные), обогащённые биологически ценными функциональными ингредиентами (витаминами, микроэлементами, пребиотиками, полиненасыщенными жирными кислотами щ-3), для питания детей дошкольного и школьного возраста, обеспечивающие сбалансированные и полноценные рационы питания детей с учётом их физиологических потребностей.

Впервые в республике на базе опытно-технологического участка Центра по продовольствию **создан цех по производству продуктов детского питания** в рамках выполнения Государственной программы развития аграрного бизнеса впервые в Республике Беларусь разработано 11 наименований низкобелковых продуктов питания для больных фенилкетонурией: низкобелковых макаронных изделий, низкобелковых сухих смесей для приготовления картофельного пюре, клецок, кексов и печенья, низкобелковых каш и круп, печенья, кексов, мелкоштучных хлебобулочных изделий; и организовано их производство (рис. 1).

Отдельное направление исследований составляют технологии производства консервированных продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста на основе фруктовой, овощной и мясной основе (рис. 2).

Впервые разработана технология производства детского питания **на основе фруктов и овощей в мягкой упаковке типа Пауч**, отличающейся значительными барьерными свойствами и высокой степенью защиты, что обеспечивает сохранность витаминов.



Рис. 2. Консервы для детей: а — на основе фруктов и овощей для детей раннего возраста, б — мясные для детей дошкольного и школьного возраста

Fig. 2. Canned food for children: a — based on fruits and vegetables for young children, b — meat-based for preschool and school-age children

Разработан **широкий ассортимент соковой продукции**, в том числе морсов, для детского питания с использованием различных овощей и фруктов — яблок, персика, чёрной смородины, томата, моркови, перца сладкого, свеклы, кабачка и других, особенностью которой является отсутствие добавленного сахара, соки содержат только природного (естественного) происхождения.

Созданы **консервы на овощной основе** — консервированные овощи и овощные соусы для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста. По сравнению с продукцией общего назначения в новой консервированной продукции предусмотрено использование высокосортных овощей, отвечающих требованиям безопасности сырья для детского питания, уменьшено количество добавляемой соли, понижена кислотность. В консервах не допускается использование жгучих пряностей, красителей, ароматизаторов, подсластителей, консервантов, генетически модифицированного сырья и полуфабрикатов, изготовленных из этого сырья. Созданный ассортимент овощных консервов позволит удовлетворить вкусовые предпочтения детей дошкольного и школьного возраста, обеспечить их продукцией, отвечающей критериям качества, безопасности и пищевой ценности специализированных продуктов этой группы, с максимально сохраненными полезными свойствами свежего сырья. На основании проведенного мониторинга фактической обеспеченности детей и подростков Республики Беларусь витаминами и минеральными веществами установлен наиболее выраженный дефицит витаминов В₁, В₂, РР, А, минеральных веществ — кальция и фосфора, и **разработана шоколадная продукция, жевательный мармелад для детей с использованием витаминных и витаминно-минеральных премиксов**, освоена технология производства. Витамины и минеральные вещества, введенные в состав мармелада, способствуют нормальному функционированию иммунной и нервной системы, поддержанию нормального зрения, состояния костей, кожи и слизистых оболочек, обеспечивают усвояемость железа и нормальный энергетический обмен в организме (рис. 3).



Рис. 3. Витаминизированные кондитерские изделия
Fig. 3. Fortified confectionery products

Впервые в Республике Беларусь разработана технология и **организовано производство питьевой воды для детского питания**, предназначена как для непосредственного употребления детьми, так и для приготовления пищи и восстановления сухих продуктов для питания детей, а так же технология питьевой воды для детского питания, обогащенной кислородом, которая предназначена для упо-

ребления взрослыми и детьми школьного возраста. Такая вода способствует увеличению физической выносливости и улучшению функционирования вегетативной нервной системы [5].

Разработана технология и ассортимент сухих завтраков, обогащенных натуральным фруктовым, ягодным, овощным сырьем и семенами льна, соответствующих современным требованиям, предъявляемым к продуктам для детей дошкольного и школьного возраста. Новые виды сухих завтраков содержат до 10 г белка, что составляет до 20% от суточной нормы потребления для детей дошкольного возраста и до 17 % — для детей школьного возраста; омега-3 ПНЖК, низкое содержание соли — 0,12 г/100 г продукта, а также сахара только природного происхождения [6].

Разработана технология и новые виды чайных напитков для детей дошкольного и школьного возраста, представляют собой многокомпонентные композиции (до 6-ти составляющих), сбалансированные по витаминно-минеральному составу, разработанные на основе 15 наименований пряно-ароматического сырья (плоды шиповника, цветки бузины черной, цветки липы, цветки ромашки, яблоки сушеные, плоды черной смородины, плоды черники, крапивы лист, трава мелиссы лимонной, трава чабреца обмолоченная, листья мяты перечной обмолоченной, цветки календулы, листья черной смородины, лист малины обыкновенной, трава душицы) отечественного произрастания, разрешенного к применению в детском питании. Употребление чайных напитков на основе отечественного высококачественного растительного сырья, насыщенного микроэлементами, способствует укреплению иммунитета, улучшению аппетита, повышению тонуса, а также улучшению усвоения пищи детским организмом.

Впервые в Республике Беларусь **разработана технология и организовано производство минерального комплекса «Лада».** Использование данного комплекса при производстве специализированных хлебобулочных и экструзионных изделий для питания беременных и кормящих женщин будет способствовать обогащению их кальцием (обогащение изделий кальцием — не менее чем на 15 % при использовании в количестве 1,0 % к массе муки). Употребление в пищу специализированных хлебобулочных и экструзионных изделий, обогащенных кальцием, будет способствовать рационализации питания беременных и кормящих женщин, а также восполнению дефицита кальция в рационах беременных и кормящих женщин.

Впервые в Республике Беларусь **разработана технология производства витаминного комплекса «Калейдоскоп-2»**, использование которого при производстве специализированных хлебобулочных изделий для питания детей школьного возраста будет способствовать обогащению их витаминами группы В (обогащение изделий витаминами В₁, В₂, — не менее чем на 15 % при использовании в количестве 0,05 % к массе муки).

Разработаны и утверждены изменения в Санитарные нормы и правила «Требования для организаций, осуществляющих производство пищевой продукции для детского питания», алгоритм оценки риска здоровью при производстве пищевой продукции, содержащей пищевые ингредиенты, обладающие аллергенными свойствами или вызывающие непереносимость.

В мясной отрасли разработана и освоена технология производства новых видов профилактических мясных продуктов с пониженным содержанием поваренной соли (изделий колбасных вареных (колбасы вареные, сосиски, сардельки)), что соответствует медико-биологическим требованиям к группе мясных продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, аддитивных технологий для создания оригинальных пищевых продуктов.

Разработана технология производства яиц куриных пищевых мытых дезинфицированных, подобраны дезинфектанты и изучено их влияние на качество и безопасность яиц куриных пищевых, разработаны в производственных условиях технологические параметры получения яиц куриных пищевых мытых дезинфицированных.

Разработаны методические рекомендации по применению дезинфицирующих средств и санобработке оборудования и помещений предприятий.

В молочной отрасли впервые в республике созданы праймеры микроорганизмов и штаммов для заквасочных культур для молочных продуктов. Установлены технологические особенности протекания ферментативных процессов при производстве кисломолочных продуктов на основе овечьего молока, разработаны современные технологии производства ассортиментной группы молочных продуктов (творога, йогурт, мягкие сыры и др.) на основе овечьего молока-сырья, что позволит наладить получение, сбор и переработку в промышленных условиях высокоценного овечьего молока-сырья, расширить ассортимент биологически ценных молочных продуктов, в том числе функциональной направленности, увеличить объём молочных продуктов на основе нетрадиционного молочного сырья (рис. 4).

Разработан типовой технологический регламент баромембранной подготовки смесей для сыроделия, в котором использованы новые технологические приёмы концентрирования молочных смесей для производства полутвердых и мягких сыров, внедрение которых в производство позволило оптимизировать технологический процесс, увеличить выход сыра с единицы оборудования, уменьшить количество вторичного молочного сырья и тем самым производить сыры высокого качества

независимо от сезонности, снизить их себестоимость за счет снижения расхода заквасочных культур и ферментных препаратов на 1 единицу готовой продукции, экономии энергоресурсов и более эффективного использования производственных мощностей предприятий.

Разработаны технологические основы производства вареных сгущенных **молочных консервов с пониженным содержанием дисахаридов** на основе молочной сыворотки, что позволило создать продукт пониженной аллергенности за счет сниженного, в сравнении с классическим вареным сгущенным молоком, количества сахарозы и лактозы, позиционировать его для питания всех возрастных групп населения, включая людей, страдающих сахарным диабетом и непереносимостью лактозы.

Разработана технология производства сухого козьего молока с лактоферрином и созданы новые **сухие молочные продукты** с пониженным содержанием белка для питания детей с ограничениями по потреблению белка с учетом их физиологических потребностей, продуктов функционального назначения. Полученные продукты соответствуют международным требованиям, предъявляемым к данной группе продуктов: массовая доля белка не превышает 10%; содержание фенилаланина — не превышает 500 мг/100г.

На основе отечественных заквасочных культур созданы технологии производства **замороженных концентрированных заквасок** прямого внесения для молочной промышленности с комплексом мезофильных и термофильных микроорганизмов СЫР-7, СЫР-8, СЫР-9, обеспечивающих повышенный уровень нарастания активной кислотности в ходе технологического процесса для изготовления полутвердых сычужных сыров; сухих и замороженных концентрированных заквасок «ОПТИМА», использование которых позволяет стабилизировать газо-, ароматобразование заквасочной микрофлоры при производстве творога и сыров голландской группы, замороженных концентрированных заквасок термофильных микроорганизмов для изготовления йогурта и сыров типа сулугуни, замороженных концентрированных заквасок бифидобактерий и поливидовых заквасок для биопродуктов, созданы технологические решения производства биопродуктов (биотворога и биосметаны) на их основе.

Разработана ресурсосберегающая технология производства новой кормовой **лактозулосодержащей добавки** пребиотического действия на основе молочной сыворотки для кормления молодняка сельскохозяйственных животных, применение которой позволит снизить количество случаев желудочно-кишечных заболеваний у молодняка, увеличить прирост живой массы на 12–15%, снизить затраты по импорту.



Рис. 4. Мягкие сыры на основе овечьего молока-сырья
Fig. 4. Soft cheeses based on sheep's milk-raw materials



Рис. 5. Новые разработки хлебобулочных изделий
Fig. 5. New developments of bakery products

В хлебопекарной отрасли впервые в Республике Беларусь разработаны база данных по оптимальному профилю качества ржаной муки и смесей, технологии и организовано производство **специализированных экструзионных и хлебобулочных изделий для питания беременных и кормящих женщин** (рис. 5). Разработанные изделия без добавления соли, сахара или со сниженным содержанием соли, сахара, насыщенных жирных кислот; не содержат консервантов, синтетических красителей, ароматизаторов, кондитерских жиров, маргаринов; содержат в своем составе только разрешенные в детском питании пищевые добавки. Изделия имеют средний или низкий гликемический индекс, высокое содержание пищевых волокон или являются источником пищевого волокна (способствуют поддержанию моторной функции кишечника). Изделия, обогащенные кальцием, необходимы для поддержания нормального состояния костей, зубов, а продукты, обогащенные витаминами — являются источником витаминов группы В. Употребление разработанных изделий удовлетворяет потребность в кальции и витаминах В₁, В₂, В₉, В₁₂, РР не менее чем на 15 % от суточной потребности.

Впервые в Республике Беларусь разработана **технология консервирования хлебобулочных изделий с помощью модифицированной газовой среды**. Разработанная технология позволяет производить хлебобулочные изделия с удлиненными сроками годности (4–45 суток в зависимости от вида изделия) с заданными показателями качества на конечном сроке годности, позволяет исключать использование консервантов ранее применяемых для продления сроков, обеспечить безопасность изделий за счет повышения их стойкости к развитию микроорганизмов, конкурентоспособность продукции, создать стратегический запас хлебобулочных изделий, расширить экспортные возможности.

В пищевых концентратной и крахмалопаточной отраслях впервые в республике разработаны и внедрены **технологии производства физически- и химически модифицированных крахмалов** для нужд народного хозяйства. Организовано производство катионных, в том числе растворимых, крахмалов на ООО «Ютанол» (г. Могилев) для использования: в пищевой промышленности, в производстве бумаги и картона, в текстильной промышленности; организовано производство крахмалосодержащего модифицированного реагента для бурения на ОАО «Рогозницкий крахмальный завод», использование которого обеспечивает производство различных технологических жидкостей, применяемых в бурении, ремонте скважин, в литейной промышленности.

Впервые в Республике Беларусь разработана технология производства **формованных замороженных продуктов** на основе овощного сырья — котлеты морковные, свекольные, капустные, картофельные что обеспечивает обогащение рациона биологически активными веществами (потребление 100 г продукта обеспечивает потребности организма в витамине В₂ — до 26,1 %, в витамине С — до 11,3 %, клетчатке — до 5 %, в β-каротине (котлеты морковные) — до 100 % от рекомендуемой суточной нормы потребления).

В кондитерской отрасли на основании исследований сырья и масложировых продуктов разработаны и получены высококачественные кондитерские массы и изделия.

Впервые в Республике Беларусь разработаны **новые виды шоколадных кондитерских изделий** (шоколад молочный, шоколад с начинкой, шоколадные конфеты) повышенной пищевой ценности, предназначенные для питания детей дошкольного и школьного возраста. Шоколадные изделия содержат кальций, витамин D, пищевое волокно, инулин и белок в количестве не менее 15 % от суточной потребности. Шоколад характеризуется сниженным на 5–14 % содержанием сахара и какао тертого по сравнению с обычным молочным шоколадом. В шоколаде с начинкой взамен пальмового масла использовано масло какао. Конфеты изготовлены на масле сливочном и с добавлением бетулинсодержащего экстракта бересты взамен консервантов.

Впервые в Республике Беларусь разработан ассортимент и технологии **сахарных кондитерских изделий** для питания при интенсивных физических нагрузках: паста подсолнечная с добавлением концентрата сывороточного белка; мармеад жележный на желатине с добавлением коллагена гидролизованного; зефир с добавлением концентрата сывороточного белка и коллагена гидролизованного. Изделия отличаются высоким содержанием белка и ценным аминокислотным профилем.

Усовершенствована технология производства **вафель** с оптимизированным составом вафельного листа, в производстве которых впервые использованы ферментные препараты протеолитического действия и ксиланазы, что позволило снизить безвозвратные технологические потери на 3,6–4,5 % и «увеличить выход готовой продукции. Установленные дозировки ферментных препаратов позволили обеспечить оптимальные характеристики теста, которые позволили получить вафельный лист с плотностью на 5,0–5,5 % ниже по сравнению с отечественными аналогами, характеризующийся высокой хрупкостью и пористостью.

Разработана и внедрена технология **оригинальных жележных кондитерских изделий** — мармелада на желатине с добавлением биологически ценных овощных полуфабрикатов из отечественных видов сырья (пюре морковное, пюре тыквенное, паста томатная) и растворимого пищевого волокна олигофруктозы: мармелад морковный, тыквенный, томатный.

Впервые в Республике Беларусь разработана и освоена технология **конфет с корпусом из нуги** на основе биологически ценного (в части аминокислотного состава) высокобелкового сырья, количество белка в котором составляет не менее 80 % (молочный белок, в том числе сывороточные белки, молочный альбумин, гидролизованный коллаген, гороховый белок).

Впервые в Республике Беларусь разработан ассортимент и внедрена на СП ОАО «Спартак» технология изготовления **фруктовых батончиков** с использованием сушеных фруктов, зерновых хлопьев, яблочных пищевых волокон, имеющих высокое содержание биологически активных компонентов и пищевых волокон, что позволяет включать их в рационы питания различных групп населения для устранения их дефицита.

В консервной отрасли на основании исследований микрофлоры речной рыбы **создана база данных по микробиоте и каталог видового разнообразия паразитов**, что важно для предприятий, осуществляющих хранение и переработку рыбы.

Завершена работа по научно-технологическому сопровождению вывода на промышленный выпуск **нового консервного цеха ОАО «Рыбокомбинат «Любань»**. Для предприятия разработан комплект нормативной правовой и технологической документации 5 ассортиментных групп продукции, включающий более 20 видов. Разработанные рецептуры ориентированы в основном на использование отечественной прудовой рыбы: карпа, толстолобика, белого амура (рис. 6).



Рис. 6. Рыбные консервы на основе прудовой рыбы
Fig. 6. Canned fish based on pond fish

Создана технология **производства джемов**, отличительной особенностью которой является сокращение продолжительности приготовления готовой продукции, как минимум на 30 минут, что позволяет на существующих мощностях выпускать продукции больше на 20–30 % и экономить расход пара на производства 1 кг продукции не менее чем на 20 %. Разработанная продукция характеризуется высоким уровнем фруктовой части в продукте, а использование приема снижения тепловой обработки позволяет получить продукт, сохраняющий нативную окраску исходного сырья.

Разработана и внедрена на РУП «Толочинский консервный завод» технология производства **соковой продукции** в упаковку из комбинированных материалов типа IPI, которая обеспечивает снижение термической нагрузки почти в 10 раз, сохранность термостабильного витамина С — до 75–80%. Разработан широкий ассортимент **соковой продукции**, в том числе морсов, для детского питания (19 наименований) с использованием различных овощей и фруктов, особенностью которой является отсутствие добавленного сахара.

В сахарной отрасли разработана научно обоснованная **ресурсосберегающая технология получения сахара**, которая обеспечивает достижение эффекта очистки до 16 % и выше, уменьшение содержания солей кальция в очищенном соке и сиропе в 3 раза по сравнению с ранее существующей технологией. Разработанная технология позволяет снизить расход вспомогательных материалов, снизить потери сахара в производстве до 0,4 % к массе свеклы, увеличить выход кристаллического сахара, улучшить качественные показатели готового продукта.

Научно обоснована технология переработки сахарной свеклы, практическая реализация которой в условиях ОАО «Слущкий сахарорафинадный комбинат» обеспечивает повышение сокоочистки на 2%, снижение потерь сахара в производстве и общего количества отходов — до 7–11 %.

На ОАО «Городейский сахарный комбинат» начаты работы по совершенствованию производства сахара за счёт применения электромембранных технологий. Данная работа позволит снизить нагрузку на теплообменное оборудование производства, увеличить выход сахара, повысить качество и конкурентоспособность готовой продукции.

В виноделии разработана технология фруктово-ягодных вин и слабоалкогольных напитков брожения (сбитни, медовухи, пивные и медовые напитки) на основе местного растительного сырья, отличающихся содержанием этилового спирта только эндогенного происхождения, высокими качественными характеристиками и обладающих экспортным потенциалом.

Впервые создана комплексная **технология производства фруктовых дистиллятов** на основе глубокой переработки отходов виноделия в качестве вторичных сырьевых ресурсов. Преимуществом разработанной технологии в сравнении с импортными аналогами является экономия ресурсов и сокращение потерь безводного спирта более, чем на 20 % путем использования в качестве вторичных ресурсов яблочных выжимок, обеспечивающих повышение выхода яблочных дистиллятов из 1 т перерабатываемых яблок более, чем на 30 %, спиртосодержащих осадков и фракций при перегонке, относящихся к отходам классического виноделия.

Разработана и внедрена принципиально **новая технология изготовления фруктовых дистиллятов, фруктовых водок и фруктовых бренди** (яблочные водки «Эппл Голд» («Apple Gold»), «Макинтош» («Macintosh»)), создан ассортимент элитных дистиллированных напитков сбалансированного состава.

ва, позволяющий насытить рынок новыми видами высококачественных напитков исключительно из отечественного сырья.

В спиртовой и ликеро-водочной отрасли разработаны приёмы совершенствования биосинтетических процессов и **усовершенствованная технология производства этилового спирта**, которая позволяет путём разделения и дифференцированной переработки полимеров зерна, удаления из технологического процесса части некрахмалистых полисахаридов в виде загрязненных и обсемененных оболочек повысить степень чистоты сырья, поступающего на механико-ферментативную обработку, увеличить крахмалистую составляющую зерновых замесов и повысить концентрацию сула, увеличить крепость зрелой бражки с 9,0–10,5 % до 11–13,0 % (с учетом видов перерабатываемых зерновых культур).

На базе ОАО «Брестский ликероводочный завод» разработаны научно-обоснованные технологические параметры и установлены режимы интенсификации процесса созревания зерновых дистиллятов. Разработан комплект технологической документации, на основании которой была выработана опытная партия выдержанного зернового (вискового) дистиллята и изготовлен купажируемый виски «Oak and Barrel» (рис. 7).



Рис. 7. Купажированный виски «Oak and Barrel»
Fig. 7. Blended whiskey «Oak and Barrel»

Разработана и внедрена на ОАО «Брестский ЛВЗ «Белалко» технология производства крепких алкогольных напитков — **гайстов**, получаемых путем мацерации в водно-спиртовом растворе неферментированного плодово-ягодного сырья. В аромате готового продукта сохраняется чистый ягодный (плодовый) тон, позволяющий определить, из какого фруктового сырья приготовлен напиток. Технология позволяет максимально задействовать имеющиеся объемы плодово-ягодного сырья и расширить ассортимент продукции ликеро-водочных предприятий за счет создания алкогольных напитков премиум сегмента, обладающих оригинальными органолептическими характеристиками. Поставки данной продукции осуществляются в Российскую Федерацию, Польшу, Новую Зеландию.

Для ОАО «Слуцкий уксусный завод» разработана технология производства импортозамещающего продукта — уксуса из крахмалсодержащего сырья (рисовый уксус, кукурузный уксус и др.), разработан и изготовлен опытный образец аппарата для ферментативного гидролиза и сбраживания сырья (рис.8).

В области контроля качества и безопасности пищевой продукции создана организационно-экономическая структура «Система достижения качества пищевых продуктов», которая состоит из Национального технического комитета по стандартизации, республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания, Центральных дегустационных комиссий по отраслям, органа по сертификации. Впервые в Республике Беларусь предложен товарный знак системы достижения качества, разработаны концепция и стратегия качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года.

Разработана методика идентификации и количественной оценки пальмового масла как одного из составляющих растительных жиров в продуктах питания. Практическое применение разработки обеспечит совершенствование процесса контроля компонентного состава пищевых продуктов, высокую степень достоверности проведения идентификации происхождения масла: растительное, животное или их смесь, позволяет установить присутствие пальмового масла, находящегося в сочетании с другими растительными маслами и жирами. Для поддержания высокого качества и недопущения фальсификации на отечественном продовольственном рынке впервые проведена апробация методов

определения содержания 3-МХПД, сложных эфиров 3-МХПД и глицидола с применением газовой хромато-масс-спектрометрии.

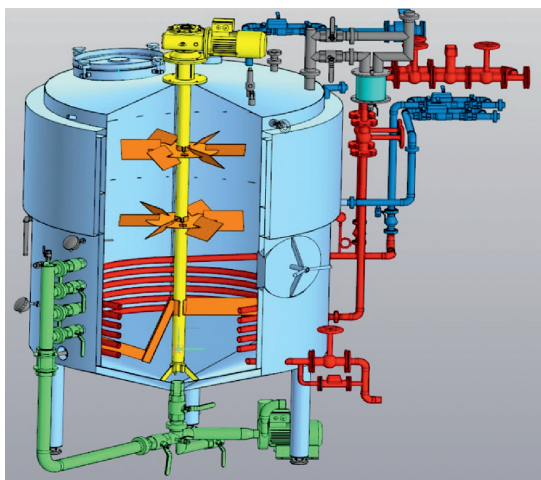


Рис. 8. Аппарат для ферментативного гидролиза и сбраживания
Fig. 8. Apparatus for enzymatic hydrolysis and fermentation

Разработаны методики определения ботанического происхождения мёда, **пищевых аллергенов** (белка молока, яичного белка, белка сои и гистамина) методом иммуноферментного анализа и фитоэстрогенов методом ВЭЖХ/МС в продукции для детского питания, методики определения бетулина и сквалена в продуктах питания.

Разработаны методические рекомендации по рациональному питанию для профилактики **остеопороза**, в которых сформулированы основы формирования рационов питания для профилактики остеопороза, основанные на подходах и принципах, установленных Всемирной организацией здравоохранения.

Впервые в Республике Беларусь разработан «**Метод медицинской профилактики сосудистого ремоделирования у пациентов артериальной гипертензии**».

Впервые в Республике Беларусь разработано «**Руководство QIM (метод индексов качества) по оценке качества (свежести) пресноводной рыбы Беларуси**», позволяющее оценивать степень свежести основных промысловых рыб в каждой партии, поступающей в реализацию и на переработку; разработаны модели изменения дескрипторов (QIM-схемы) оценки свежести основных видов промысловой рыбы в Республике Беларусь с применением метода индексов качества, позволяющие дать суммарную оценку свежести рыбы и рассчитывать остаточные сроки годности для карпа обыкновенного, белого амура, толстолобика и форели радужной при хранении в гранулированном льду.

Для ОАО «Белсолгод» разработана и изготовлена **микросолодовня**, позволяющая моделировать технологический процесс в автоматическом режиме и минимизировать затраты предприятия при создании новых сортов солода. Проведены научные исследования по влиянию биостимулирующего действия озона на процесс рашения солода, в результате которых установлено увеличение экстрактивности солода, снижение количества бета-глюканов, увеличение наклева зерна на 27 %.

Впервые в Республике Беларусь на основе детального изучения процессов экструдирования, кондиционирования, вакуумирования, гранулирования и др. разработано **лабораторное оборудование** для отработки режимов и рецептур производства отечественных рыбных комбикормов, исследования новых технологий и установления рациональных параметров работы производственных линий.

Разработаны методические рекомендации по расчёту производственных мощностей молокоперерабатывающих и консервных предприятий.

Направления научных исследований, планируемые к реализации в ближайшей перспективе:

1. Исследования в области совершенствования технологических процессов пищевых производств по отраслям за счет применения биотехнологических и биохимических операций, нестандартных методов обработки сырья и комплексной переработки отходов (электродиализ, экструдирование, нанофильтрация, гидролиз, обогащение, пищевая комбинаторика, структурообразование, концентрирование, гомогенизация, стерилизация, вакуумирование, моделирование и др.) и изготовление на их основе новых видов продуктов питания

2. Научное обоснование подбора оптимального соотношения микромакронутриентов на основе изучения индивидуальных особенностей человека, создание персонализированного питания и новых пищевых продуктов функционального и оздоровительного действия.

3. Разработка и внедрение в лабораторную практику высокочувствительных методов контроля и управления качеством пищевых продуктов в соответствии с передовыми мировыми требованиями, обеспечивающими высокое качество и конкурентоспособность отечественной продукции.

4. Глубокое изучение вопросов сохранности различных продуктов питания в различных упаковочных материалах, изучение вопросов прогнозирования свойств продукта в процессе хранения, создание инновационной умной упаковки.

5. Цифровизация и автоматизация всех этапов создания продукта: от разработки технологической и нормативно-правовой документации до процесса производства.

Список использованных источников

1. Ловкис, З.В. Инновационное развитие пищевой промышленности: аспекты теории и практики / З.В. Ловкис, Ф.И. Субоч, Е.З. Ловкис; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». — Минск: ИВЦ Минфина, 2019. — 528 с.
2. Ловкис, З. В. Научные основы технологической интеграции предприятий пищевой промышленности агропромышленного комплекса / З. В. Ловкис, Ф. И. Субоч, Е. З. Ловкис. — Минск: ИВЦ Минфина, 2020. — 348 с.
3. Ловкис, З.В. Гидравлика: учебное пособие / З.В. Ловкис, Б.А. Карташов, П.В. Лаврухин. — Ростов н/Д : Феникс, 2019. — 383 с.
4. Петюшев, Н.Н. Компонентный состав низкобелковых продуктов питания для детей, страдающих фенилкетонурией / Н.Н. Петюшев, А.В. Садовская, Ю.С. Усеня // Наука, питание и здоровье : материалы II Международного конгресса (Минск, 3-4 октября 2019 г.). — Минск : Беларуская навука, 2019. — С. 179–184.
5. Ловкис, З.В. Влияние конструктивных и технологических параметров роторного нагревателя на температуру нагрева воды / З.В. Ловкис, С.И. Корзан // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2018. — № 4. — С. 81–93.
6. Разработать новые виды обогащенных пищевых концентратов с использованием биопотенциала семян льна : отчет РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (заключ.) / рук. темы Ю.С. Усеня. — Минск, 2018. — 126 с. — № ГР 20164254.

References

1. Lovkis Z.V., Suboch F.I., Lovkis E.Z. Innovative development of the food industry: aspects of theory and practice. Minsk, IVC Minfina Publ., 2019. 528 p.
2. Lovkis, Z. V., Suboch F.I., Lovkis E.Z. Scientific foundations of technological integration of food industry enterprises of the agro-industrial complex. Minsk, IVC of the Ministry of Finance Publ., 2020. 348 p.
3. Lovkis Z.V., Kartashov B.A., Lavruhin P.V. Hydraulics: tutorial. Rostov-na-Donu, Publ. Feniks, 2019. 383 p.
4. Petjushev N.N., Sadovskaja A.V., Usenja Ju.S. *Komponentnyj sostav nizkobelkovyh produktov pitaniya dlja detej, stradajuschih fenilketonuriej* [The composition of low-protein foods for children suffering from phenylketonuria]. *Nauka, pitanie i zdorov'e : materialy II Mezhdunarodnogo kongressa (Minsk, 3-4 okt. 2019)* [Science, Nutrition and Health: proceedings of the II International Congress, Minsk, 3-4 okt. 2019]. Minsk, 2019, pp. 179–184.
5. Lovkis Z.V., Korzan S.I. Influence of structural and process parameters of rotor heater on water heating temperature. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii* [Food industry: science and technology], 2018, no 4, pp. 81–93.
6. Develop new types of fortified food concentrates using the biopotential potential of flax seeds: RUP report «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Food» (final) / hands. Themes Yu.S. Usenya. Minsk, 2018. 126 p. — № GR 20164254.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович — заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Information about authors

Lovkis Zenon V. — Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, General Director of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

УДК 664.282

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1\(51\)-16-30](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1(51)-16-30)

Поступила в редакцию 23.01.2021

Received 23.01.2021

А. А. Заболотец¹, В. В. Литвяк², А. И. Ермаков³

¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

²*Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Московская обл., Российская Федерация*

³*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь*

СПОСОБ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАТИВНЫХ КРАХМАЛОВ МЕТОДОМ КОМБИНАТОРИКИ

Аннотация. Проведен подробный гранулометрический анализ нативных крахмалов разного ботанического происхождения: сорговый с размером гранул 3,5–21,7 мкм и средним размером 11,0 мкм, пшеничный с размер гранул 2,8–30,7 мкм и средним размером 12,4 мкм, рисовый с размером гранул 2,7–7,9 мкм и средним размером 5,3 мкм, тритикалевый с размером гранул 4,0–30,7 мкм и средним размером 13,2 мкм, ржаной с размером гранул 4,9–42,8 мкм и средним размером 21,2 мкм, гороховый с размером гранул 6,1–32,3 мкм и средним размером 20,4 мкм, нутовый с размером гранул 6,0–25,6 мкм и средним размером 14,8 мкм, амарантовый с размером гранул 0,5–1,5 мкм и средним размером 1,1 мкм, ячменный с размером гранул 3,0–21,4 мкм и средним размером 10,9 мкм, тапиоковый с размером гранул 2,8–31,2 мкм и средним размером 10,6 мкм, овсяный с размером гранул 3,96–14,91 мкм и средним размером 7,39 мкм, картофельный с размером гранул 7,7–60,0 мкм и средним размером 21,7 мкм, кукурузный с размером гранул 3,6–19,2 мкм и средним размером 9,8 мкм, кукурузный высокоамилозный с размером гранул 3,3–11,65 мкм и средним размером 7,11 мкм, кукурузный высокоамилопектиновый с размером гранул 4,26–18,26 мкм и средним размером 9,94 мкм, пшеничный из сорта «Шортландинская 95» с размером гранул 1,74–20,48 мкм и средним размером 7,05 мкм, пшеничный из сорта «Астана» с размером гранул 2,52–26,74 мкм и средним размером 8,30 мкм, пшеничный из сорта «Акмола-2» с размером гранул 2,43–26,22 мкм и средним размером 8,11 мкм.

На основании гранулометрического анализа нативного крахмала разработан инновационный, высокоэффективный, экономный и экологически безопасный способ целенаправленного изменения физико-химических свойств нативных крахмалов различного ботанического происхождения методом комбинаторики.

Ключевые слова: нативный крахмал разного ботанического происхождения, сканирующая электронная микроскопия, смешивание, комбинаторика, крахмальная гранула

A. A. Zabolotets¹, V. V. Litvyak², A. I. Ermakov³

¹*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

²*All-Russian Research Institute of Starch Products — Branch of the Federal Food Systems Center named after V.M.Gorbatov RAS, Moscow Region, Russian Federation*

³*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus*

METHOD FOR TARGETED CHANGE IN PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF NATIVE STARCHES BY THE METHOD OF COMBINATOR

Abstract. A detailed granulometric analysis of native starches of various botanical origin was carried out: sorghum with a granule size of 3,5–21,7 μm and an average size of 11,0 μm, wheat with a granule size of 2,8–30,7 μm and an average size of 12,4 μm, rice with a granule size of 2,7–7,9 μm and an average size of 5,3 μm, triticale with a granule size of 4,0–30,7 μm and an average size of 13,2 μm, rye with a granule size of 4,9–42,8 μm and an average size of 21,2 μm, pea with a granule size of 6,1–32,3 μm and an average size of 20,4 μm, chickpea with a granule size of 6,0–25,6 μm and an average size of 14,8 μm, amaranth with a granule

size of 0,5–1,5 μm and an average size of 1,1 μm , barley with a granule size of 3,0–21,4 μm and an average size of 10,9 μm , tapioca with a granule size of 2,8–31,2 μm and an average size of 10,6 μm , oat with a granule size of 3,96–14,91 μm and an average size of 7,39 μm , potato with a granule size of 7,7–60,0 μm and an average size of 21,7 μm , corn with a grain size of 3,6–19,2 μm and an average size of 9,8 μm , corn high amylose with a granule size of 3,3–11,65 μm and an average size of 7,11 μm , corn high amylopectin with a granule size of 4,26–18,26 μm and an average size of 9,94 μm , wheat from the «Shortandinskaya 95» variety With a granule size of 1,74–20,48 μm and an average size of 7,05 μm , wheat from the «Astana» variety with a granule size of 2,52–26,74 μm and an average size of 8,30 μm , wheat from the «Akmola-2» variety with a granule size of 2,43–26,22 μm and an average size of 8,11 μm .

Based on the granulometric analysis of native starch, an innovative, highly effective, economical and environmentally friendly method of purposefully changing the physicochemical properties of native starches of various botanical origin was developed using the combinatorial method.

Keywords: native starch of various botanical origin, scanning electron microscopy, mixing, combinatorics, starch granule

Введение. Нативный крахмал широко применяется в пищевой промышленности и для технических целей. Однако в связи с совершенствованием технологических способов переработки и значительным расширением ассортимента выпускаемой продукции характеристики нативного крахмала не всегда удовлетворяют современным требованиям. Для улучшения (целенаправленного изменения) свойств нативного крахмала применяют физические, химические или сочетанные модифицирующие факторы [1–23].

Актуальной проблемой современной технологии крахмала и крахмалопродуктов является разработка современных высокоэффективных методов целенаправленного изменения физико-химических свойств нативных крахмалов без использования модифицирующих факторов.

Цель представленного исследования — разработать способ целенаправленного изменения физико-химических свойств нативных крахмалов различного ботанического происхождения методом комбинаторики.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований являются нативные крахмалы различного ботанического происхождения и смеси нативных крахмалов.

Морфологию структурных элементов крахмала (размеры, форма и особенности поверхности крахмальных гранул) изучали с использованием сканирующего электронного микроскопа LEO 1420, фирма Carl Zeiss, Германия (рис. 1) [24–27]. При изготовлении препаратов образцы крахмала в виде порошка наносили на металлическую подложку и прикрепляли к ее поверхности посредством токопроводящего клея. Затем на крахмал напыляли слой золота. Напыление проводили в вакуумной установке EMITECH K 550X, Германия.

Статистическая обработка полученных результатов исследования осуществлена с применением различных компьютерных программ: MS Office Excel 2003 по общепринятым методикам.

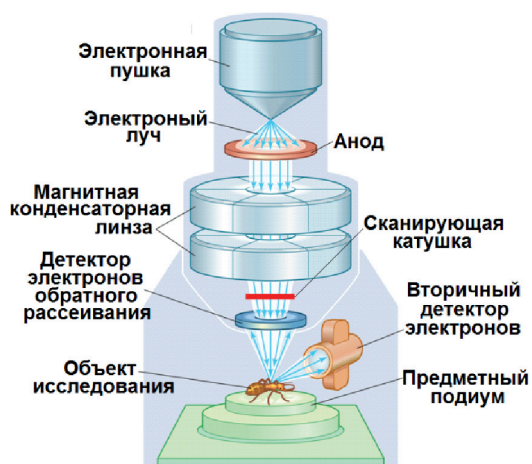


Рис. 1. Сканирующий электронный микроскоп LEO 1420 (Германия)

Fig. 1. LEO 1420 Scanning electron microscope (Germany)

Результаты исследований и их обсуждение. Согласно современным научным представлениям, элементарной структурной частью нативного крахмала, которая одновременно включает в себе

все особенности молекулярного и надмолекулярного строения нативного крахмала является крахмальная гранула [28–31]. Так, в крахмальной грануле имеется информация о строении нативного крахмала:

1. Молекулярном — полимер, в котором мономеры (остатки α -D-глюкопиранозы) связаны α -(1→4)- и α -(1→6)-глюкозидными связями, образуя амилозу (полисахарид линейного строения) и амилопектин (полисахарид разветвленного строения);

2. Надмолекулярном — аморфно-кристаллической фазовой структуре (степени аморфности и кристалличности), а также особенностях строения кристаллитов по плотности упаковки полимерных цепей крахмалов:

- ♦ А-тип кристаллической структуры с элементарной ячейкой орторомбического вида с параметрами: $a = 1,190$ нм, $b = 1,770$ нм, $c = 1,052$ нм, характерной для зернового нативного крахмала;

- ♦ В-тип кристаллической структуры с элементарной ячейкой гексагонального вида с параметрами: $a = b = 1,85$ нм, $c = 1,04$ нм, характерной для клубневого нативного крахмала;

- ♦ С-тип кристаллической структуры, которая является комбинацией А- и В-типов кристаллических структур;

- ♦ V-тип кристаллической структуры — комплексы амилозы с липидами.

Именно из-за уникальной особенности крахмальной гранулы заключать в себе одновременно строение и свойства молекулярного и надмолекулярного уровней структурной организации крахмала ее можно назвать квантом нативного крахмала. В настоящее время квант (от лат. *quantum* — «сколько») рассматривается как неделимая часть какой-либо величины в современной физике; общее название определённых порций энергии (квант энергии), момента количества движения (углового момента), его проекции и других величин, которыми характеризуют физические свойства микро- (квантовых) систем [32, 33]. Понятие кванта основывается на представлении квантовой механики о том, что некоторые физические величины могут принимать только определённые значения (говорят, что физическая величина квантуется). В некоторых важных частных случаях эта величина или шаг её изменения могут быть только целыми кратными некоторого фундаментального значения — и последнее называют квантом.

Следует отдельно отметить, что особенности формирования крахмальной гранулы зависят от многих геоклиматических факторов (температуры окружающей среды, количества осадков, количества солнечных дней, плодородия почвы и т.д.), контролируются биохимически (специализированными ферментативными системами) и генетически (ДНК, РНК и экспрессией генов) [30, 31, 34].

Таким образом, размер и форма крахмальных гранул — квантов нативного крахмала определяют (обуславливают) проявление физико-химических характеристик (свойств) нативного крахмала:

1. Общую молекулярную массу нативного крахмала (чем больше крахмальная гранула, тем больше общая молекулярная масса полимера).

2. Количество связанной влаги (чем больше крахмальная гранула, тем больше связанной влаги имеется в крахмале и наоборот).

3. Температуру клейстеризации (чем больше крахмальная гранула, тем меньше температура ее клейстеризации и наоборот).

4. Соотношение крахмальных фракций разветвленной фракции амилопектина и линейной амилозы (формирование крахмальной гранулы обусловлено взаимодействием линейных участков амилопектина друг с другом или с амилозой).

5. Реологические характеристики водно-крахмального клейстера (вязкость водно-крахмального клейстера обусловлена соотношением крахмальных фракций амилопектина и амилозы).

Основываясь на знаниях о структурной организации нативного крахмала, мы предложили оригинальный способ целенаправленного изменения физико-химических свойств без использования химических, физических и сочетанных модифицирующих факторов. Наша методика основывается на механическом смешивании нативных крахмалов с различным гранулометрическим составом с применением правила «креста» или «квадрата» (или «конверта») К. Пирсона [35–38].

Вначале получают нативный крахмал по известной стандартной технологии, которая включает следующие последовательно осуществляемые технологические операции [28, 29]:

1. Подготовка крахмалосодержащего сырья (клубней или зерна, или бобов) к переработке.

2. Измельчение крахмалосодержащего сырья (клубней или зерна, или бобов).

3. Извлечение нативного крахмала.

4. Максимально возможная очистка крахмальной суспензии.

5. Сгущение и обезвоживание крахмальной суспензии.

6. Сушка нативного крахмала.

7. Удаление металломагнитных примесей в нативном крахмале.

8. Фасовка нативного крахмала.
9. Упаковка нативного крахмала.
10. Маркировка нативного крахмала.
11. Транспортирование нативного крахмала потребителю или на склад готовой продукции.

В качестве сырья можно использовать любые крахмалосодержащие растения, качество которых соответствует действующим техническим нормативным правовым актам (ТНПА). Так, комбинаторные крахмалы можно получать из следующих нативных крахмалов, полученных по традиционной технологии:

1. Сорговый, получаемый из бессортовых растений сорго *Sorghum* по ТНПА (рис. 1: 1, 2; табл. 1): размер гранул 3,5–21,7 мкм и средний размер 11,0 мкм.
2. Пшеничный, получаемый из бессортовых растений пшеницы *Triticum* по ТНПА (рис. 1: 3, 4; табл. 1): размер гранул 2,8–30,7 мкм и средний размер 12,4 мкм.
3. Рисовый, получаемый из бессортовых растений риса *Oryza* по ТНПА (рис. 1: 5–7; табл. 1): размер гранул 2,7–7,9 мкм и средний размер 5,3 мкм.
4. Тритикалевый, получаемый из бессортовых растений тритикале *Triticosecale* (амфидиплоид ржи *secale* и пшеницы *triticum*) по ТНПА (рис. 1: 8, 9; табл. 1): размер гранул 4,0–30,7 мкм и средний размер 13,2 мкм.
5. Ржаной, получаемый из бессортовых растений ржи *Secale* по ТНПА (рис. 1: 10, 11; табл. 1): размер гранул 4,9–42,8 мкм и средний размер 21,2 мкм.
6. Гороховый, получаемый из бессортовых растений гороха *Pisum* по ТНПА (рис. 1: 12, 13; табл. 1): размер гранул 6,1–32,3 мкм и средний размер 20,4 мкм.
7. Нутовый, получаемый из бессортовых растений нута *Cicer arietinum* по ТНПА (рис. 1: 14, 15; табл. 1): размер гранул 6,0–25,6 мкм и средний размер 14,8 мкм.
8. Амарантовый, получаемый из бессортовых растений амаранта *Amaranthus* по ТНПА (рис. 2: 1–3; табл. 1): размер гранул 0,5–1,5 мкм и средний размер 1,1 мкм.
9. Ячменный, получаемый из бессортовых растений ячменя *Hordeum* по ТНПА (рис. 2: 4, 5; табл. 1): размер гранул 3,0–21,4 мкм и средний размер 10,9 мкм.
10. Тапиоковый, получаемый из бессортовых растений маниоки *Manihot* по ТНПА (рис. 2: 6, 7; табл. 1): размер гранул 2,8–31,2 мкм и средний размер 10,6 мкм.
11. Овсяный, получаемый из бессортовых растений овса *Avena* по ТНПА (рис. 2: 8; табл. 1): размер гранул 3,96–14,91 мкм и средний размер 7,39 мкм.
12. Картофельный, получаемый из бессортовых растений картофеля *Solanum tuberosum* L. по ТНПА (рис. 2: 9; табл. 1): размер гранул 7,7–60,0 мкм и средний размер 21,7 мкм.
13. Кукурузный, получаемый из бессортовых растений кукурузы *Zea mays* по ТНПА (рис. 2: 10–13; табл. 1): размер гранул 3,6–19,2 мкм и средний размер 9,8 мкм.
14. Кукурузный высокоамилозный, получаемый из гибридных растений кукурузы *Zea mays* по ТНПА (рис. 2: 14, 15; табл. 1): размер гранул 3,3–11,65 мкм и средний размер 7,11 мкм.
15. Кукурузный высокоамилопектиновый, получаемый из гибридных растений кукурузы *Zea mays* по ТНПА (рис. 3: 1, 2; табл. 1): размер гранул 4,26–18,26 мкм и средний размер 9,94 мкм.
16. Гречишный, получаемый из бессортовых растений гречихи *Fagopyrum* по ТНПА (рис. 3: 3–5).
17. Банановый, получаемый из бессортовых растений бананов (зеленых) *Musa* по ТНПА (рис. 3: 6, 7).
18. Пшеничный, получаемый из растений пшеницы *Triticum* сорта «Шортландинская 95» по ТНПА (рис. 3: 8; табл. 1): размер гранул 1,74–20,48 мкм и средний размер 7,05 мкм.
19. Пшеничный, получаемый из растений пшеницы *Triticum* сорта «Астана» по ТНПА (рис. 3: 9, 10; табл. 1): размер гранул 2,52–26,74 мкм и средний размер 8,30 мкм.
20. Пшеничный, получаемый из растений пшеницы *Triticum* сорта «Акмола-2» по ТНПА (рис. 3: 11; табл. 1): размер гранул 2,43–26,22 мкм и средний размер 8,11 мкм.

Важным подготовительным этапом предлагаемой методики является тщательная гранулометрическая оценка имеющихся нативных крахмалов при помощи световой микроскопии или сканирующей электронной микроскопии.

Сканирующие электронные микрофотографии нативного крахмала разного ботанического происхождения продемонстрированы на рис. 2–4. В табл. 1 показан гранулометрический анализ нативных крахмалов различного ботанического происхождения.

На основе результатов гранулометрического анализа нативных крахмалов осуществляется перевод среднего размера крахмальных гранул в проценты:

- ♦ за 100 % принимают наибольший размер крахмального зерна, существующий в природе, — крахмальное зерно картофельного крахмала размером 200 мкм или
- ♦ за 1 % принимают наименьший размер крахмального зерна, существующий в природе, — крахмальное зерно амарантового крахмала размером 1 мкм.

Таблица 1. Морфологическая характеристика нативного крахмала
разного ботанического происхождения
Table 1. Morphological characteristics of native starch of different botanical origin

| | К-1 | К-2 | К-3 | К-4 | К-5 | К-6 | К-7 | К-8 | К-9 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| П-1 | 21,2 | 12,4 | 13,2 | 11,0 | 10,9 | 5,3 | 20,4 | 14,8 | 1,1 |
| П-2 | 1,19 | 0,97 | 0,88 | 0,38 | 0,58 | 0,15 | 1,25 | 2,46 | 0,02 |
| П-3 | 21,8 | 11,3 | 12,7 | 11,0 | 11,4 | 5,2 | 20,8 | 14,5 | 1,1 |
| П-4 | 22,4 | 2,8 | 13,1 | 12,2 | 4,5 | 4,1 | н/д | 15,8 | 1,2 |
| П-5 | 10,27 | 7,31 | 7,24 | 3,49 | 5,63 | 1,11 | 6,87 | 3,69 | 0,18 |
| П-6 | 105,4 | 53,5 | 52,48 | 12,19 | 31,72 | 1,23 | 47,22 | 13,59 | 0,03 |
| П-7 | -0,9 | -1,27 | -0,67 | 0,16 | -1,34 | -0,59 | 0,02 | 0,17 | 0,71 |
| П-8 | 0,1 | 0,26 | 0,51 | 0,09 | 0,1 | 0,06 | -0,74 | 0,07 | -0,32 |
| П-9 | 37,9 | 24,3 | 26,7 | 18,2 | 18,4 | 5,2 | 26,3 | 19,6 | 1,0 |
| П-10 | 4,9 | 2,8 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,7 | 6,1 | 6,0 | 0,5 |
| П-11 | 42,8 | 27,1 | 30,7 | 21,7 | 21,4 | 7,9 | 32,3 | 25,6 | 1,5 |
| П-12 | 2,36 | 1,90 | 1,75 | 0,76 | 1,15 | 0,29 | 2,57 | 0,93 | 0,04 |
| П-13 | 23,5 | 14,3 | 15 | 11,7 | 12,1 | 5,6 | 23,0 | 15,7 | 1,2 |
| П-14 | 18,8 | 10,5 | 11,5 | 10,2 | 9,8 | 5 | 17,8 | 13,9 | 1,1 |
| П-15 | (3)м | (2)м | (2)м | (1)м | (1)м | (3)м | (1)м | (1)м | (1)м |
| | К-10 | К-11 | К-12 | К-13 | К-14 | К-15 | К-16 | К-17 | К-18 |
| П-1 | 10,6 | 21,7 | 7,39 | 9,8 | 7,11 | 9,94 | 7,05 | 8,30 | 8,11 |
| П-2 | 0,26 | 0,62 | 0,43 | 0,21 | 0,19 | 0,41 | 0,41 | 0,77 | 0,83 |
| П-3 | 10,1 | 19,0 | 6,57 | 9,7 | 6,96 | 9,91 | 5,26 | 5,78 | 4,61 |
| П-4 | 8,8 | 17,1 | 5,09 | 12,7 | 6,78 | 7,78 | 4,43 | 15,26 | 3,30 |
| П-5 | 4,43 | 8,99 | 2,56 | 3,38 | 1,86 | 2,99 | 4,31 | 6,10 | 6,40 |
| П-6 | 19,63 | 80,88 | 6,57 | 11,44 | 3,47 | 8,92 | 18,57 | 37,15 | 40,93 |
| П-7 | 0,66 | 2,2 | 0,66 | -0,49 | -0,43 | -0,08 | 0,93 | 1,18 | 0,74 |
| П-8 | 0,54 | 1,4 | 1,04 | 0,37 | 0,08 | 0,18 | 1,36 | 1,44 | 1,32 |
| П-9 | 28,4 | 52,3 | 10,96 | 15,5 | 8,35 | 14 | 18,74 | 24,22 | 23,78 |
| П-10 | 2,8 | 7,7 | 3,96 | 3,6 | 3,30 | 4,26 | 1,74 | 2,52 | 2,43 |
| П-11 | 31,2 | 60,0 | 14,91 | 19,2 | 11,65 | 18,26 | 20,48 | 26,74 | 26,22 |
| П-12 | 0,50 | 1,22 | 0,87 | 0,42 | 0,38 | 0,82 | 0,81 | 1,55 | 1,67 |
| П-13 | 11,1 | 22,9 | 8,25 | 10,2 | 7,50 | 10,76 | 7,87 | 9,85 | 9,77 |
| П-14 | 10,1 | 20,5 | 6,52 | 9,3 | 6,73 | 9,11 | 6,24 | 6,75 | 6,44 |
| П-15 | (2)м | (2)м | (1)м | (1)м | (1)м | (1)м | (1)м | (2)м | (3)м |

Примечание: нативные крахмалы разного ботанического происхождения (бессортные): К-1 – ржаной, К-2 – пшеничный, К-3 – тритикалевый, К-4 – сорговый, К-5 – ячменный, К-6 – рисовый, К-7 – гороховый, К-8 – нутовый, К-9 – амарантовый, К-10 – тапиоковый, К-11 – картофельный, К-12 – овсяный, К-13 – кукурузный, К-14 – амилозный кукурузный, К-15 – амилопектиновый кукурузный, К-16 – пшеничный сорта «Шортландинская 95», К-17 – пшеничный сорта «Акмола-2», К-18 – пшеничный сорта «Астана»; параметры: П-1 – среднее (мкм), П-2 – стандартная ошибка, П-3 – медиана, П-4 – мода, П-5 – стандартное отклонение, П-6 – дисперсия выборки, П-7 – эксцесс, П-8 – асимметричность, П-9 – интервал, П-10 – минимум (мкм), П-11 – максимум (мкм), П-12 – уровень надежности (95,0%), П-13 – верхняя граница, П-14 – нижняя граница, П-15 – распределение гранул по размерам: (1)м – мономодальное, (2)м – бимодальное, (3)м – тримодальное.

Вариант №1. Графическое или геометрическое выражение правила «креста». Требуемый средний размер крахмальных гранул в % (С) пишут в месте пересечения двух линий (в центре), а имеющиеся у нативных крахмалов средние размеры крахмальных гранул в % (А и В) – у концов обеих линий слева (нативный крахмал с большим средним размером крахмальных гранул в % (А) – сверху, а нативный крахмал с меньшим средним размером крахмальных гранул в % (В) – снизу). На каждой линии вычитают одно стоящее на ней из другого (меньшее вычитают из большего) и разность записывают у свободного конца той же линии (X_A и X_B). Полученные числа, расположенные справа – сверху и внизу, указывают, сколько весовых частей каждого из нативных крахмалов с известным средним размером крахмальных гранул в % следует взять, чтобы получить нативный крахмал с требуемым средним размером крахмальных гранул в %. Графическое или геометрическое выражение правила «креста» можно выразить следующим образом (1):

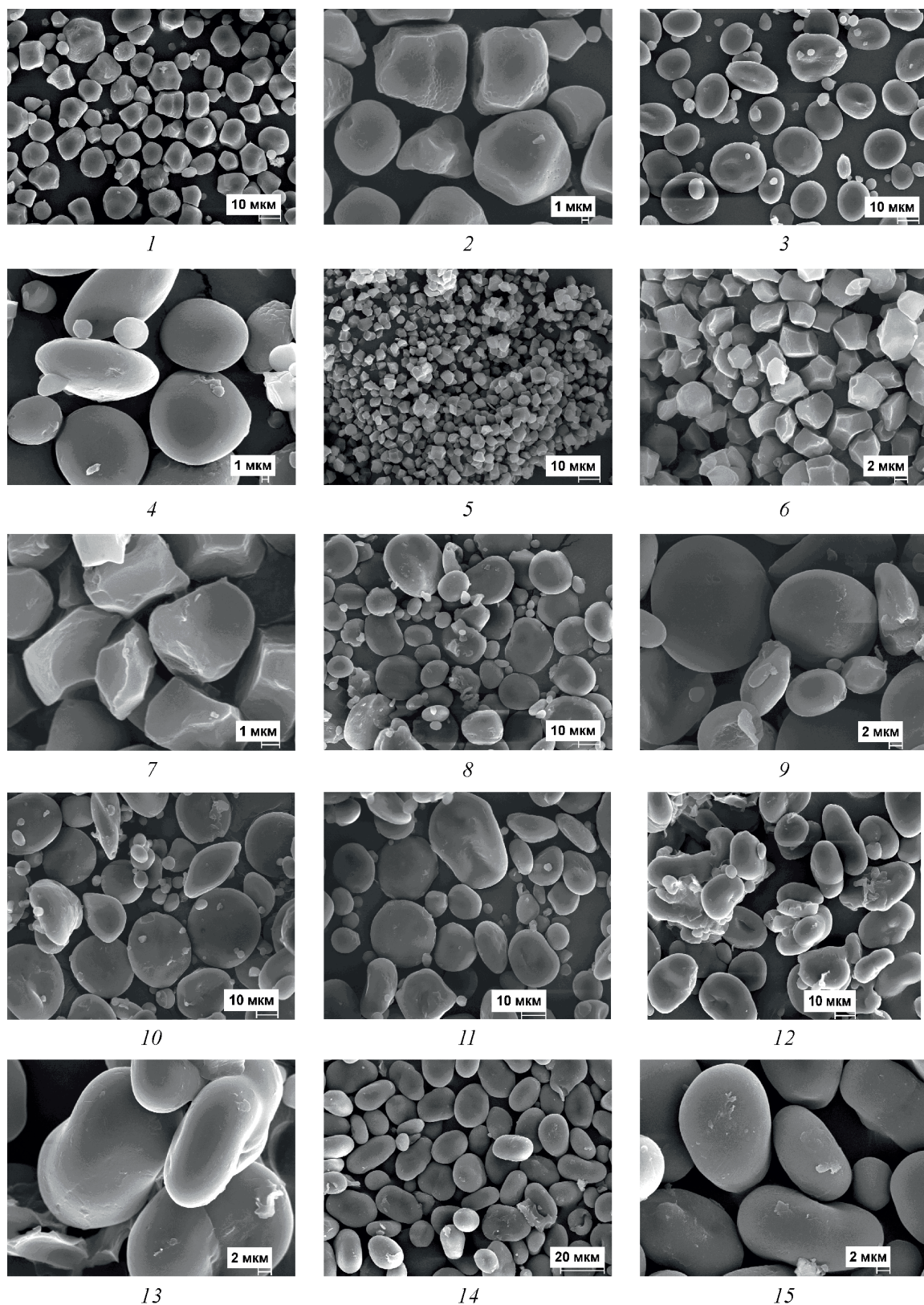


Рис. 2. Сканирующие электронные микрофотографии гранул нативного крахмала различного ботанического происхождения: 1, 2 — соргвый; 3, 4 — пшеничный; 5–7 — рисовый; 8, 9 — тритикалевый; 10, 11 — ржаной, 12, 13 — гороховый; 14, 15 — нутовый

Fig.2. Scanning electron micrographs of native starch granules of various botanical origin: 1,2 — sorghum, 3,4 — wheat, 5–7 — rice, 8,9 — critically, 10,11 — rye, 12,13 — peas, 14,15 — chickpeas

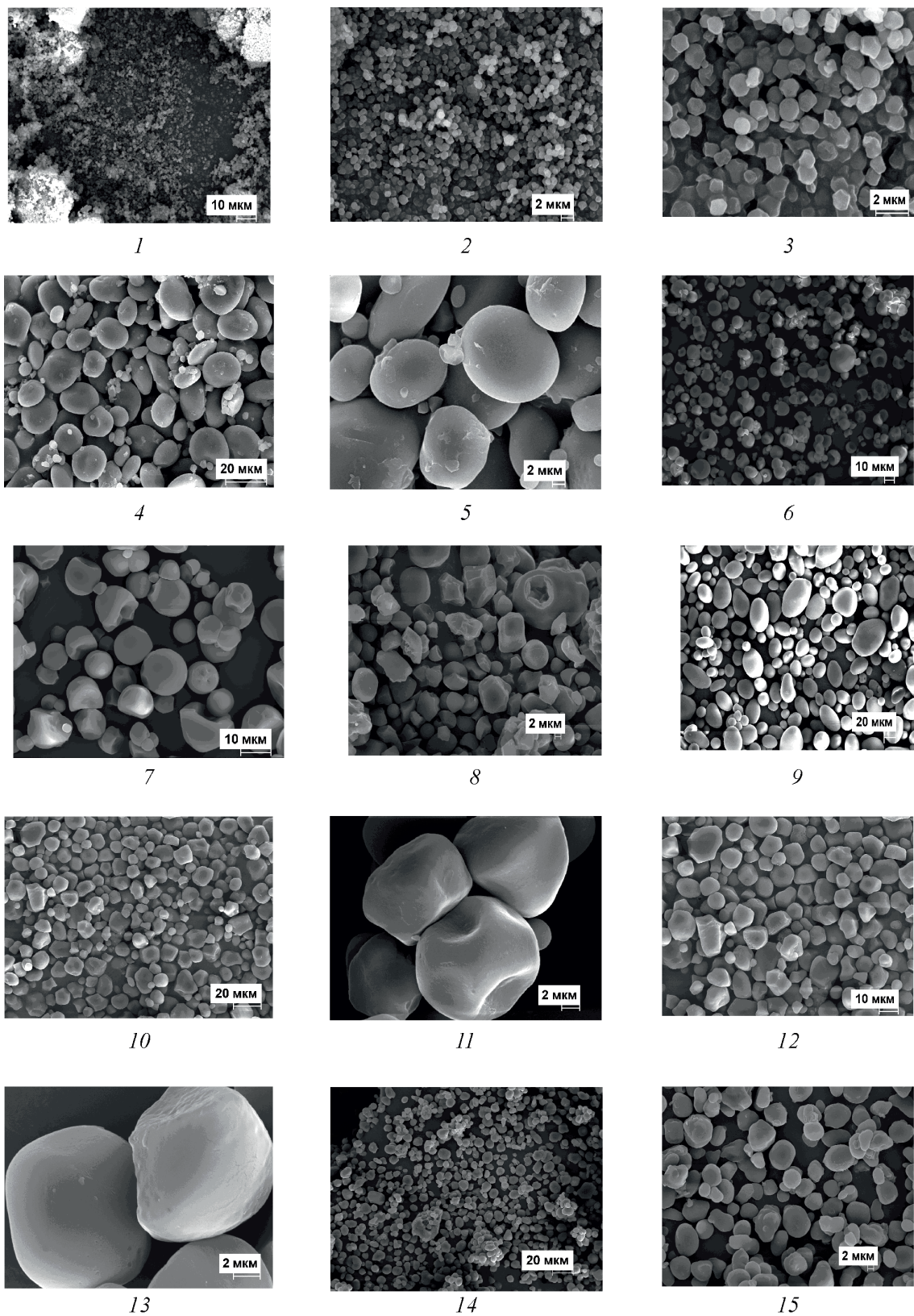


Рис. 3. Сканирующие электронные микрофотографии гранул нативного крахмала различного ботанического происхождения: 1–3 — амарантовый; 4, 5 — ячменный; 6, 7 — тапиоковый; 8 — овсянный; 9 — картофельный; 10–13 — кукурузный; 14, 15 — высокоамилозный кукурузный
Fig.3. Scanning electron micrographs of native starch granules of various botanical origin: 1–3 — amaranth; 4,5 — barley; 6,7 — tapioca; 8 — oats; 9 — potato; 10–13 — corn; 14, 15 — high-amylose corn

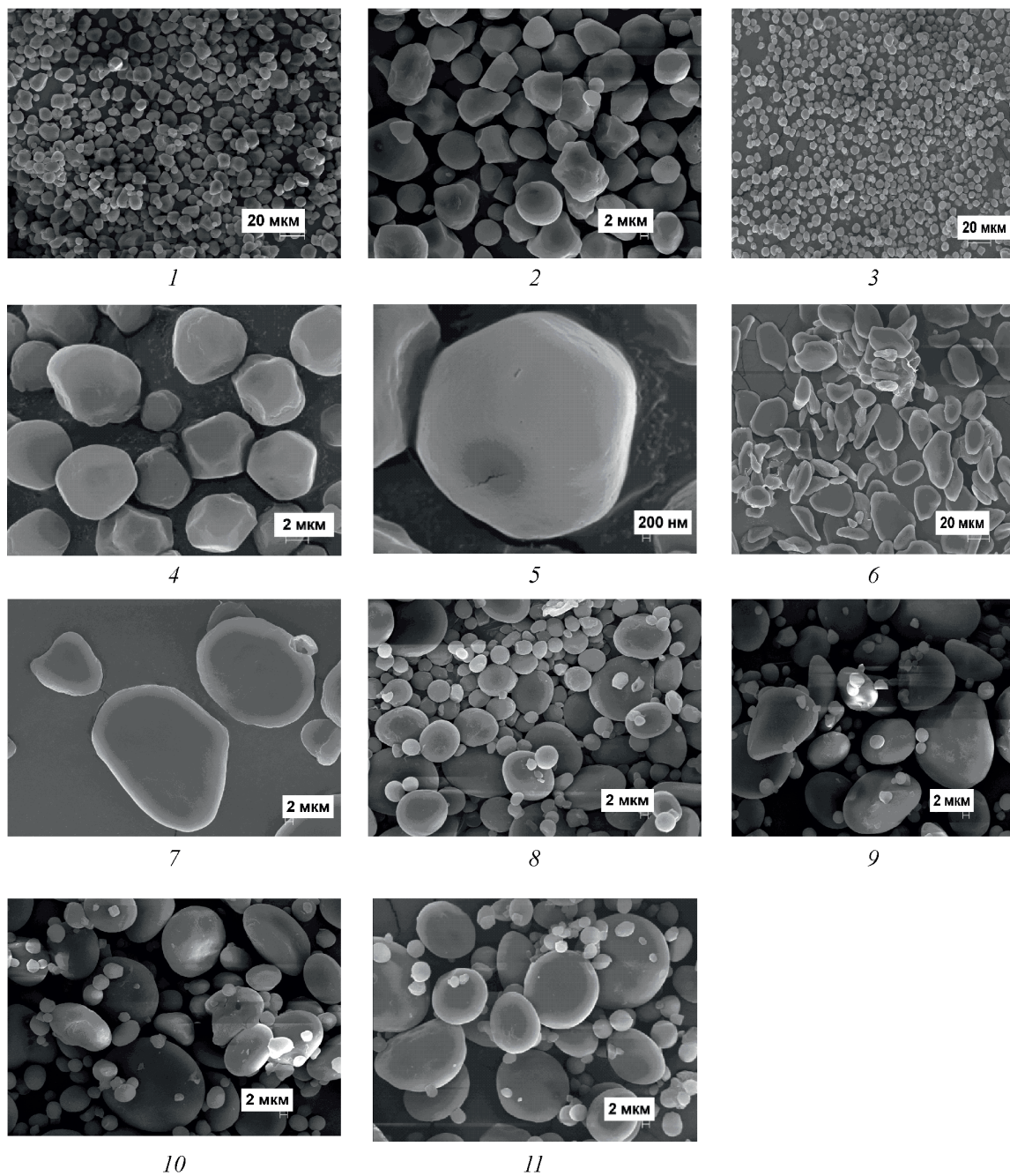
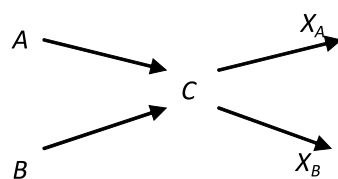


Рис. 4. Сканирующие электронные микрофотографии гранул нативного крахмала различного ботанического происхождения: 1, 2 — высокоамило-пектиновый кукурузный; 3–5 — гречишный; 6, 7 — банановый; 8 — сорт «Шортандинская 95»; 9, 10 — сорт «Астана»; 11 — сорт «Асмола-2»
 Fig.4. Scanning electron micrographs of native starch granules of various botanical origin: 1,2 — high-amylose corn; 3-5 — buckwheat; 6,7 — banana; 8 — grade «Shortandinsky 95»; 9,10 — grade «Astana»; 11 — grade «Asmola-2»



(1)

где $C - B = X_A$; $A - C = X_B$; при: $A > C$ и $B < C$.

Вариант №2. Математическое или алгебраическое выражение правила «креста». Правило «креста» можно выразить не только графически (геометрически) в виде креста, но и математически (алгебраически) в виде простой системы уравнений (2):

$$\begin{cases} C - B = X_A; \\ A - C = X_B; \\ C < A, \\ C > B \end{cases} \quad (2)$$

где C — необходимый (конечный) средний размер крахмальных гранул в %; A — средний размер крахмальных гранул первого нативного крахмала ($A > C$), %; B — средний размер крахмальных гранул второго нативного крахмала ($B < C$), %; X_A — количество первого нативного крахмала, г или вес. ч.; X_B — количество второго нативного крахмала, г или вес. ч.

Вариант №3. Выражение правила «креста» в виде квадрата К. Пирсона.
Чертим квадрат и разбиваем его на 9 частей:

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |

Заполняем квадрат исходя из имеющихся данных следующим образом:

| | | |
|-------------------|--|-------------------|
| A | $m_k / X_C = k$ | X_A |
| $m_k = m_A + m_B$ | C | $X_A + X_B = X_C$ |
| B | $X_A \cdot k = m_A$ $X_B \cdot k = m_B$ | X_B |

где X_C — сумма X_A и X_B ; m_k — необходимая масса крахмальной смеси с искомым средним размером крахмальных гранул, г или кг или т; k — коэффициент; m_A — необходимая масса нативного крахмала с большим средним размером крахмальных гранул, г или кг или т; m_B — необходимая масса нативного крахмала с меньшим средним размером крахмальных гранул, г или кг или т.

Следует отдельно отметить, что правило «креста» основывается на пропорции (лат. *proportio* «со-размерность, выравненность частей; определённое соотношение частей между собой») — равенство отношений двух и более пар чисел [39].

Далее осуществляют количественный отбор (дозирование) нативных крахмалов, их загрузку в реактор-смеситель.

В реакторе-смесителе проводят механическое смешивание нативных крахмалов в течение 3 минут при скорости вращения мешалки $2,0 \text{ с}^{-1}$.

После этого полученный комбинаторный нативный крахмал с улучшенными органолептическими и физико-химическими свойствами подают на конвейер для удаления металломагнитных примесей, затем осуществляют последовательно фасовку, упаковку, маркировку и транспортирование готового продукта [40].

Далее нами приведены примеры конкретной реализации предложенного способа при приготовлении комбинаторного крахмала:

Пример 1.: «Комбинаторный картофельно-амарантовый крахмал со средним размером гранул 1,69 мкм» (за точку отсчёта принимается максимальный известный размер нативного крахмала — 200 мкм гранулы картофельного крахмала).

Выделяют нативный картофельный крахмал (бессортовой) со средним размером крахмальных гранул 21,7 мкм и нативный амарантовый крахмал со средним размером крахмальных гранул 1,1 мкм, используя традиционную технологию получения нативного крахмала.

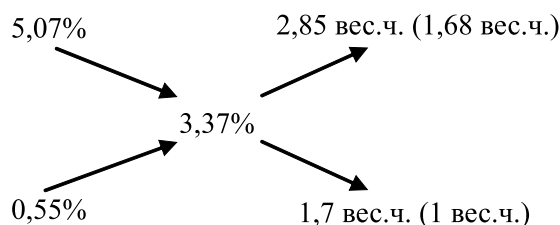
Переводят средний размер крахмальных гранул в проценты: за 100% принимают наибольший размер крахмального зерна, существующий в природе — крахмальное зерно картофельного крахмала размером 200 мкм:

1. Составляют 1-ю пропорцию: $200 \text{ мкм} - 100 \% = 1,69 \text{ мкм} - x_1 \%$, отсюда $x_1 = 1,69 \cdot 100 / 200 = 3,37 \%$. Таким образом, процентное содержание необходимого среднего размера крахмальных гранул комбинаторного крахмала составит 3,37 %.

2. Составляют 2-ю пропорцию: $200 \text{ мкм} - 100 \% = 21,7 \text{ мкм} - x_1 \%$, отсюда $x_1 = 21,7 \cdot 100 / 200 = 5,07 \%$. Таким образом, процентное содержание среднего размера крахмальных гранул картофельного крахмала составит 5,07 %.

3. Составляем 3-ю пропорцию: $200 \text{ мкм} - 100 \% = 1,1 \text{ мкм} - x_2 \%$, отсюда $x_2 = 1,1 \cdot 100 / 200 = 0,55 \%$. Таким образом, процентное содержание среднего размера крахмальных гранул амарантового крахмала составит $0,55\%$.

Затем осуществляют теоретическое моделирование комбинаторного нативного крахмала с использованием правила «креста»:



Требуемый средний размер гранул нативного картофельного крахмала в процентах $3,37 \%$ указывают в месте пересечения двух линий (в центре), а имеющиеся средние размеры гранул смешиваемых сортов нативного крахмала в процентах — у концов обеих линий слева (картофельного со средним размером крахмальных гранул в процентах $5,07 \%$ — сверху, амарантового со средним размером гранул в процентах $0,55 \%$ — снизу). На каждой линии вычитают одно стоящее на ней из другого ($3,37 - 0,55 = 2,85$; $5,07 - 3,37 = 1,7$) и разность записывают у свободного конца той же линии.

Проведем математическое сокращение приняв за 1 вес.ч. наименьший полученный результат — $1,7 \text{ вес.ч.}$ Тогда наибольший полученный результат составит — $2,85 / 1,7 = 1,68 \text{ вес.ч.}$

Полученные числа ($1,68$ и 1) — расположенные справа — сверху и внизу соответственно, указывают сколько весовых частей каждого крахмалов с известным средним размером гранул следует взять, чтобы получить комбинаторный нативный крахмал с требуемым средним размером крахмальных гранул — $1,69 \text{ мкм}$.

Таким образом, для получения нативного комбинаторного крахмала с органолептическими и физико-химическими свойствами, соответствующими нативному крахмалу со средним размером гранул $1,69 \text{ мкм}$, необходимо взять 1 вес.ч. нативного амарантового крахмала со средним размером крахмальных гранул $1,1 \text{ мкм}$ и $1,68 \text{ вес.ч.}$ нативного картофельного крахмала со средним размером крахмальных гранул $21,7 \text{ мкм}$.

Далее осуществляют количественный отбор (дозирование) картофельного и амарантового крахмалов, их загрузка в реактор-смеситель. В реактор-смеситель подают нативный картофельный крахмал и нативный амарантовый в соотношении $1 : 1,68$.

В реакторе-смесители проводят механическое смешивание нативных крахмалов в течение 3 минут при скорости вращения мешалки $2,0 \text{ с}^{-1}$.

После этого полученный комбинаторный нативный крахмал с улучшенными органолептическими и физико-химическими свойствами подают на конвейер для удаления металломагнитных примесей, затем осуществляют последовательно фасовку, упаковку, маркировку и транспортирование готового продукта.

Пример 2.: «Комбинаторный картофельно-амарантовый крахмал со средним размером гранул $1,69 \text{ мкм}$ » (за точку отсчёта принимается минимальный известный размер нативного крахмала — 1 мкм гранулы амарантового крахмала).

Выделяют нативный картофельный крахмал (без сортовой) со средним размером крахмальных гранул $21,7 \text{ мкм}$ и нативный амарантовый крахмал со средним размером крахмальных гранул $1,1 \text{ мкм}$, в результате подготовки к переработке и измельчению крахмалсодержащего сырья (клубней картофеля), извлечения крахмала, обезвоживании, сушки, удаления металломагнитных примесей, фасовки, упаковки, маркировки и транспортировании крахмала.

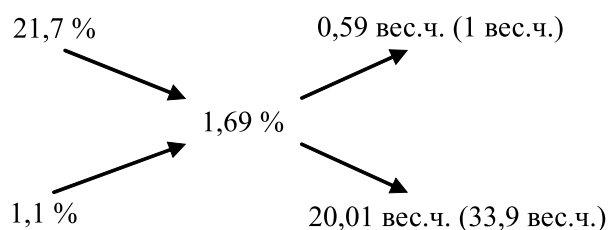
Переводят средний размер крахмальных гранул в проценты: за 1% принимают наименьший размер крахмального зерна, существующий в природе — крахмальное зерно амарантового крахмала размером 1 мкм :

1. Составляют 1-ю пропорцию: $1 \text{ мкм} - 1 \% = 1,69 \text{ мкм} - x_1 \%$, отсюда $x_1 = 1,69 \cdot 1 / 1 = 1,69 \%$. Таким образом, процентное содержание необходимого среднего размера крахмальных гранул комбинаторного крахмала составит $1,69 \%$.

2. Составляют 2-ю пропорцию: $1 \text{ мкм} - 1 \% = 21,7 \text{ мкм} - x_1 \%$, отсюда $x_1 = 21,7 \cdot 1 / 1 = 21,7 \%$. Таким образом, процентное содержание среднего размера крахмальных гранул картофельного крахмала составит $21,7 \%$.

3. Составляют 3-ю пропорцию: $1 \text{ мкм} - 1 \% = 1,1 \text{ мкм} - x_2 \%$, отсюда $x_2 = 1,1 \cdot 1 / 1 = 1,1 \%$. Таким образом, процентное содержание среднего размера крахмальных гранул комбинаторного крахмала составит $1,1 \%$.

Затем осуществляют теоретическое моделирование комбинаторного нативного крахмала с использованием правила «креста»:



Требуемый средний размер гранул нативного комбинаторного крахмала в процентах 1,69% указывают в месте пересечения двух линий (в центре), а имеющиеся средние размеры гранул смешиваемых сортов нативного крахмала в процентах — у концов обеих линий слева (картофельного со средним размером крахмальных гранул в процентах 21,7% — сверху, амарантового со средним размером гранул в процентах 1,1% — снизу). На каждой линии вычитают одно стоящее на ней из другого ($1,69 - 1,1 = 0,59$; $21,7 - 1,69 = 20,01$) и разность записывают у свободного конца той же линии.

Проведем математическое сокращение приняв за 1 вес.ч. наименьший полученный результат — 0,59 вес.ч. Тогда наибольший полученный результат составит — $20,01/0,59 = 33,09$ вес.ч.

Полученные числа (1 и 33,9) — расположенные справа — сверху и внизу соответственно, указывают сколько весовых частей каждого крахмалов с известным средним размером гранул следует взять, чтобы получить комбинаторный нативный крахмал с требуемым средним размером крахмальных гранул — 1,69 мкм.

Таким образом, для получения нативного комбинаторного крахмала с органолептическими и физико-химическими свойствами, соответствующими нативному крахмалу со средним размером гранул 1,69 мкм, необходимо взять 33,9 вес.ч. нативного амарантового крахмала со средним размером крахмальных гранул 1,1 мкм и 1 вес.ч. нативного картофельного крахмала со средним размером крахмальных гранул 21,7 мкм.

Далее осуществляют количественный отбор (дозирование) картофельного и амарантового крахмалов, их загрузка в реактор-смеситель. В реактор-смеситель подают нативный картофельный крахмал и нативный амарантовый в соотношении 1 : 33,9 и проводят механическое смешивание в течение 3 минут при скорости вращения мешалки их $2,0 \text{ с}^{-1}$.

После этого полученный комбинаторный нативный крахмал с улучшенными органолептическими и физико-химическими свойствами подают на конвейер для удаления металломагнитных примесей, затем осуществляют последовательно фасовку, упаковку, маркировку и транспортирование готового продукта.

При создании алгоритма расчёта комбинаторных крахмалов, основываясь на научных публикациях, за точку отсчёта приняты:

- ♦ вариант №1: максимально возможный природный размер крахмальной гранулы — 200 мкг (размер гранулы картофельного крахмала),
- ♦ вариант №2: минимально возможный природный размер крахмальной гранулы — 1 мкм (размер гранулы амарантового крахмала).

Каждый из вариантов является отдельным алгоритмом расчёта, т.к. взяты различные точки отсчёта. Они адекватны в своих пределах. Примером подобных алгоритмов расчёта могут служить различные шкалы измерения температур в градусах Цельсия или в градусах Кельвина. Обе шкалы измерения температур показывают адекватные значения изменения температуры — линейной величины в своих пределах (в рамках своей шкалы).

Закключение. Проведен подробный гранулометрический анализ нативных крахмалов разного ботанического происхождения: сорговый с размером гранул 3,5–21,7 мкм и средним размером 11,0 мкм, пшеничный с размер гранул 2,8–30,7 мкм и средним размером 12,4 мкм, рисовый с размером гранул 2,7–7,9 мкм и средним размером 5,3 мкм, тритикалевый с размером гранул 4,0–30,7 мкм и средним размером 13,2 мкм, ржаной с размером гранул 4,9–42,8 мкм и средним размером 21,2 мкм, гороховый с размером гранул 6,1–32,3 мкм и средним размером 20,4 мкм, нутовый с размером гранул 6,0–25,6 мкм и средним размером 14,8 мкм, амарантовый с размером гранул 0,5–1,5 мкм и средним размером 1,1 мкм, ячменный с размером гранул 3,0–21,4 мкм и средним размером 10,9 мкм, тапиоковый с размером гранул 2,8–31,2 мкм и средним размером 10,6 мкм, овсяный с размером гранул 3,96–14,91 мкм и средним размером 7,39 мкм, картофельный с размером гранул 7,7–60,0 мкм и средним размером 21,7 мкм, кукурузный с размером гранул 3,6–19,2 мкм и средним размером 9,8 мкм,

кукурузный высокоамилозный с размером гранул 3,3–11,65 мкм и средним размером 7,11 мкм, кукурузный высокоамилопектиновый с размером гранул 4,26–18,26 мкм и средним размером 9,94 мкм, пшеничный из сорта «Шортландинская 95» с размером гранул 1,74–20,48 мкм и средним размером 7,05 мкм, пшеничный из сорта «Астана» с размером гранул 2,52–26,74 мкм и средним размером 8,30 мкм, пшеничный из сорта «Ажмола-2» с размером гранул 2,43–26,22 мкм и средним размером 8,11 мкм.

Нами предложен инновационный, высокоэффективный, экономный и экологически безопасный способ получения комбинаторных нативных картофельных крахмалов, обладающих универсальными (легко изменяемыми в зависимости от требований потребителей) органолептическими и физико-химическими свойствами.

Основными преимуществами предлагаемой технологии является, прежде всего, простота, доступность применяемого технологического оборудования (дополнительно требуется только реактор-смеситель для механического смешивания), исключения использования в технологическом процессе модифицирующих факторов, а также экологическая безопасность производства.

Список использованных источников

1. Kang, I.-J. Production of Modified Starches by Gamma Irradiation / I.-J. Kang, M.-W. Byun, H.-S. Yook, C.-H. Bae, H.-S. Lee, J.-H. Kwon, C.-K. Chung // *Radiation Physics and Chemistry*. — 1999. — Vol. 54, No. 4. — P. 425–430.
2. SA Sofi. Resistant starch as functional ingredient: A review / SA Sofi, Anjum Ayoub, Awsi Jan // *International Journal of Food Science and Nutrition*. — 2017. — Vol. 2, No. 6. — P. 195–199.
3. Бдина Л. Santana. New Starches are the Trend for Industry Applications: A Review / Бдина Л. Santana, М. Angela A. Meireles // *Food and Public Health*. — 2014. — Vol. 4, No. 5. — P. 229–241.
4. James N. BeMiller. Starch. Chemistry and Technology / James N. BeMiller, Roy L. Whistler. — Publisher: Academic Press; 3rd edition (April 6, 2009). — 894 pp.
5. Schoenlechner, Regine. Physically modified starches: A review / Regine Schoenlechner // *Journal of Food Agriculture and Environment*. — 2011. — Vol. 9, No. 1. — P. 27–29.
6. Sameh A. Korma. Chemically Modified Starch and Utilization in Food Stuffs / Sameh A. Korma, Kamal-Alahmad, Sobia Niazi, Al-Farga Ammar, Farah Zaaboul, Tao Zhang // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. — 2016. — Vol. 5, No. 4. — P. 264–272.
7. Cai, J. Crystalline and structural properties of acid-modified lotus rhizome C-type starch / J. Cai, C. Cai, J. Man, Y. Yang, F. Zhang, C. Wei // *Carbohydr Polym*. — 2014. — Vol. 102. — P. 799–807.
8. Bulhon, A. Starch granules: structure and biosynthesis / A. Bulhon, P. Colonna, V. Planchot, S. Ball // *International Journal of Biological Macromolecules*. — 1998. — Vol. 23, No. 2. — P. 85–112.
9. Namazi, H. Hydrophobically modified starch using long-chain fatty acids for preparation of nanosized starch particles / H. Namazi, F. Fathi, A. Dadkhah // *Scientia Iranica*. — 2011. — Vol. 18, No. 3. — P. 439–445.
10. He, J. Slowly Digestible Waxy Maize Starch Prepared by Octenyl Succinic Anhydride Esterification and Heat–Moisture Treatment: glycemic Response and Mechanism / J. He, J. Liu, G. Zhang // *Biomacromolecules*. — 2007. — Vol. 9, No. 1. — P. 175–184.
11. Lars Passauer. Synthesis and characterisation of starch phosphates / Lars Passauer, Hans Bender, Steffen Fischer // *Carbohydrate Polymers*. — 2010. — Vol. 82, No. 3. — P. 809–814.
12. D. Le Corre. Starch nanoparticles: a review / D. Le Corre, J. Bras, A. Dufresne // *Biomacromolecules*. — 2010. — Vol. 11, No. 5. — P. 1139–1153.
13. Kaur, B. Progress in starch modification in the last decade / B. Kaur, F. Ariffin, R. Bhat, A. Karim // *Food Hydrocolloids*. — 2012. — Vol. 26, No. 2. — P. 398–404.
14. Соломина, Л.С. Исследования процесса получения амилопектинового фосфатного крахмала / Л.С. Соломина, Д.А. Соломин // *ХИПС*. — 2018. — №3. — С. 27–35.
15. Руськина, А.А. Модификация крахмала с помощью ультразвукового воздействия как инструмент изменения его технологических характеристик / А.А. Руськина, Н.В. Попова, Н.В. Науменко, Д.В. Руськин // *Вестник ЮУрГУ. Сер. Пищевые и биотехнологии*. — 2017. — Т. 5, №3. — С. 12–20.
16. Руськина, А.А. Модификация крахмала с помощью ультразвукового воздействия как инструмент изменения его технологических характеристик / А.А. Руськина, Н.В. Попова, Д.В. Руськин // *Вестник ЮУрГУ. Сер. Пищевые и биотехнологии*. — 2018. — Т. 6, №1. — С. 69–76.
17. Хлесткин, В.К. Гены-мишени для получения сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с заданными свойствами крахмала / В.К. Хлесткин, С.Е. Пельтек, Н.А. Колчанов // *Картофелеводство: наука и технологии*. — 2017. — Т. 52. — №1. — С. 25–36.

18. Кряжев, В.Н. Последние достижения химии и технологии производных крахмала / В.Н. Кряжев, В.В. Романов, В.А. Широков // *Химия растительного сырья*. — 2010. — № 1. — С. 5–12.
19. Суворова, А.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала / А.И. Суворова, И.С. Тюкова, Е.И. Труфанова // *Успехи химии*. — 2000. — Т. 69, № 5. — С. 494–504.
20. Литвяк, Владимир. Формирование крахмальной гранулы и механизм химической модификации крахмала / Владимир Литвяк, Маргарита Алексеенко, Альберт Канарский // *Наука и инновация*. — 2016. — № 3. — С. 63–67.
21. Коптелова, Е.К. Влияние технологических параметров на реологические свойства поперечно-связанных крахмалов / Е.К. Коптелова, Н.Д. Лукин, Э.И. Ткаченко // *Достижение науки и техники АПК*. — 2014. — Т. 28, № 10. — С. 69–71.
22. Коптелова, Е.К. Совершенствование сухого способа катионирования крахмала / Е.К. Коптелова, Н.Д. Лукин, С.М. Ахаева // *ХИПС*. — 2018. — № 2. — С. 48–52.
23. Коптелова, Е.К. Изменение физико-химических и реологических свойств кукурузного крахмала в процессе катионирования с применением метода нелинейного волнового диспергирования / Е.К. Коптелова, М.Ф. Никитина, Л.Б. Кузина, В.П. Касилов, О.Н. Кислогубова // *Достижения науки и техники АПК*. — 2019. — Т. 33, № 8. — С. 79–82.
24. Choudhary, O.P. Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components / O.P. Choudhary, Priyanka Choudhary // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. — 2017. — Vol. 6, No. 5. P. 1877–1882.
25. McMullan, D. Von Ardenne and the scanning electron microscope / D. McMullan // *Proc. Roy. Microsc. Soc.* — 1988. — Vol. 23. P. 283–288.
26. McMullan, D. Scanning electron microscopy 1928–1965 / D. McMullan // *Scanning*. — 2006. — Vol. 17, No. 3. — P. 175.
27. Reimer, L. Scanning Electron Microscopy: Physics of Image Formation and Microanalysis / Ludwig Reimer (Author), P.W. Hawkes (Editor). — Publisher: Springer (December 1, 2010). — 543 pp.
28. Андреев, Н.Р. Основы производства нативных крахмалов / Н.Р. Андреев. — М.: Пищепромиздат, 2001. — 289 с.
29. Керр, Р.В. Химия и технология крахмала / Р.В. Керр, Ж.В. Цезар, Л.М. Кристенсен и др.; под ред. Р.В. Керра; пер. с англ. — М.: Пищепромиздат, 1956. — 579 с.
30. Гудвин, Т. Введение в биохимию растений / Т. Гудвин, Э. Мерсер. — М.: Мир, 1986. — Т. 1–2.
31. Кретович, В.Л. Биохимия растений: учеб. / В.Л. Кретович. — М.: Высш. шк., 1986. — 503 с.
32. Ландау, Л.Д. Квантовая механика (нерелятивистская теория). — Издание 6-е, исправленное / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М.: Физматлит, 2004. — 800 с.
33. Информационный ресурс Интернет: Квант: Материал из Википедии — свободной энциклопедии: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Квант> — Дата последнего входа 03.11.2020 г.
34. Даффус, К. Углеводный обмен растений / К. Даффус, Дж. Даффус. — М.: Агропромиздат, 1987. — 176 с.
35. Вольпер, А.П. Квадрат Пирсона / А.П. Азия, И.М. Вольпер // *Квант*. — 1973. — № 3 — С. 61.
36. Информационный ресурс Интернет: Материал из Википедии — свободной энциклопедии: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Разбавление> — Дата последнего входа 22.06.2020 г.
37. Писаренко, В.В. Справочник химика-лаборанта. Справ. Пособие для проф.-техн. учеб. заведений / В.В. Писаренко. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: «Высшая школа», 1974. — 238 с.
38. Грошева, Л.П. Растворы. Расчет составов. Разбавление, смешение, концентрирование растворов. Расчет состава и характеристик твердых материалов: Методическое пособие / Л.П. Грошева. — Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, 2006. — 13 с.
39. Информационный ресурс Интернет: Пропорция (математика): Материал из Википедии — свободной энциклопедии: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пропорция_\(математика\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пропорция_(математика)) — Дата последнего входа 03.11.2020 г.
40. Петюшев, Н.Н. ТУ ВУ 190239501.955-2020 «Крахмал нативный комбинаторный» / Н.Н. Петюшев, А.А. Заболотец, В.В. Литвяк // РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Минск, 2020. — 19 с. — Государственная регистрация №059802 от 27.09.2020 г.

References

1. Kang, I.-J. Production of Modified Starches by Gamma Irradiation / I.-J. Kang, M.-W. Byun, H.-S. Yook, C.-H. Bae, H.-S. Lee, J.-H. Kwon, C.-K. Chung // *Radiation Physics and Chemistry*. 1999. Vol. 54, no. 4. P. 425–430.
2. SA Sofi. Resistant starch as functional ingredient: A review / SA Sofi, Anjum Ayoub, Awsi Jan // *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2017. Vol. 2, no. 6. P. 195–199.

3. Bđina L. Santana. New Starches are the Trend for Industry Applications: A Review / Bđina L. Santana, M. Angela A. Meireles // *Food and Public Health*. 2014. Vol. 4, no. 5. P. 229–241.
4. James N. BeMiller. Starch. *Chemistry and Technology* / James N. BeMiller, Roy L. Whistler. — Publisher: Academic Press; 3rd edition (April 6, 2009). 894 pp.
5. Schoenlechner, Regine. Physically modified starches: A review / *Regine Schoenlechner* // *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2011. Vol. 9, no. 1. P. 27–29.
6. Sameh A. Korma. Chemically Modified Starch and Utilization in Food Stuffs / Sameh A. Korma, Kamal-Alahmad, Sobia Niazi, Al-Farga Ammar, Farah Zaaboul, Tao Zhang // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2016. Vol. 5, no. 4. P. 264–272.
7. Cai, J. Crystalline and structural properties of acid-modified lotus rhizome C-type starch / J. Cai, C. Cai, J. Man, Y. Yang, F. Zhang, C. Wei // *Carbohydr Polym*. 2014. Vol. 102. P. 799–807.
8. Bulñon, A. Starch granules: structure and biosynthesis / A. Bulñon, P. Colonna, V. Planchot, S. Ball // *International Journal of Biological Macromolecules*. 1998. Vol. 23, no. 2. P. 85–112.
9. Namazi, H. Hydrophobically modified starch using long-chain fatty acids for preparation of nanosized starch particles / H. Namazi, F. Fathi, A. Dadkhah // *Scientia Iranica*. 2011. Vol. 18, No. 3. P. 439–445.
10. He, J. Slowly Digestible Waxy Maize Starch Prepared by Octenyl Succinic Anhydride Esterification and Heat—Moisture Treatment: *glycemic Response and Mechanism* / J. He, J. Liu, G. Zhang // *Biomacromolecules*. 2007. Vol. 9, no. 1. P. 175–184.
11. Lars Passauer. Synthesis and characterisation of starch phosphates / Lars Passauer, Hans Bender, Steffen Fischer // *Carbohydrate Polymers*. 2010. Vol. 82, no. 3. P. 809–814.
12. D. Le Corre. Starch nanoparticles: a review / D. Le Corre, J. Bras, A. Dufresne // *Biomacromolecules*. 2010. Vol. 11, no. 5. P. 1139–1153.
13. Kaur, B. Progress in starch modification in the last decade / B. Kaur, F. Ariffin, R. Bhat, A. Karim // *Food Hydrocolloids*. 2012. Vol. 26, no. 2. P. 398–404.
14. Solomina L.S., Solomin D.A. *Issledovaniya protsessa polucheniya amilopektinovogo fosfatnogo krakhmala*. [Research of the process of obtaining amylopectin phosphate starch] HIPS. 2018. no 3. P. 27–35 (in Russian).
15. Ruskina A.A., Popova N.V., Naumenko N.V., Ruskin D.V. *Modifikatsiya krakhmala s pomoshch'yu ul'trazvukovogo vozdeystviya kak instrument izmeneniya yego tekhnologicheskikh kharakteristik*. [Modification of starch using ultrasonic action as a tool for changing its technological characteristics] Vestnik YUUrGU. Food and biotechnology. 2017. T. 5, no 3. P. 12–20 (in Russian).
16. Ruskina A.A., Popova N.V., Ruskin D.V. *Modifikatsiya krakhmala s pomoshch'yu ul'trazvukovogo vozdeystviya kak instrument izmeneniya yego tekhnologicheskikh kharakteristik*. [Modification of starch using ultrasonic action as a tool for changing its technological characteristics] Vestnik YUUrGU. Food and biotechnology. 2018. T. 6, no 1. P. 69–76 (in Russian).
17. Hlestin V.K., Paltek S.E., Kolchanov N.A. *Geny-misheni dlya polucheniya sortov kartovelya (Solanum tuberosum L.) s zadannymi svoystvami krakhmala* [Target genes for obtaining potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) with specified starch properties]. Potato growing: science and technology. 2017. T. 52, no 1. P. 25–36 (in Russian).
18. Kryazhev V.N., Romanov V.V., Shirokov V.A. *Posledniye dostizheniya khimii i tekhnologii proizvodnykh krakhmala* [Recent advances in chemistry and technology of starch derivatives]. Chemistry of plant raw materials. 2015, no 1. P. 5–12 (in Russian).
19. Suvorova A.I., Tyukova I.S., Trufanova E.I. *Biorazlagayemyye polimernyye materialy na osnove krakhmala* [Biodegradable starch-based polymeric materials]. Advances in chemistry. 2000. T. 69, no 5. P. 494–504 (in Russian).
20. Litvyak V., Alekseenko M., Kanarskiy A. *Formirovaniye krakhmal'noy granuly i mekhanizm khimicheskoy modifikatsii krakhmala* [Formation of starch granules and the mechanism of chemical modification of starch]. Science and innovation. 2016, no 3. P. 63–67 (in Russian).
21. Kaptelova E.K., Lukin N.D., Tkachenko Ye.I. *Vliyaniye tekhnologicheskikh parametrov na reologicheskiye svoystva poperechno-svyazannykh krakhmalov* [Influence of technological parameters on the rheological properties of the cross-linked starches]. Achievement of science and technology of the AIC. 2014. T. 28, no 10. P. 69–71 (in Russian).
22. Kaptelova E.K., Lukin N.D., Ahaeva S.M. *Sovershenstvovaniye sukhogo sposoba kationirovaniya krakhmala* [Improvement of the dry method of starch cationization]. HIPS. 2018, no 2. P. 48–52 (in Russian).
23. Kaptelova E.K., Nikitina M.F., Kuzina L.B., Kasilov V.P., Kislogubova O.N. *Izmeneniye fiziko-khimicheskikh i reologicheskikh svoystv kukuruznogo krakhmala v protsesse kationirovaniya s primeneniym metoda nelineynogo volnovogo dispergirovaniya* [Changes in the physicochemical and rheological properties of corn starch in the process of cationization using the method of nonlinear wave dispersion]. Achievement of science and technology of the AIC. 2019. T. 33, no 8. P. 79–82 (in Russian).

24. Choudhary, O.P. Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components / O.P. Choudhary, Priyanka Choudhary // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017. Vol. 6, no. 5. P. 1877–1882.
25. McMullan, D. Von Ardenne and the scanning electron microscope / D. McMullan // *Proc. Roy. Microsc. Soc.* 1988. Vol. 23. P. 283–288.
26. McMullan, D. Scanning electron microscopy 1928–1965 / D. McMullan // *Scanning*. 2006. Vol. 17, No. 3. P. 175.
27. Reimer, L. Scanning Electron Microscopy: Physics of Image Formation and Microanalysis / Ludwig Reimer (Author), P.W. Hawkes (Editor). Publisher: Springer (December 1, 2010). 543 pp.
28. Fndreev N.R. *Osnovy proizvodstva nativnykh krakmalov* [Basic production of native starches]. Moscow. 2001. 289 pp. (in Russian).
29. Kerr R.V., Cezar Zh.V., Kristensen L.M. *Khimiya i tekhnologiya krakhmala* [Chemistry and technology of starch]. Moscow. 1956. 579 pp. (in Russian).
30. Gudvin T., Merser Ye. *VVedeniye v biokhimiyu rasteniy* [Introduction to plant biochemistry] Moscow. 1986. Т. 1–2 (in Russian).
31. Kretoovich V.L. *Biokhimiya rasteniy: ucheb.* [Plant biochemistry: textbook]. Moscow. 1986. 503 pp. (in Russian).
32. Landau L.D., Lifshic E.M. *Kvantovaya mekhanika (nereiyativistskaya teoriya)* [Quantum mechanics (non-relativistic theory)]. Moscow. 2004. 800 pp. (in Russian).
33. Information Internet: Quant: From Wikipedia <https://ru.wikipedia.org/wiki/Квант>. — Entry date: 03.11.2020 г. (in Russian)
34. Daffus K., Daffus Dzh. *Uglevodnyy obmen rasteniy* [Carbohydrate metabolism of plants]. Moscow. 1987. 176 pp. (in Russian).
35. Volper A.P., Aziya A.P. *Kvadrat Pirsona* [Pearson square] *Quant*. 1973, no 3. P. 61 (in Russian).
36. Information Internet: From Wikipedia <https://ru.wikipedia.org/wiki/Разбавление>. — Entry date: 22.06.2020 г. (in Russian)/
37. Pisarenko V.V. *Spravochnik khimika-laboranta* [Laboratory Chemists Handbook] Moscow. 1974. 238 pp. (in Russian).
38. Grosheva L.P. *Rastvory. Raschet sostavov. Razbavleniye, smesheniye, kontsentrirvaniye rastvorov. Raschet sostava i kharakteristik tverdykh materialov: Metodicheskoye posobiye* [Solution. Calculation of compositions. Dilution, mixing, concentration of solutions. Calculation of the composition and characteristics of solid materials: Methodological guide]. Velikiy Novgorod. 2006. 13 pp. (in Russian).
39. Information Internet: From Wikipedia: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пропорция_\(математика\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пропорция_(математика)) — Entry date: 03.11.2020 г. (in Russian).
40. Peryushev N.N., Zabolotets A.A., Litvyak V.V. ТУ BY 190239501.955-2020 «*Krakhmal nativnyy kombinatornyy*» [«Combinatorial native starch»]. Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus. Minsk. 2020. 19 pp. — State registration №059802 of 27.09.2020. (in Russian).

Информация об авторах

Заболотец Анастасия Александровна — магистр технических наук, аспирант Научно-практического центра НАН Беларуси по продовольствию, (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: stasi-sha@mail.ru

Литвяк Владимир Владимирович — доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института крахмалопроductов — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, (ул. Некрасова, 11, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация). E-mail: vniik@arrisp.ru

Ермаков Алексей Игоревич — кандидат технических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет (пр. Независимости, 65, 220013, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tiro@bntu.by

Information about the authors

Zabolotets Anastasiya A. — M.S., Graduate Student, Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus (29, Kozlova st., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: stasi-sha@mail.ru.

Litvyak Vladimir V. — D.Sc. (engineerin), Associate Professor, All-Russian Research Institute of Starch Products — Branch of the Federal Food Systems Center named after V.M.Gorbatov RAS, (Nekrasov Str., 11, Kraskovo, Luberetskiy District, Moscow Region, 140051, Russian Federation). E-mail: vniik@arrisp.ru

Ermakov Alexey I. — Ph.D. (engineerin), Associate Professor, Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosty avenue, 220013, Minsk, Republic of Belarus) E-mail: tiro@bntu.by.

УДК 665.345.4: 665.256.15
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1(51)-31-42

Поступила в редакцию 11.02.2021
Received 11.02.2021

В. В. Шилов, А. А. Журня

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА АМИНОКИСЛОТНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ БОЛЬНЫХ ФЕНИЛКЕТОНУРИЕЙ

Аннотация. По данным Министерства здравоохранения в Республике Беларусь в 2019 году насчитывалось около 500 больных фенилкетонурией (ФКУ). Фенилкетонурия является наследственным заболеванием, связанным с нарушением метаболизма аминокислот, в частности фенилаланина (ФА). Оно сопровождается накоплением фенилаланина и его токсических продуктов в тканях, что приводит к тяжелому поражению центральной нервной системы, проявляющемуся, в частности, в нарушении умственного развития. Многолетний мировой опыт показывает, что для лечения таких больных назначается специальная диета с использованием аминокислотных смесей, не содержащих фенилаланина, либо содержащих его в небольших количествах, а также низкобелковых пищевых продуктов на основе крахмала, которые необходимы для обеспечения адекватной энергической ценности рациона.

В статье представлены этапы разработки компонентного состава отечественных аминокислотных смесей для питания больных фенилкетонурией с учетом их возрастных особенностей и потребительских предпочтений.

Ключевые слова: фенилкетонурия, питание, потребительские предпочтения аминокислотные смеси, компонентный состав

V. V. Shylau, H. A. Zhurnia

*RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk,
Republic of Belarus*

DEVELOPMENT OF THE COMPONENT COMPOSITION OF AMINO ACID MIXTURES FOR THE NUTRITION OF PATIENTS WITH PHENYLKETONURIA

Abstract. According to the Ministry of Health in the Republic of Belarus in 2019, there were about 500 patients with phenylketonuria (PKU). Phenylketonuria is a hereditary disease associated with a violation of the metabolism of amino acids, in particular phenylalanine (FA). This disease is accompanied by the accumulation of phenylalanine and its toxic products in the tissues, which leads to severe damage to the central nervous system, manifested in the form of impaired mental development. Many years of world experience shows that for the treatment of such patients, a special diet is prescribed using amino acid mixtures that do not contain phenylalanine or contain it in small amounts, as well as low-protein products based on starch, which are necessary to ensure an adequate energy value of the diet.

The article presents the stages of development of the component composition of domestic amino acid mixtures for the nutrition of patients with phenylketonuria, taking into account their age characteristics.

Keywords: phenylketonuria, nutrition, consumer preferences, amino acid mixtures, component composition

Введение. Лечебные аминокислотные смеси (АКС) — основа рациона больных фенилкетонурией (ФКУ). В последние десятилетия на фоне внедрения ранней диагностики и необходимости профилактики развития хронических сопутствующих заболеваний, возросла потребность в обеспечении пациентов с ФКУ качественным специализированным лечебным питанием. От того насколько правильно подобран лечебный продукт напрямую зависит результат диетотерапии —

комплексные показатели здоровья пациента [1]. В обычном рационе высокобелковые продукты являются важным источником витаминов, минералов и микроэлементов. Но, поскольку, такие продукты строго ограничены при диетотерапии фенилкетонурии, потребление их является недостаточным. В ряде исследований было продемонстрировано, что у детей с ФКУ наблюдается дефицит микроэлементов (железа, меди, цинка, селена) и витаминов (ретинола, В12), а также снижение минерализации костной ткани [1, 2]. Поскольку основным нарушением при фенилкетонурии является неспособность превращать фенилаланин в тирозин, поэтому у пациентов существенно снижается уровень тирозина в плазме крови. Это приводит к нарушению синтеза гормонов допамина, адреналина, норадреналина, серотонина, и как следствие, к различным нервно-психическим расстройствам. Также есть данные, что потребление карнитина и таурина в диете пациентов с ФКУ может быть недостаточным, что приводит к заболеваниям сердечно-сосудистой системы и снижению мышечного тонуса. Основная проблема состоит в том, что большинство высокобелковых смесей не в состоянии полностью удовлетворять возрастные физиологические потребности в нутриентах, особенно в раннем детском возрасте и периоде интенсивного роста. Анализ состава большинства аминокислотных смесей и усредненного меню ребенка с ФКУ позволяет сделать вывод: нутриенты, поступающие с разрешенными продуктами питания и аминокислотными смесями, могут составлять лишь часть от физиологических потребностей организма. Основное требование к аминокислотным смесям – состав должен быть разработан таким образом, чтобы компенсировать все недостающие нутриенты в диете ФКУ согласно возрастным физиологическим потребностям.

Целью работы являлась разработка отечественных составов аминокислотных смесей для больных фенилкетонурией, адаптированных с учетом возрастных особенностей различных категорий населения на основе изучения ассортимента, компонентного состава и потребительских предпочтений.

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе работы были изучены потребительские предпочтения больных ФКУ различного возраста в отношении специализированного питания.

В опросе приняло участие 29 человек, страдающих ФКУ и имеющих генетические нарушения, приводящих к развитию этого заболевания. Распределение респондентов по возрасту представлено на рис 1.

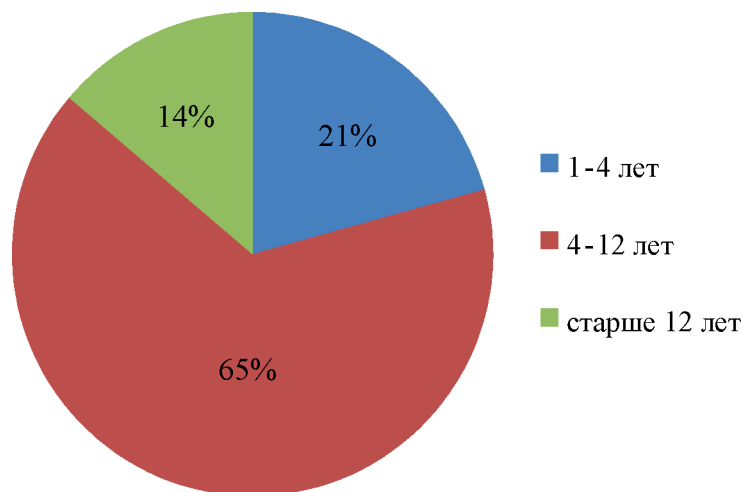


Рис. 1. Возрастная структура респондентов
Fig. 1. Age structure of respondents

Как видно из представленных результатов 65 % составляли дети от 4 до 12 лет, 21 % – дети возрастом от 1 года до 4 лет и 14 % – старше 12 лет.

Все дети с рождения употребляли следующие аминокислотные смеси: «МД мил ФКУ-0», «МД мил ФКУ-1», «МД мил ФКУ-3», «Лофенолак», «Афенилак», «Нутриген -75» «Тетрафен-70», «Комида», «П-АМ1», «П-АМ2», «П-АМ3», «Анамикс» (табл. 1).

Следует обратить внимание также на тот факт, что у большинства детей (48,2%) при употреблении АС «Нутриген-75» и «Тетрафен-70» отмечались проявления неблагоприятных эффектов, таких как рвота, сухость кожи, расстройство стула, боль в животе.

Анализ потребительских предпочтений больных ФКУ в отношении аминокислотных смесей показал, что 51,8 % выбрали смесь «Камида» и 48,2 % – «П-АМ», отмечая их хорошие орга-

нолептические показатели и удовлетворительную переносимость. Однако, при употреблении смеси «П-АМ» у 17 % детей с ФКУ обнаруживались нарушения стула и сыпь. По мнению потребителей, недостатками всех известных аминокислотных смесей является их плохая растворимость в воде. Это обусловлено главным образом присутствием в их составе гидрофобных аминокислот (валина, лейцина, изолейцина, пролина, метионина) и жирорастворимых витаминов (А, Е, D).

Таблица 1. Потребительские предпочтения больных в отношении аминокислотных смесей
Table 1. Consumer preferences of patients in relation to amino acid mixtures

| № п/п | АКС, применяемая на момент исследования | АКС, применяемые с рождения | Предпочитаемая АКС | Непереносимость АКС |
|-------|---|--|--|---|
| 1 | Комида С | МД Мил-0, МД Мил-3, Тетрафен-70, П-АМ 2, Комида С, Нутриген-75 | Комида С | Нутриген-75 (обострение дерматита, расслабленный стул) |
| 2 | П-АМ 2 | Анамикс, П-АМ1, Комида, Нутриген-75, П-АМ 2 | Все, кроме Нутриген | Нутриген-75 (низкая переносимость) |
| 3 | Переход с Нутригена-75 на П-АМ 3 | ХР Аналог, Афенилак, Нутриген-75, МД Мил, П-АМ 2, П-АМ3, Комида | П-АМ и Комида (нравятся вкусовые качества) | МД Мил и Афенилак (сухость кожи) |
| 4 | Нутриген-75 | Анамикс, П-АМ, Комида Б, Нутриген | Комида Б | Нет |
| 5 | П-АМ 2 | Анамикс, П-АМ 1, Комида, П-АМ 2, Нутриген-75, П-АМ 2 | П-АМ, Комида (выше переносимость) | Нутриген-75 (запоры, рвота) |
| 6 | Нутриген-75 | Афенилак, Нутриген, МД Мил, П-АМ | П-АМ (нравятся вкусовые качества) | Нет |
| 7 | Комида Б | Анамикс, П-АМ, Комида Б | Комида Б | П-АМ (запоры) |
| 8 | Комида Б | Анамикс, П-АМ, Комида Б | Комида Б | П-АМ (запоры) |
| 9 | Нутриген-75 | Анамикс, Комида, П-АМ, Нутриген | Комида | П-АМ (запоры) |
| 10 | П-АМ1 | Анамикс, Нутриген-14, Комида Б, Нутриген-75, П-АМ 1 | Комида, П-АМ | Нутриген (сыпь, сухость и шелушение кожи) |
| 11 | Нутриген-75 | Нутриген-14, Комида А, П-АМ1, Нутриген-75 | Нутриген-75, Комида | П-АМ 1 (несбалансированность по витаминам) |
| 12 | Нутриген-75 | Нутриген-14, Анамикс, Нутриген-75, П-АМ1 | Нутриген-75 (выше переносимость) | Нет |
| 13 | Комида С | МД Мил-0, Тетрафен, П-АМ, Нутриген-75, Комида | П-АМ (нравятся вкусовые качества, хорошая переносимость), Комида С (хорошая переносимость) | Тетрафен, Нутриген-75 (высыпания на теле и лице, сухость кожи, запоры, рвота) |
| 14 | Нутриген 75 | Афенилак, Анамикс, П-АМ 1, П-АМ 2, Нутриген-75, Комида А, Комида Б | Нутриген-75 (выше переносимость) | Нет |
| 15 | П-АМ | Афенилак, Нутриген, МД-Мил, П-АМ | П-АМ | Нутриген (сухость кожи под глазами), МД Мил (тошнота) |
| 16 | Нутриген-75 | Афенилак, МД-Мил, Нутриген-75, П-АМ | Все | Нет |

Окончание табл. 1

| № п/п | АКС, применяемая на момент исследования | АКС, применяемые с рождения | Предпочитаемая АКС | Непереносимость АКС |
|-------|---|--|--|--|
| 17 | Нутриген-75 | Анамикс, П-АМ 1, П-АМ2, Комида, Нутриген-75 | Комида | П-АМ (сыпь, запоры) |
| 18 | Комида Б | Анамикс Инфант, Нутриген-75, Комида, Анамикс 25, Метакс 30, Комида Б | Анамикс, Комида | Нутриген (сыпь, язвочки, сухость кожи, расстройство стула, плохой набор веса), П-АМ (рвота, отказ от приема) |
| 19 | Нутриген-75 | Афенилак, Тетрафен, П-АМ1, П-АМ 2, Нутриген-75, | П-АМ (нравятся вкусовые качества, хорошая переносимость) | Нутриген (сыпь, запор) |
| 20 | Комида Б | Афенилак, П-АМ 1, Комида Б | Комида Б | П-АМ 1 (запоры, сыпь) |
| 21 | Нутриген-75 | П-АМ, Комида, Тетрафен, Нутриген | Все, кроме тетрафена | Тетрафен (редкие боли в желудке) |
| 22 | Нутриген-75 | Нет данных | Нет данных | Нет данных |
| 23 | Комида Б | Анамикс, П-АМ1, Комида Б | Комида Б | Нутриген (рвота) |
| 24 | П-АМ 1 Анамикс | Анамикс, П-АМ 1 | П-АМ1 | Нутриген (рвота) |
| 25 | Нутриген-75 | Афенилак, Нутриген, МД Мил, Комида, П-АМ | П-АМ | Нутриген (иногда сухость кожи) |
| 26 | П-АМ 2 | Афенилак, Нутриген, МД Мил, Комида, П-АМ | П-АМ | Нутриген (тошнота, болит живот) |
| 27 | Нутриген-75 | Афенилак, Нутриген, МД Мил, Комида, П-АМ | П-АМ | Нутриген (иногда сухость кожи) |
| 28 | П-АМ 2 | Афенилак, Нутриген, МД Мил, Комида, П-АМ | П-АМ | Нутриген (тошнота, болит живот) |
| 29 | Комида Б | Анамикс, П-АМ 1, Комида Б | Комида Б | Нутриген (рвота) |

Следующим этапом работы являлась разработка компонентного состава аминокислотных смесей для больных фенилкетонурией с учетом их возрастных физиологических особенностей и результатов проведенного опроса.

Организация гипофенилаланиновой диеты для больных с классической фенилкетонурией должна осуществляться в двух направлениях: расчет квоты общего и натурального белка лечебного рациона и подбор специализированных продуктов на основе аминокислот без фенилаланина, а также низкобелковых функциональных продуктов питания на основе крахмалов для обеспечения необходимой энергетической ценности диеты [3–5].

При организации диетотерапии учитывают:

- ♦ возрастные потребности в основных пищевых веществах, в первую очередь, в белке и энергии;
- ♦ показатели физического развития;
- ♦ 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;
- ♦ состав используемого специализированного продукта.

Качественный состав аминокислотной смеси для больных ФКУ определяют на основании потребности организма здорового человека в аминокислотах, расходуемых на построение собственных белков организма в ходе их постоянного обновления.

Из всех аминокислот, входящих в состав белков обычных пищевых продуктов, 8 являются эссенциальными (незаменимыми), т. е. они не синтезируются в организме и обязательно должны поступать с пищей. Это аминокислоты: валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин [5–7].

В течение первого года жизни условно незаменимой аминокислотой для младенцев является гистидин, а в течение первых месяцев жизни также цистеин / цистин. Для пациентов с ФКУ тирозин становится незаменимой аминокислотой, поскольку при классической ФКУ его образование из фенилаланина прерывается из-за снижения активности фенилаланин-4-гидроксилазы.

Для удовлетворения потребностей организма в пластике наиболее важным является соотношение незаменимых аминокислот в общей массе аминокислот в пищевых белках.

Доля каждой из незаменимых аминокислот не должна быть меньше той, которая необходима для построения собственных тканевых белков. Также важно учитывать, что определенное количество незаменимых аминокислот расходуется на синтез заменимых (например, цистеин образуется из метионина), нуклеотидов, некоторых биологически активных веществ (например, образования серотонина из триптофана), пигментов, а также окисляется с образованием диоксида углерода, мочевины и воды [5].

Способность пищевого белка удовлетворять биосинтетические (пластические) потребности организма выражается в его биологической ценности.

Биологическая ценность смесей аминокислот рассчитывается путем определения содержания (в %) каждой незаменимой аминокислоты в данной смеси аминокислот по отношению к ее содержанию в так называемом идеальном протеине. Это соотношение называется соотношением аминокислот (от англ. Score — общее количество). Если содержание всех незаменимых аминокислот в смеси составляет 100 % или более, смесь является биологически полноценной (биологическая ценность составляет 100 %).

Если скор одной или нескольких незаменимых аминокислот меньше 100 %, то смесь является биологически неполноценной (биологическая ценность приравнивается к скору наиболее лимитированной аминокислоты) [6, 7]. Такой белок будет расходоваться на пластические цели только в той степени, в какой он обеспечен этой аминокислотой. Такая аминокислота называется лимитирующей. Например, если в белке содержание лизина составляет 60 % по сравнению с «идеальным», а остальных незаменимых аминокислот больше, то все равно только 60 % этого белка будет расходоваться на пластические цели; оставшиеся незаменимые аминокислоты (содержание которых было выше 60 %) в итоге окислятся.

Этот подход также можно использовать для характеристики качества смесей аминокислот без фенилаланина. При этом фенилаланин исключен из числа рассмотренных незаменимых аминокислот, его содержание в смеси должно составлять 0 %. При определении биологической ценности смеси аминокислот можно ориентироваться на различные шкалы аминокислот, в том числе шкалу аминокислотного состава грудного молока (табл. 2) [8, 9].

Таблица 2. Аминокислотный состав женского молока
Table 2. Amino acid composition of human milk

| Аминокислота | Содержание, г/100 г белкового эквивалента |
|-----------------------------------|---|
| Незаменимые аминокислоты | |
| Лейцин | 9,91 |
| Изолейцин | 4,59 |
| Лизин | 7,74 |
| Метионин | 1,82 |
| Тирозин+фенилаланин* | 7,61 |
| Треонин | 5,06 |
| Триптофан | 1,90 |
| Валин | 5,13 |
| Заменимые аминокислоты | |
| Аланин | 4,45 |
| Аргинин | 4,35 |
| Аспарагиновая кислота + аспарагин | 9,62 |
| Цистеин | 1,52 |
| Глутаминовая кислота + глутамин | 17,21 |
| Глицин | 2,88 |
| Гистидин | 2,86 |
| Пролин | 8,06 |
| Серин | 5,27 |

Как было указано выше, для пациентов с ФКУ тирозин, который не синтезируется при данной патологии из фенилаланина, относится к числу незаменимых аминокислот, и должен обязательно поступать с пищей. С учетом патогенетических особенностей, содержание тирозина в смеси должно быть выше, чем в «идеальном белке», чтобы компенсировать долю потребности в данной аминокислоте, синтезируемой в норме из фенилаланина.

В соответствии с существующими представлениями, тирозин в смесях для пациентов с ФКУ должен быть не менее 140 %. Очень важно, что по химической структуре тирозин, триптофан, лейцин, изолейцин и валин с фенилаланином принадлежат к группе больших нейтральных аминокислот (LNAA). Эти аминокислоты и метионин имеют общие транспортные системы, которые доставляют их в мозг через гематоэнцефалический барьер. Этим объясняется эффект замедления всасывания фенилаланина из желудочно-кишечного тракта под действием LNAA и метионина, а также подавление его поступления в ткани головного мозга [3, 10].

Для осуществления этого эффекта скор БНАК, а также метионина в аминокислотной смеси специализированного продукта без фенилаланина должен составлять от 100 до 140 %. Это позволяет несколько увеличить количество натуральных продуктов в диете больных без риска выхода уровня фенилаланина в плазме крови за верхнюю границу безопасных значений.

Таким образом, аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот (за исключением фенилаланина) в специализированной смеси, особенно для детей первого года жизни больных ФКУ должен составлять не менее 100 % шкалы аминокислотного состава женского молока, а для тирозина, как было сказано выше, — не менее 140 %.

Поэтому содержание всех незаменимых аминокислот (за исключением фенилаланина) в специализированной смеси, особенно у детей первого года жизни с фенилкетонурией, должно составлять не менее 100 % от аминокислотного состава грудного молока, а для тирозина, по крайней мере, 140 % из упомянутых выше. Это дополнительное поступление тирозина достигается за счет равномерного снижения в составе продукта заменимых аминокислот, например, глутаминовой и аспарагиновой кислот, аланина, серина.

Как упоминалось выше, диетические ограничения с использованием смесей аминокислот без фенилаланина в настоящее время рекомендуются пациентам с фенилкетонурией в течение длительного времени (с момента рождения и подтверждения диагноза до зрелого возраста, включая подростковый возраст и весь репродуктивный период). При этом увеличивается риск развития различных дефицитных состояний, в том числе полигиповитаминоза и микроэлементоза.

Именно поэтому обязательным является обогащение специализированных продуктов на основе аминокислот без фенилаланина витаминами (А, D, Е, К, В₁, В₂, В₆, В₁₂, С, ниацином, фолиевой кислотой, пантотеновой кислотой, биотином), витаминоподобными веществами (карнитин, холин, инозитол), макроэлементами (кальций, калий, натрий, фосфор, магний, хлориды), микроэлементами (железо, цинк, медь, марганец, йод, молибден, селен, хром) [2, 11].

В продуктах, предназначенных для больных ФКУ старше 1 года, указанные эссенциальные макро- и микронутриенты должны содержаться в количествах, необходимых для удовлетворения не менее 50% суточной возрастной потребности, что позволит избежать развития их дефицита.

На содержание минеральных веществ (макро и микроэлементов) и витаминов в продукте для детей первого года жизни распространяются Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» [11].

У пациентов с фенилкетонурией старше 18 лет, по мнению большинства отечественных и зарубежных авторов, можно смягчить диету, включив в рацион ограниченное количество обычных злаков, ферментированного молока и некоторых других продуктов, белок которых не содержит высоких концентраций фенилаланина.

Цель назначения специализированного продукта для этой возрастной группы, помимо обеспечения больных адекватным количеством белка, состоит в увеличении потребления так называемых «больших нейтральных аминокислот», то есть тирозина, триптофана, лейцина, изолейцина и валина, обладающих физиологическим эффектом торможения транспорта фенилаланина и аномальных продуктов его обмена через гематоэнцефалический барьер в мозг [12].

С учетом вышеописанных критериев и требований, изложенных в СанПин «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» и Техническом регламенте Таможенного Союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» [11, 13] сотрудниками РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» были разработаны и оптимизированы аминокислотный профиль, витаминно-минеральный состав смесей кристаллических L-

аминокислот без фенилаланина, предназначенных для пациентов с ФКУ различных возрастных групп.

Данные смеси представляют собой сухой однородный порошок молочно-белого цвета, легко растворяющийся в воде при температуре 40–45°C.

Разработанные составы представлены в табл. 3–5.

Таблица 3. Компонентный состав адаптированных аминокислотных смесей для возрастной категории от 6 до 12 лет (образец №1)

Table 3. Component composition of adapted amino acid mixtures for the age group from 6 to 12 years (sample No. 1)

| Наименование показателя | Количество г/100 г порошка |
|--|----------------------------|
| L-Аланин | 2,5 |
| L-Аргинин | 4 |
| L-Аспарагиновая кислота | 8,7 |
| L-Цистин | 1 |
| Глицин | 1,4 |
| L-Глутаминовая к-та | 13,5 |
| L-Гистидин | 1,8 |
| L-Изолейцин | 5,3 |
| L-Лейцин | 10,2 |
| L-Лизин | 6,7 |
| L-Метионин | 1,8 |
| L-Пролин | 5,7 |
| L-Серин | 4,9 |
| L-Треонин | 5,1 |
| L-Триптофан | 2 |
| L-Тирозин | 10,8 |
| L-Валин | 5,5 |
| Натрий (Na) | 0,8 |
| Калий (K) | 1 |
| Хлориды (Cl) | 2 |
| Кальций (Ca) | 2,2 |
| Фосфор (P) | 1,5 |
| Магний (Mg) | 0,3 |
| Железо (Fe) | 0,007 |
| Цинк (Zn) | 0,004 |
| Медь (Cu) | 0,004 |
| Марганец (Mn) | 0,1 |
| Селен (Se) | 0,0001 |
| Йод (I) | 0,0007 |
| Массовая доля витамина А | 0,0058 |
| Массовая доля витамина Д ₃ | 0,0001 |
| Массовая доля витамина Е | 0,034 |
| Массовая доля каротина | 0,024 |
| Массовая доля витамина В ₁ | 0,0021 |
| Массовая доля витамина В ₂ | 0,003 |
| Массовая доля витамина В ₃ | 0,02 |
| Массовая доля витамина В ₅ | 0,025 |
| Массовая доля витамина В ₆ | 0,001 |
| Массовая доля витамина В ₉ | 0,0005 |
| Массовая доля витамина В ₁₂ | 0,000042 |
| Массовая доля витамина В ₇ | 0,00007 |
| Массовая доля витамина С | 0,1 |

Белковый компонент смеси № 1 представлен смесью кристаллических L-аминокислот без фенилаланина с повышенным содержанием L-тирозина (10,8 г на 100 г смеси аминокислот), количественный и качественный состав аминокислот подобран в соответствии с возрастными потребностями пациентов. Сумма всех аминокислот равна 92 г, что является 77 г белкового эквивалента.

Аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот, за исключением фенилаланина, составляет от 101% до 142% по отношению к таковому скору аминокислот женского молока.

Таблица 4. Компонентный состав адаптированных аминокислотных смесей для возрастной категории от 12 до 18 лет (образец №2)
Table 4. Component composition of adapted amino acid mixtures for the age group from 12 to 18 years (sample No. 2)

| Наименование | Количество на г/100 г порошка |
|----------------------------------|-------------------------------|
| L-Аланин | 3 |
| L-Аргинин | 3,2 |
| L-Аспарагиновая кислота | 10 |
| L-Цистин | 1,2 |
| L-Глютаминовая к-та | 12,5 |
| Глицин | 2,8 |
| L-Гистидин | 1,7 |
| L-Изолейцин | 5,5 |
| L-Лейцин | 12,5 |
| L-Лизин | 8 |
| L-Метионин | 2,2 |
| L-Пролин | 5,6 |
| L-Серин | 3 |
| L-Треонин | 5,06 |
| L-Триптофан | 1,9 |
| L-Тирозин | 10,8 |
| L-Валин | 6,5 |
| Калий (K) | 0,9 |
| Кальций (Ca) | 1,2 |
| Фосфор (P) | 1,56 |
| Магний (Mg) | 0,75 |
| Железо (Fe) | 0,02 |
| Цинк (Zn) | 0,023 |
| Медь (Cu) | 0,001 |
| Марганец (Mn) | 0,0075 |
| Молибден (Mo) | 0,0001 |
| Селен (Se) | 0,000001 |
| Хром (Cr) | 0,00011 |
| Йод (I) | 0,00035 |
| Фториды | 0,0015 |
| Витамин А | 0,0004 |
| Витамин D3 | 0,0001 |
| Тиамин (B ₁) | 0,003 |
| Рибофлавин (B ₂) | 0,002 |
| Ниацин (B ₃) | 0,032 |
| Пантотеновая кислота | 0,01 |
| Пиридоксин (B ₆) | 0,0019 |
| Фолиевая кислота | 0,0035 |
| Цианкобаламин (B ₁₂) | 0,000007 |
| Биотин | 0,000057 |

Белковый компонент смеси № 2 представлен смесью кристаллических L-аминокислот без фенилаланина с повышенным содержанием L-лейцина, L-изолейцина, L - метеонина и L - тирозина, количественный и качественный состав аминокислот подобран в соответствии с возрастными потребностями пациентов. Белковый эквивалент данного образца составляет 79 г. Аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот составляет от 100% до 142% по отношению к таковому скору аминокислот женского молока.

Т а б л и ц а 5. Компонентный состав адаптированных аминокислотных смесей для возрастной категории старше 18 лет (образец №3)

Table 5. Component composition of adapted amino acid mixtures for the age group over 18 years (sample No. 3)

| Наименование | Количество г на 100 г порошка |
|--------------|-------------------------------|
| L-Аргинин | 5,7 |
| L-Гистидин | 5,3 |
| L-Изолейцин | 5,3 |
| L-Лейцин | 12,0 |
| L-Лизин | 14,0 |
| L-Метионин | 3 |
| L-Треонин | 7,0 |
| L-Триптофан | 4,0 |
| L-Тирозин | 20 |
| L-Валин | 7,0 |

Белковый компонент смеси № 3 представлен смесью кристаллических L-аминокислот без фенилаланина с повышенным содержанием L — метионина, L - триптофана и L-тирозина. Аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот составляет от 50% до 543% по отношению к таковому скору аминокислот женского молока. Белковый эквивалент данного образца составляет 70 г белка. В состав данной смеси витаминно-минеральный комплекс не включали в связи с тем, что больные данной возрастной группы основную часть белка (80%) получают из обычной пищи и только 20 % из аминокислотной смеси и необходимые витамины и минералы поступают в организм из продуктов питания.

Содержание незаменимых аминокислот (тирозин, триптофан, валин, лейцин, изолейцин, треонин, лизин, метионин) в разработанных составах адаптированных аминокислотных смесей по отношению к их содержанию в «идеальном белке» представлено на рис. 2.

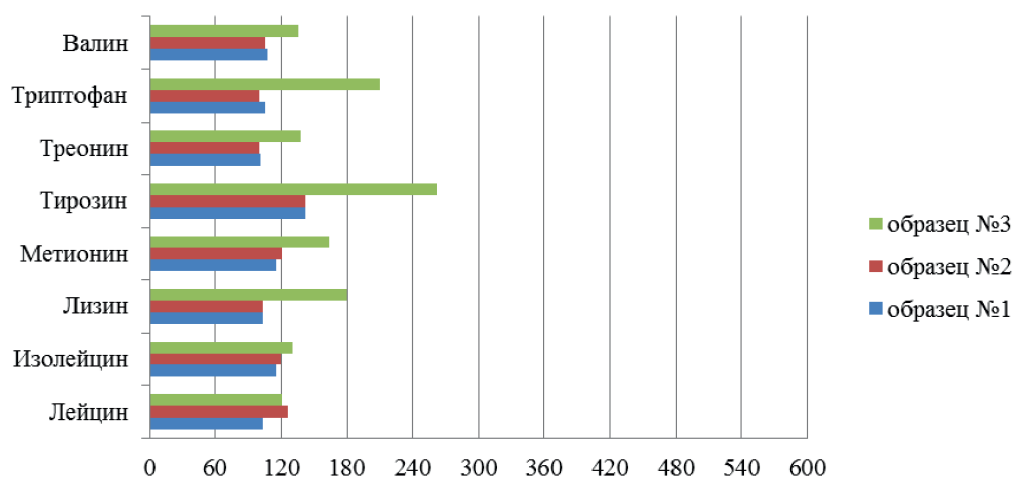


Рис. 2. Скор незаменимых аминокислот в разработанных составах адаптированных аминокислотных смесей без фенилаланина, %

Fig. 2. Score of essential amino acids in the developed formulations of adapted amino acid mixtures without phenylalanine, %

Таким образом, в результате проведенной работы были получены смеси кристаллических L-аминокислот без фенилаланина оптимизированные по аминокислотному профилю и витаминно-мине-

ральному составу и предназначенные для пациентов с ФКУ различных возрастных групп. Все разработанные смеси содержат от 70 до 77 г белкового эквивалента, а скор эссенциальных аминокислот, за исключением фенилаланина, составляет от 101% до 210 %, что указывает на высокую биологическую ценность белкового эквивалента разработанных образцов.

Заключение. В настоящее время на белорусском рынке реализуются только импортные аминокислотные смеси: «МД мил ФКУ-0», «МД мил ФКУ-1», «МД мил ФКУ-3», «Лофенолак», «Афенилак», «Нутриген -75» «Тетрафен-70», «Комида», «П-АМ1», «П-АМ2», «П-АМ3», «Анамикс» и др. По результатам изучения потребительских предпочтений больных ФКУ установлено, что данные аминокислотные смеси обладают низкими органолептическими свойствами (имеют резкий и неприятный запах и вкус), а также вызывают различные нежелательные побочные эффекты, такие как рвота, сухость кожи, расстройство стула, боль в животе и сыпь. По мнению потребителей, недостатками известных аминокислотных смесей является также их плохая растворимость в воде, главным образом за счет гидрофообных аминокислот (валин, лейцин, изолейцин, пролин, метионин) и жирорастворимых витаминов (А, Е, D). Кроме того, существует также проблема низкой степени использования аминокислот из смесей для синтеза белка больными фенилкетонурией, в связи с тем, что свободные аминокислоты очень быстро поступают в кровоток и также быстро элиминируются из организма.

В рационе больных ФКУ имеется недостаточное количество кальция, железа, селена, цинка, холестерина, насыщенных и полиненасыщенных жиров, таурина, карнитина и витаминов С, В₂, В₆, В₉, В₁₂, А, D и Е и др. Это связано с ограниченным потреблением продуктов животного происхождения и большим количеством углеводов, поэтому существует необходимость в ежедневных добавках этих нутриентов.

Для детей от 6 до 18 лет в состав целесообразно добавлять 19 аминокислот без фенилаланина, а также необходимые витамины и минералы. Для детей до 12 лет желательно также добавлять в продукты также пребиотические углеводы галактоолигосахариды /фруктоолигосахариды=9:1), которые являются субстратом для роста и размножения полезной кишечной микрофлоры.

У больных фенилкетонурией старше 18 лет, по данным большинства отечественных и зарубежных специалистов, возможно смягчение диеты, поэтому, для обеспечения больных адекватным количеством белка, состоит в увеличении потребления так называемых «больших нейтральных аминокислот», то есть тирозина, триптофана, лейцина, изолейцина и валина, обладающих физиологическим эффектом торможения транспорта фенилаланина и аномальных продуктов его обмена через гематоэнцефалический барьер в мозг.

Исходя из этого для питания взрослых больных ФКУ целесообразно использовать следующий комплекс, состоящий из незаменимых аминокислот: лейцин, изолейцин, теонин, тирозин, метионин, триптофан, валин и гистидин и заменимой аминокислоты тирозин. Тирозин присутствует во всех белках и является предшественником меланина, тироксина и нейротрансмиттеров норэпинефрина и дофамина. Из-за острой нехватки печеночного фермента, тирозин не синтезируется из фенилаланина у людей с ФКУ. Из незаменимых аминокислот в организме синтезируются все заменимые аминокислоты, а из тех и других образуется белок. Кроме того, свободные заменимые аминокислоты, поступающие в организм в составе лечебных смесей могут подавлять синтез белка по принципу отрицательно обратной связи.

Таким образом, основное требование к аминокислотным смесям: состав должен быть разработан таким образом, чтобы компенсировать все недостающие нутриенты в диете ФКУ согласно возрастным физиологическим потребностям.

По результатам проведенного исследования были разработаны 3 экспериментальных образца аминокислотных смесей для питания больных фенилкетонурией различных возрастных категорий.

Производство отечественных аминокислотных смесей для обеспечения больных фенилкетонурией, позволит значительно снизить затраты взрослого населения на их покупку и сэкономить значительные бюджетные средства.

Список использованных источников

1. Бушуева, Т.В. Современный взгляд на проблему фенилкетонурии у детей: диагностика, клиника, лечение / Т.В. Бушуева // Вопросы современной педиатрии. — 2010. — Том 9. — С. 57–162.
2. Лечебное питание при наследственных нарушениях обмена (E70.0-E74.2) // Клиническая диетология детского возраста: руководство для врачей / под ред. Т. Э. Боровик, К. С. Ладодо. — М.: Гэтар Медиа, 2015. — С. 425–472.
3. Питание для детей, больных ФКУ: пособие для врачей / сост. К.С. Ладодо, Е.П. Рыбакова, Т.Э. Боровик. — Москва, 2003. — 51 с.
4. Специализированные продукты лечебного питания для детей с фенилкетонурией: методическое письмо / Баранов А.А., [и др.]. — 3-е издание. — Москва, 2012. — 84 с.
5. Диетотерапия при классической фенилкетонурии: критерии выбора специализированных продуктов без фенилаланина / Т.Э. Боровик [и др.] // Вопросы современной педиатрии. — 2013. — Т.12, №5. — С. 40–48.

6. Методическое письмо «Специализированные лечебные продукты для питания детей с фенилкетонурией», разработанное ФГБНУ «Научный центр здоровья детей», ФГБНУ «НИИ питания», ФГБНУ «Московский НИИ педиатрии и детской хирургии». — М., 2012.
7. Ладодо, К.С. Специализированное лечебное питание для детей с фенилкетонурией / К.С. Ладодо, Е.П. Рыбакова, Л.В. Соломадина // Руководство по фармакотерапии в педиатрии и детской хирургии. Клиническая генетика / под ред. Царегородцева А.Д., Таболина В.А. — М., 2002. — С. 132–138.
8. Биохимия молока / Ш.Ф. Каримова [и др.] // Успехи современного естествознания. — 2015. — № 9-3. — С. 422–428;
9. Анастасевич, Л.А. Белковый компонент питания детей первого года жизни. / Л.А. Анастасевич, С.В. Бельмер // Лечащий врач: медицинский научно-практический журнал. — 2010. — № 6. — С. 15–18.
10. Захарова, Е.Ю. Оценка относительных частот и оптимизация методов биохимической и молекулярно-генетической диагностики наследственных болезней обмена веществ : автореферат дис. ... доктора медицинских наук : 03.02.07 / Е. Ю. Захарова; Мед.-генет. науч. центр РАМН. — Москва, 2012. — 43 с.
11. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденные Постановлением Министерства здравоохранения РБ от 20.11.2012 №180.
12. Acosta, P.B. Nutrition management of patients with inherited disorders of aromatic amino acid metabolism. / P.B. Acosta, K.M. Matalon // Nutrition management of Patients with Inherited Metabolic Disorders. — Boston: Jones and Bartlett Publishers, 2010. — P. 119–174.
13. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания : Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 027/2012. — Введ. 15 июня 2012. — 2013.

References

1. Bushuyeva T.V. Sovremennyy vzglyad na problemu fenilketonurii u detey: diagnostika, klinika, lecheniye. [Modern view of the problem of phenylketonuria in children: diagnosis, clinical picture, treatment] Voprosy sovremennoy pediatrii = Questions of modern pediatrics, 2010, vol. 9, pp. 57–162 (in Russian).
2. Lechebnoye pitaniye pri nasledstvennykh narusheniyakh obmena (E70.0-E74.2) [Nutritional therapy for hereditary metabolic disorders (E70.0-E74.2)]. Klinicheskaya diyetologiya detskogo vozrasta. — М., Goetar Media. = In the book: Clinical dietetics of childhood / Ed. Borovik T.E., Ladodo — М., Goetar Media, 2015. — pp.425-472.
3. Ladodo, K.S., Rybakova, Ye.P., Borovik, T.E. s soavt. Pitaniye dlya detey, bol'nykh FKU [Food for children with PKU.] Posobiye dlya vrachev. Moskva. = A guide for doctors. Moscow, 2003. 51 p.
4. Baranov A.A., Borovik T.E., Ladodo K.S., Bushuyeva T.V. Maslova O.I., Kuzenkova L.M., Studenikin V.M., Zvonkova N.G., Timofeyeva A.G., I.YA.Kon', P.V.Novikov Spetsializirovannyye produkty lechebnogo pitaniya dlya detey s fenilketonuriyey [Specialized products of medical nutrition for children with phenylketonuria] Metodicheskoye pis'mo.- 3-ye izdaniye =Methodical letter. — 3rd edition. — Moscow. -2012.-84p.
5. Borovik T.E., Ladodo K.S., Bushuyeva T.V., Timofeyeva A.G., Kon' I.YA., Kruglik V.I., Volkova I.N. Diyetoterapiya pri klassicheskoy fenilketonurii: kriterii vybora spetsializirovannykh produktov bez fenilalanina [Diet therapy for classical phenylketonuria: criteria for choosing specialized products without phenylalanine // Questions of modern pediatrics.] Voprosy sovremennoy pediatrii =Questions of modern pediatrics, 2013. — T.12, No. 5. — pp. 40-48
6. Metodicheskoye pis'mo «Spetsializirovannyye lechebnyye produkty dlya pitaniya detey s fenilketonuriyey», razrabotannoye FGBNU «Nauchnyy tsentr zdorov'ya detey», FGBNU «NII pitaniya», FGBNU «Moskovskiy NII pediatrii i detskoy khirurgii» [Methodological letter «Specialized medicinal products for nutrition of children with phenylketonuria», developed by the Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Center for Children's Health», Federal State Budgetary Scientific Institution «Research Institute of Nutrition», Federal State Budgetary Scientific Institution «Moscow Research Institute of Pediatrics and Pediatric Surgery»], М., 2012.
7. Ladodo K.S., Rybakova Ye.P., Solomadina L.V. Spetsializirovannoye lechebnoye pitaniye dlya detey s fenilketonuriyey.[Specialized therapeutic nutrition for children with phenylketonuria] Rukovodstvo po farmakoterapii v pediatrii i detskoy khirurgii. Klinicheskaya genetika. Pod red. Tsaregorodtseva A.D., Tabolina V.A. = Guide to Pharmacotherapy in Pediatrics and Pediatric Surgery. Clinical genetics. Ed. Tsaregorodtseva A.D., Tabolina V.A, М., 2002. — pp. 132-138.
8. Karimova SH.F., Yuldashev N.M., Ismailova G.O., Nishantayev M.K. Biokhimiya moloka [biochemistry of milk] Uspekhi sovremennoy yestestvoznaniya = Advances in modern natural science., 2015. — no. 9-3. — pp. 422-428.

9. Anastasevich, L. A. Belkovyy komponent pitaniya detey pervogo godazhizni [Protein component of nutrition of children of the first year of life] *Meditsinskiy nauchno-prakticheskiy zhurnal «Lechashchiy vrach»* = medical scientific and practical journal «Attending physician», 2010. — no. 6. -pp.15-18
10. Zakharova Ye.YU. Otsenka odnositel'nykh chastot i optimizatsiya metodov biokhimicheskoy i molekulyarno-geneticheskoy diagnostiki nasledstvennykh bolezney obmena veshchestv: avtoref. diss. d.m.n. [Estimation of relative frequencies and optimization of methods for biochemical and molecular genetic diagnostics of hereditary metabolic diseases: author. diss. MD], 2012. — 43 p.
11. Sanitarnyye normy i pravila «Trebovaniya k pitaniyu naseleniya: normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Respubliki Belarus» [Sanitary norms and rules «Requirements for nutrition of the population: norms of physiological needs for energy and food substances for different groups of the population of the Republic of Belarus»] utverzhdennyye Postanovleniyem Ministerstva zdравookhraneniya RB = approved by the Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus of 20.11.2012 No. 180.
12. Acosta P.B., Matalon K.M.: Nutrition management of patients with inherited disorders of aromatic amino acid metabolism. In Acosta P.B. (ed): Nutrition management of Patients with Inherited Metabolic Disorders. — Boston. — Jones and Bartlett Publishers, 2010. — pp.119-174.
13. Tekhnicheskyy reglament Tamozhennogo Soyuzа TR TS 027/2012 «O bezopasnosti otdel'nykh vidov spetsializirovannoy pishchevoy produktsii, v tom chisle diyeticheskogo lechebnogo i diyeticheskogo profilakticheskogo pitaniya» [Technical Regulations of the Customs Union TR CU 027/2012 «On the safety of certain types of specialized food products, including dietary therapeutic and dietary preventive nutrition.»], 2013.

Информация об авторах

Шилов Валерий Викентьевич — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: otpit@tut.by

Журня Анна Александровна — научный сотрудник отдела питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: otpit@tut.by

Information about authors

Shylau Valery V. — Ph.D. (biology), Senior Researcher of the Nutrition Department of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: otpit@tut.by

Zhurnia Anna A. — Researcher of the Nutrition Department of the RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: otpit@tut.by

УДК 664.83:613.2
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1\(51\)-31-42](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1(51)-31-42)

Поступила в редакцию 12.01.2021
Received 12.01.2021

З. В. Ловкис, А. И. Григель

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПРЕССОВАНИЕ И СУШКА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Статья посвящена теме макаронных изделий и таким технологическим процессам их производства, как замес макаронного теста, прессование или формование макаронных изделий, сушке готовых изделий.

Описаны характерные особенности и определяющие параметры для каждого из процессов. Основными параметрами, влияющими на качество готового продукта, для технологического процесса замеса теста являются влажность, температура и процесс вакуумирования теста, для процесса формования макаронных изделий – давление прессования и влажность теста, для процесса сушки – температура, скорость движения и влажность сушильного воздуха.

Описан характер движения теста в шнековой камере и прессующей головке во время формования макаронных изделий, рассмотрен процесс сушки макаронных изделий, приведена кривая сушки макаронных изделий.

Ключевые слова: макаронные изделия, процесс, формование, сушка, влажность, температура, тесто

Z. V. Lovkis, A. I. Grigel

*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

PRESSING AND DRYING PASTA

Annotation. The article is devoted to the topic of pasta and such technological processes of their production as kneading pasta dough, pressing or forming pasta, drying finished products. The characteristic features and defining parameters for each of the processes are described. The main parameters that affect the quality of the finished product for the technological process of kneading the dough are humidity, temperature and the process of vacuuming the dough, for the process of forming pasta – pressing pressure and humidity of the dough, for the drying process-temperature, speed and humidity of the drying air. The character of the dough movement in the screw chamber and the pressing head during the molding of pasta is described, the drying process of pasta is considered, the drying curve of pasta is shown.

Keywords: pasta, process, molding, drying, humidity, temperature, dough

Введение. Роль макаронных изделий в рационе питания населения мира трудно переоценить. Многие даже считают их основным продуктом питания XX столетия.

Макаронные изделия – пищевой продукт, изготавливаемый из зерновых и незерновых культур и продуктов их переработки с использованием минерального сырья, витаминов и ингредиентов с добавлением воды, смешиванием, различными способами формования и высушиванием. Они имеют высокую питательную ценность, хорошую усвояемость, быстро развариваются, неприхотливы при перевозке и хранении. Технологическая схема производства макаронных изделий представлена на рис. 1.

В состав макаронного теста для специализированного питания детей, больных фенилкетонурией, входят следующие ингредиенты: крахмал кукурузный, крахмал кукурузный кислотного гидролизованного, гуаровая камедь, куркума, соль.

Количество добавляемой воды при замесе теста и подготовке его к следующей операции прессования зависит от ее поглощения крахмалом и другими ингредиентами.

При помощи дозаторов непрерывного или периодического действия подаются исходные компоненты для приготовления теста. Замес теста осуществляется в тестосмесителях непрерывного и периодического действия. В нашей технологии в тестосмесильную емкость макаронного прессы поступает готовая смесь для низкобелковых макаронных изделий и вода.



Рис. 1. Технологическая схема производства макаронных изделий
 Fig. 1. Technological scheme of production pasta

Продолжительность замеса зависит от вида смеси и технологического оборудования и составляет от 3 до 20 минут.

Сухая смесь и вода в определенном соотношении непрерывно подаются дозаторами в тестомесильную емкость. В емкости эти ингредиенты захватываются лопастями смесителя, перемешиваются и медленно перемещаются лопастями месильных валов к противоположному торцу тестомесильной емкости. Вся подготовленная масса теста определенной плотности и вязкости через перепускное отверстие поступает в шнековую камеру макаронного пресса.

Основным рабочим органом прессующего устройства является матрица, установленная в нижней части прессовой головки. Сыпучая масса теста перемещается к прессовой головке с помощью шнека. Вследствие этого в головке и в шнековой камере возникает противодавление, тесто уплотняется, и продавливается через отверстие матрицы в виде отформованных сырых макаронных изделий.

При нагнетании уплотненной вязкой массы теста к матрице в результате интенсивного трения его о лопасти вращающегося шнека происходит ее разогрев. Поэтому для поддержания постоянной температуры теста во время работы пресса в водяную рубашку шнековой камеры, примыкающей к прессовой головке, подают холодную воду, которая должна обеспечивать температуру уплотненного теста 40–50 °С.

С увеличением времени замеса изменяются плотность и вязкость теста.

Продолжительность замеса теста зависит от двух факторов:

- ♦ достижения равномерного распределения воды по всей массе теста,
- ♦ скорости проникновения влаги внутрь частиц.

Для достижения равномерного распределения воды по всей массе теста воду в тестомесильную емкость подают в распыленном виде для быстрого и более равномерного распределения по всей тестовой массе.

Количество поданной воды определяет влажность и консистенцию теста, технологические свойства и характер изменений, которые протекают в нем в процессе его переработки. Свойства макаронного теста зависят от колебаний влажности; т.к. разница в десятые доли процента заметно отражается на скорости и величине давления прессования, внешнем виде сырых и готовых изделий, сохраняемости их формы.

С увеличением влажности теста возрастает его пластичность и уменьшаются прочность и упругость.

Влажность макаронного теста — первый технологический параметр, с помощью которого технолог может менять в определенных пределах, оказывать влияние на физические свойства теста, полуфабрикат макаронных изделий и качество продукции.

С повышением влажности теста до 32% увеличивается пластичность, текучесть теста и облегчается процесс его выпрессовывания через матрицы. Это приводит к снижению давления прессования и к увеличению скорости выпрессовывания, т.е. к повышению производительности пресса.

При более высокой влажности (более 32%) образуются комки, которые не проходят сквозь входное отверстие шнековой камеры, понижается прочность выпрессовываемых изделий и снижается давление прессования.

Температура макаронного теста — второй технологический параметр, с помощью которого достигается необходимое качество.

Традиционный режим замеса и формования макаронного теста предусматривает повышение температуры теста перед матрицей до 50–55 °С, при увеличении температуры выше 60 °С структура теста не фиксируется — происходит ослабление структуры изделий, к снижению прочности изделий, увеличению потери сухих веществ во время варки изделий.

Следующий технологический прием — это вакуумирование макаронного теста, т.е. удаление воздуха из макаронного теста с целью увеличения механической прочности и улучшения качества макаронных изделий.

При формировании теста, прошедшего вакуумную обработку, прочность полуфабрикатов повышается на 40%, а прочность сухих изделий — на 20%, увеличивается стекловидность изделий (в изломе), уменьшается их шероховатость, снижаются потери сухих веществ при варке. При отсутствии кислорода воздуха во время замеса теста не происходит процесс его потемнения, связанный с активностью фермента полифенолоксидазы, а также замедляется его протекание при сушке.

Вакуумирование осуществляется либо на стадии прессования — в начале шнековой камеры, либо на стадии замеса — в тестосмесителях.

Макаронное тесто после перемешивания уплотняется и превращается в вязкопластичное тело за счет прессования его под большим давлением в шнековой камере.

Подготовленное тесто нагнетается шнеком и поступает в предматричную камеру, преодолевает сопротивление матрицы и продавливается сквозь каналы, происходит его формование.

Основной рабочий орган прессующего устройства — шнек. При его вращении масса теста перемещается к прессовой головке. Матрица, установленная в нижней части прессовой головки, создает противодавление, в результате чего тесто уплотняется, превращается в связанную плотную тестовую массу. В зависимости от свойств теста и давления прессования шнековую камеру можно поделить на 4 зоны (рис. 2).

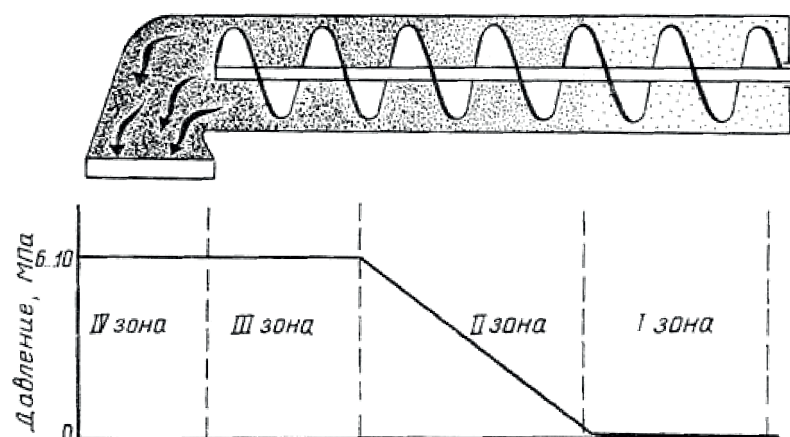


Рис. 2. Движение теста в шнековой камере
Fig. 2. The movement of the dough in the screw chamber

Частицы теста в приемной зоне нагнетающего шнека (I зона) перемещаются в основном поступательно, т.к. эта зона полностью не заполняется тестом, то в ней отсутствует давление и тестовая масса перемещается как в обычном транспортном шнеке. В этой зоне тестовая масса перемещается свободно и ее частицы не связаны одна с другой.

Во II зоне масса уплотняется, и степень связанности частиц увеличивается. Уменьшаются промежутки между частицами, и вытесняется из него воздух. При этом увеличивается число и поверхность контакта между частицами теста. Происходит склеивание частиц друг с другом. Тесто начинает оказывать сопротивление перемещению, как вязкопластичное тесто.

Частицы теста под действием вращающейся винтовой поверхности шнека получают поступательное движение вдоль оси шнека и вращательное вокруг оси шнека. В этой зоне наблюдается турбулентный характер течения теста, который сопровождается интенсивным перемешиванием теста, равномерным распределением влаги. Во II зоне происходит увеличение давления от нуля до величины давления прессования. Давление возникает тогда, когда тесто заполнит весь свободный объем полости шнека. Увеличивается сила сцепления частиц между собой (прочность когезии) и с поверхностями шнека и шнековой камеры (прочность адгезии). В конце II зоны тесто полностью заполняет объем винтовой полости шнека. Тестовая масса уплотняется, увеличивается объемная масса теста. Тесто перемещается в III зону, где совершает вращательно-поступательное движение с относительным послойным перемещением частиц. К концу III зоны тесто приобретает сплошную однородную структуру. В результате трения внутренних слоев теста между собой и трения теста о поверхности шнека и шнековой камеры происходит разогрев тестовой массы, что приводит к увеличению ее пластичности и текучести.

В IV зону тесто поступает из винтовой полости шнека и поступает в прессовую головку, распределяется по ее сечению неравномерно: в центре происходит движение с большей скоростью, чем в слоях, прилегающих к стенкам канала.

Давление в IV зоне обусловлено двумя факторами: величиной подачи вращающимся шнеком теста к матрице и сопротивлением формирующих отверстий матрицы продавливанию теста. Соотношение этих двух параметров определяет скорость формования (выпрессовывания) теста через матрицу.

Реологические свойства макаронного теста после уплотнения изменились и приобрели определенные упругость, пластичность и вязкость.

Упругость — способность теста восстанавливать первоначальную форму после мгновенного снятия нагрузки. Проявляется при малых кратковременных нагрузках.

Пластичность — способность теста сохранять форму после снятия нагрузки. Проявляется при длительных и значительных по величине нагрузках. С повышением пластичности тесто становится менее упругим и вязким.

Вязкость теста характеризуется величиной прочности на разрыв, определяемой силой сцепления отдельных частиц теста между собой.

Следующий процесс — это сушка, т.е. процесс удаления влаги из полуфабриката макаронных изделий с целью предотвращения развития биохимических и микробиологических процессов при их длительном хранении.

Сушка — наиболее продолжительная стадия процесса производства. От правильности ее проведения зависит: прочность, стекловидность, кислотность и другие свойства изделий.

Высушивание обычно заканчивают по достижении влажности менее 13%, чтобы после остывания перед упаковкой влажность составляла примерно 12–12,5%.

При выборе и разработке режимов сушки нужно учитывать две особенности макаронных изделий:

- ♦ при сушке происходит сокращение их линейных и объемных размеров (усадка) на 6–8%;
- ♦ в процессе сушки меняются структурно-механические свойства продукта.

В подавляющем большинстве высушивание макаронных изделий осуществляется конвективным способом.

Конвективный способ сушки — сушка макаронных изделий воздухом с искусственным его подогревом и принудительной вентиляцией.

Этот способ основан на тепло- и влагообмене (тепломассообмене) между высушиваемым материалом (сырые макаронные полуфабрикаты) и нагретым воздухом, который обдувает изделия. Основным параметром высушиваемого материала (в частности макаронных изделий) — это содержание в нем влаги, т.е. его влажность.

Основные параметры воздуха:

- ♦ температура;
- ♦ относительная влажность;
- ♦ скорость движения.

Чем выше температура воздуха, тем интенсивнее происходит удаление влаги из материала, чем ниже относительная влажность воздуха, тем интенсивнее он поглощает испаряющуюся влагу.

Для сушки макаронных изделий в настоящее время используют различные температурные режимы, оптимальным считается такой режим, при котором получают изделия лучшего качества (по цвету, прочности, кислотности) при наименьших затратах времени и энергии.

В нашей технологии для сушки макаронных изделий используется автоматическая сушилка шкафового типа марки С-109, которая снабжена двумя двигателями-вентиляторами, которые в свою очередь принудительно обдувают продукт горячим воздухом, а также для равномерной сушки макаронных изделий благодаря реверсу двигателей осуществляется изменение направления потока воздуха сначала в одну сторону, а потом в другую. Сушилка обладает следующими характеристиками: установленная мощность — 20 кВт; диапазон рабочих температур — 45 °С, продолжительность сушки — 2,5–3 часа.

Интенсивность высушивания зависит от скорости движения воздуха: чем больше скорость, тем быстрее отводится влага от материала.

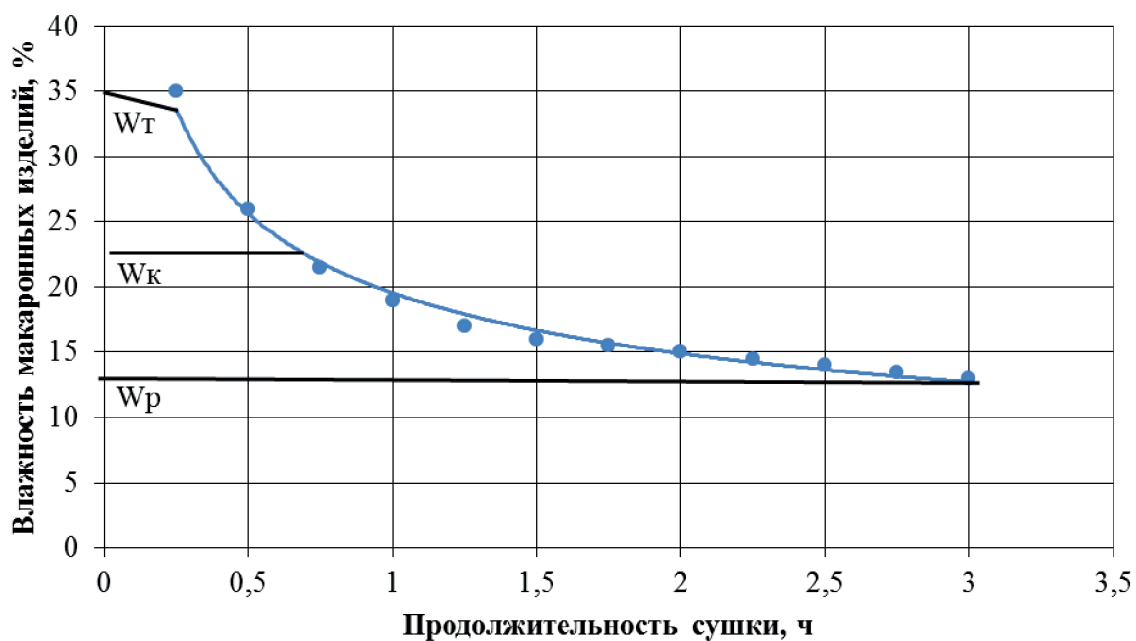
Продолжительность сушки зависит также от плотности и толщины заготовок макаронных изделий.

Полуфабрикаты макаронных изделий являются пластичным материалом, поступают на сушку с $W = 33–35\%$ и сохраняют пластичные свойства до влажности 20%.

Начальный участок на диаграмме (рис. 3) соответствует прогреву полуфабриката, происходит незначительное снижение влажности (до 32–33%). Затем снижение влажности происходит по прямой до влажности продукта $23–20\% = W_{кр}$ (момент перехода материала из пластического состояния в упругое) — это период постоянной скорости сушки, за это время удаляется менее прочно связанная осмотически влага, удерживаемая белковыми веществами. Начиная с влажности 16%, изделия становятся твердыми и хрупкими, и такими сохраняются до конца сушки. Затем наступает период падающей скорости сушки, при котором наблюдается снижение скорости удаления влаги. В этот период удаляется влага, связанная адсорбционно и прочно удерживаемая крахмальными зернами. Постепенно влажность изделий приближается к равновесной влажности — W_p (13,5–12,5%).

При сушке макаронных изделий воздухом с постоянной сушильной способностью (постоянная температура, влажность и скорость перемещения) влажность продукта приближается к определенному значению, называемому равновесной влажностью W_p , которая останется постоянной при продолжении сушки.

Заключение. В итоге, после всех операций технологии производства макаронных изделий: замес теста, прессование и формование, сушка и охлаждение макаронных изделий, получается продукция высокого качества (рис. 4).



W_T — влажность теста начальная (33–35%);
 W_K — влажность теста критическая (23–20%);
 W_P — влажность теста равновесная (13,5–12,5%)

Рис. 3. Кривая сушки макаронных изделий
 Fig. 3. Pasta drying curve

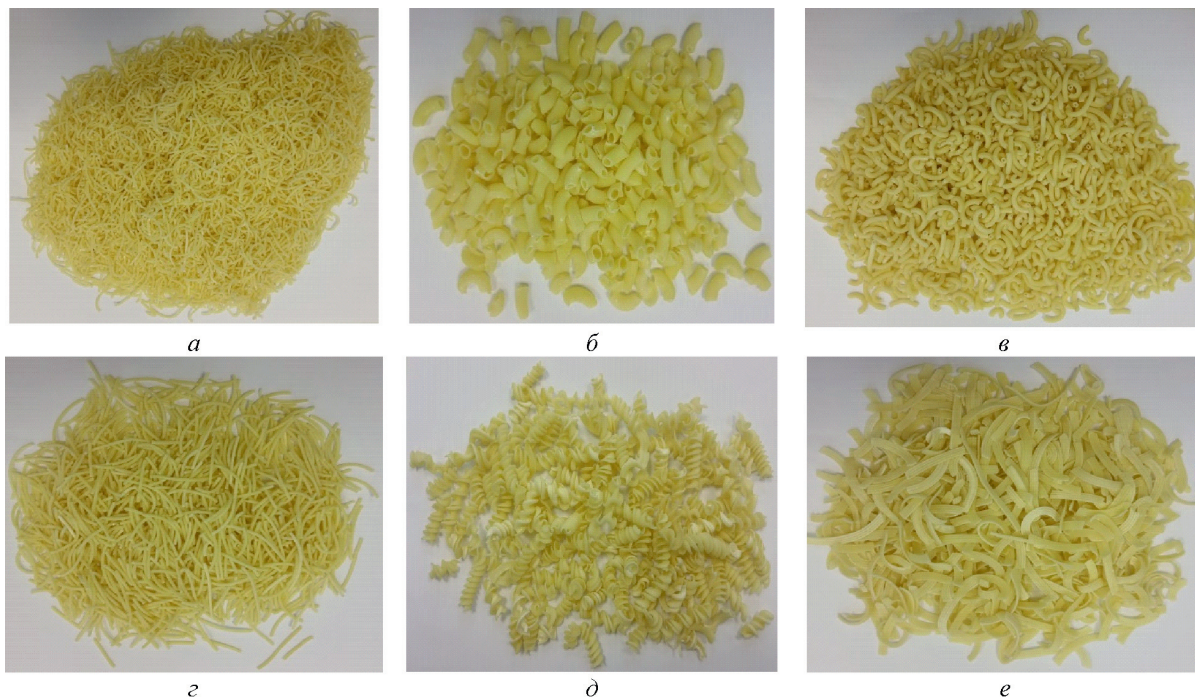


Рис. 4. Виды макаронных изделий: а — вермишель мелкая; б — рожки большие; в — рожки мелкие; г — вермишель большая; д — спиральки; е — лапша

Fig. 4. Types of pasta: a — small vermicelli; b — large horns; c — small horns; g — large vermicelli; d — spirals; e — noodles

Список использованных источников

1. Василевская, М. Н. Технология производства макаронных изделий на основе картофельного крахмала : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / М. Н. Василевская. — Могилев, 2016. — 201 л.
2. Торган, А. Б. Формование макаронных изделий в матрицах с улучшенными конструктивно-технологическими характеристиками : автореф. дис. ... к-та техн. наук : 05.18.12 / А. Б. Торган ; БГАТУ. — Минск, 2014. — 27 с.
3. Изделия макаронные низкобелковые (рецептура РЦ ВУ 190239501.2.1080-2020) / Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию ; сост.: Н. Н. Петюшев [и др.]. — Минск, 2020. — 4 с.
4. Сушилка С-109. Руководство по эксплуатации ТК 182.00.000-02 РЭ / ЗАО Научно-производственная фирма «Текс». — Санкт-Петербург, 2019 — 54 с.
5. Исследование процесса производства макаронных изделий / С.А. Давыдова, О.Н. Беспалова // Вестник АГТУ. — 2005. — № 2 (25). — с. 261–265.

References

1. Vasilevskaya, M. N. Technology of production of pasta on the basis of potato starch: dis. ... cand. tech. sciences: 05.18.01 / M.N. Vasilevskaya. — Mogilev, 2016. — 201 p.
2. Torgan, A. B. Molding of pasta in matrices with improved design and technological characteristics: author. dis. ... cand. tech. sciences: 05.18.12 / A.B. Torgan; BSATU. — Minsk, 2014. — 27 p.
3. Low-protein pasta (recipe RC BY 190239501.2.1080-2020) / Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food; comp. : N.N. Petyushev [and others]. — Minsk, 2020. — 4 p.
4. Dryer S-109. Operation manual TK 182.00.000-02 RE / CJSC Scientific and Production Firm «Teko» — St. Petersburg, 2019 — 54 p.
5. Issledovaniye protsessa proizvodstva makaronnykh izdeliy / S.A. Davydova, O.N. Bespalova // Vestnik AGTU. — 2005. — № 2 (25). — s. 261-265.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович — заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член — корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Григель Алексей Иосифович — аспирант, инженер опытного производства РУП «Научно — практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: alex_10.92@mail.ru

Information about the authors

Lovkis Zenon V. — Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Science of Belarus, Doktor of Engineering sciences, Professor, General Director of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Grigel Alexey I. — engineer of the certification, metrology and quality systems of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Science of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: alex_10.92@mail.ru

УДК 663.2+663.26
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1\(51\)-50-61](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1(51)-50-61)

Поступила в редакцию 23.01.2021
Received 23.01.2021

Е. П. Кулагова, А. А. Пушкарь, О. Н. Юденко

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭКСТРАКЦИИ ЯБЛОЧНЫХ ВЫЖИМОК В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФРУКТОВЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ

Аннотация. В статье обоснована актуальность использования яблочных выжимок в качестве вторичного сырьевого ресурса при производстве фруктовых дистиллятов. Установлены оптимальные технологические режимы экстрагирования яблочной выжимки, направленные на: максимальное извлечение экстрактивных (сахара, кислоты и др.) и ароматических компонентов, и минимизацию пектиновых веществ. Использование технологического потенциала яблочных выжимок путем получения диффузионных соков с достаточным содержанием экстрактивных компонентов позволит эффективно задействовать их в технологии производства фруктовых дистиллятов в качестве вторичного сырьевого ресурса, минимизировав издержки основного производства и увеличив выход конечной крепкой винодельческой продукции.

Ключевые слова: вторичные сырьевые ресурсы, выжимка, экстракция, диффузионный сок, фруктовые дистилляты, сухие вещества, пектиновые вещества

К. Р. Kulagova, A. A. Pushkar, O. N. Yudenko

*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL MODES OF EXTRACTION OF APPLE SQUEEZES IN THE TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF FRUIT DISTILLATES

Abstract. The article presents the relevance of using apple pomace as a secondary raw material for the production of fruit distillates. The optimal technological conditions for processing apple squeeze by extraction were established, aimed at: maximum extraction of valuable components (sugars, acids, juice residues), prevention of extraction of undesirable components (pectins), prevention of oxidative degradation and microbial spoilage.

Keywords: secondary raw materials, squeeze, extraction, diffusion juice, fruit distillates

Введение. Одно из приоритетных направлений развития винодельческой отрасли в Республике Беларусь — фруктовое виноделие, которое основано на максимальном использовании отечественного сырья и применении ресурсосберегающих технологий производства. В последнее время тенденции рынка и высокая акцизная политика в отношении плодовых крепленых вин сместили спрос потребителя в сторону крепкой винодельческой продукции, основой которой выступают фруктовые и кальвадосные дистилляты. Республика Беларусь обладает оптимальными климатическими условиями для выращивания яблок на территории всей страны. Достаточно высокий потенциал питательных веществ, которыми богато яблочное сырье, делает его ценным материалом и основным видом фрукта, используемого в данном производстве.

Однако процесс переработки яблок на данный момент подразумевает образование побочного продукта — яблочных выжимок, которые составляют до 30 % от количества сырья, поступившего в производство. Это снижает объемы сырьевых ресурсов прямого использования и приводит к образованию вторичных продуктов, которые по проведенной оценке их микробиологической стабильности, требуют незамедлительной утилизации или переработки (рис. 1). На данный момент на отечественных предприятиях отсутствуют технологические решения по переработке яблочных выжимок, что создает возможность для образования значительного количества отходов фруктового сырья.

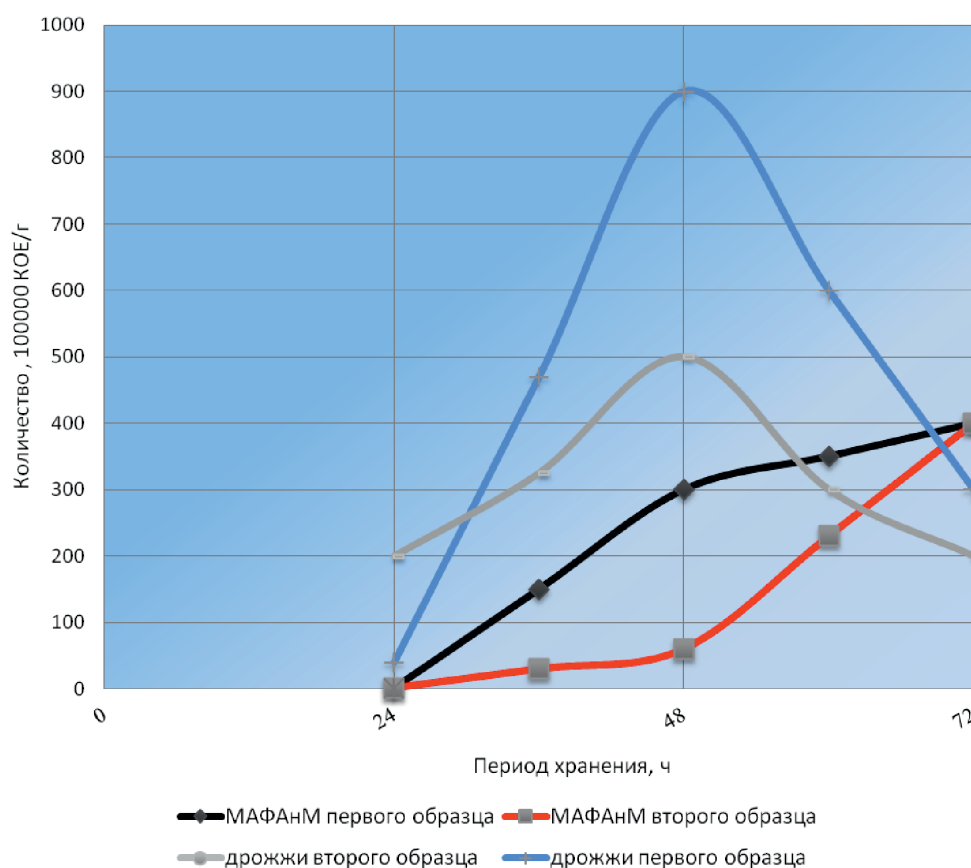


Рис. 1. Результаты количественного анализа МАФАНМ и дрожжей
Fig. 1. Results of quantitative analysis of KMAFanM and yeast

Из рис. 1 видно, что по истечении двух суток хранения, отмечен рост мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов и подавление развития дрожжей, что свидетельствует о начале уксуснокислого брожения и порче выжимок. С целью недопущения инфицирования выжимок посторонней микрофлорой и проведения чистого спиртового брожения при изготовлении фруктовых дистиллятов их переработку необходимо вести в течение первых суток с момента получения.

Яблочные выжимки по содержанию сахара и кислот незначительно отличаются от исходного сырья (табл. 1). Они богаты экстрактивными компонентами, служат источником биологически активных веществ, витаминов группы В С, Р, Е, β-каротина, тритерпеновых соединений, минеральных элементов, пищевых волокон. Экстракционный и ароматический потенциал яблочных выжимок позволяет их использовать в качестве вторичного сырьевого ресурса, что без существенных капитальных затрат увеличит выход конечного продукта и снизит его себестоимость, дополнительно улучшив экологическую обстановку вблизи предприятия.

Таблица 1. Химический состав яблок, сока и яблочных выжимок
Table 1. Chemical composition of apples, juice and apple pomace

| Компоненты | Единицы измерения | Яблоки | Яблочный сок | Яблочные выжимки |
|-------------------------------------|-------------------|--------|--------------|------------------|
| Влажность | Масс. % | 88,10 | 90,50 | 73,20–82,30 |
| Сухие вещества | | 11,90 | 9,50 | 17,70–26,80 |
| Безазотистые экстрактивные вещества | | 10,20 | 9,95 | 10,00–11,20 |
| Нерастворимые вещества | | 2,57 | — | 5,40–5,480 |
| Сахара (общее содержание) | | 7,50 | 8,40 | 7,20 |
| Кислоты (титруемые) | | 1,25 | 1,02 | 1,08 |

Отечественным и зарубежным специалистам предлагают различные схемы переработки яблочных выжимок, обеспечивающие получение пектиновых веществ, фруктовых консервов, напитков, в качестве яблочных порошков, фенольных соединений, продуктов ферментации [1].

Вместе с тем в последнее время заметно возрос запрос на ресурсосберегающие технологии виноделия. Повторное задействование в производственном цикле яблочных выжимок, ориентированное на максимально полное использование фруктового сырья позволит заложить необходимую основу для усовершенствования технологии получения фруктовых дистиллятов, что станет базой для повышения конкурентоспособности отечественной крепкой винодельческой продукции.

Целью данной работы являлась установление оптимальных технологических режимов проведения процесса экстракции (мацерации) яблочных выжимок, обеспечивающих получение диффузионных соков с наибольшим содержанием экстрактивных компонентов при минимальном содержании пектиновых веществ.

Материалы и методы исследований. В работе были использованы следующие материалы:

1) яблочные выжимки, полученные на гидравлическом прессе марки Bucher HP-5000, в производственных условиях УП «Иловское»;

2) вода питьевая подготовленная, соответствующая требованиям СТБ 1188 и СанПиН 10-124 [2, 3].

Перед проведением эксперимента навеску яблочных выжимок ($m = 200\text{г}$) помещали в термостат на 5 ± 1 мин, где поддерживали температуру равную заданной температуре многофакторного эксперимента. Необходимое количество подготовленной воды рассчитывали в соответствии с заданными условиями многофакторного эксперимента (находилась в пределах от 82 мл до 418 мл), при этом гидромодуль сырьевых компонентов (соотношение яблочных выжимок к количеству подготовленной воды) колебался в интервале 1:0,41 — 1:2,09. Далее навеску яблочных выжимок помещали в лабораторный стеклянный стакан вместимостью $V = 500$ мл, после чего задавали подготовленную питьевую воду с заданной температурой. Температуру полученной смеси контролировали с помощью ртутного термометра (рис. 2). Стакан с полученной смесью помещали в лабораторную водяную баню, где в соответствии с установленными условиями эксперимента проводили процесс экстракции (мацерации) яблочных выжимок.

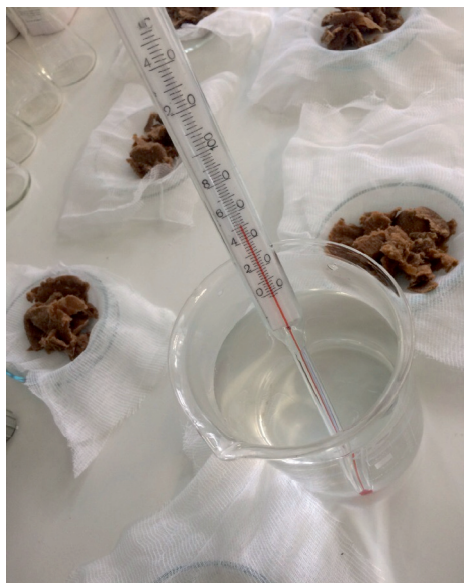


Рис. 2. Контроль температуры в процессе проведения многофакторного эксперимента
Fig. 2. Temperature control during a multifactorial experiment

По истечении заданного времени проведения процесса экстракции осуществляли прессование смеси на лабораторной установке (рис. 3) в течение 10 мин. При осуществлении отжима на экспериментальной установке усилие процесса прессования при проведении всех экспериментов поддерживали в пределах $1,7 \pm 0,1$ МПа. Контроль усилия в процессе отжима осуществлялся с помощью динаметрического ключа.

В ходе проведения экспериментальных работ измеряли количество (массу) полученного диффузионного сока, определяли концентрацию растворимых сухих веществ и содержание пектиновых веществ в нем. Полученные результаты использовали при определении абсолютного количества сухих веществ, перешедших в растворимое состояние в диффузионный сок, согласно формуле 1.

$$Y_{li} = m_i \cdot w_i, \quad (1)$$

где w_i — концентрация растворимых сухих веществ в экспериментальной пробе диффузионного сока, %; m_i — масса экспериментальной пробы диффузионного сока, г.

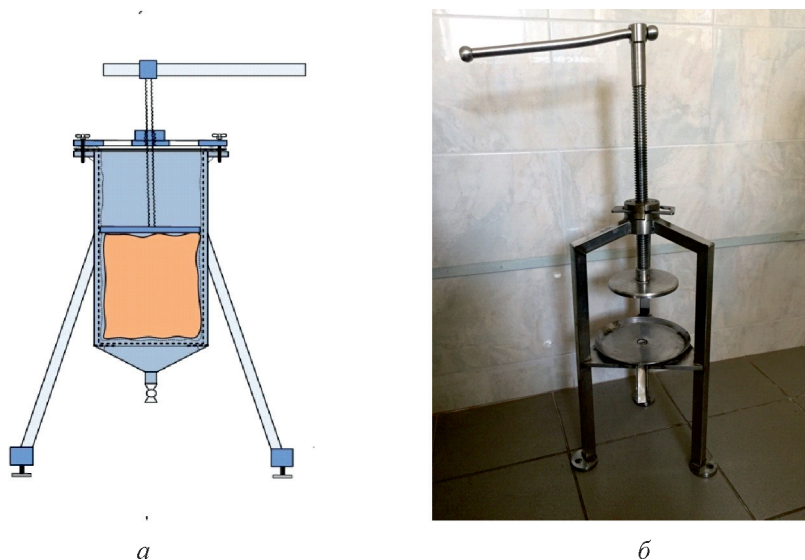


Рис. 3. Схема (а) и фото (б) лабораторной установки для прессования
Fig. 3. Scheme (a) and photo (b) of the laboratory installation for pressing

Содержание растворимых сухих веществ (%) в пробах определяли непосредственно по показаниям рефрактометра по ГОСТ 34128 [4].

Определение пектиновых веществ в диффузионных соках производили согласно ГОСТ 32223. [5] Метод основан на фотометрическом определении пектина при длине волны 525 нм. Массовую концентрацию пектина в диффузионных соках определяли на основе реакции карбазола с отдельными фракциями пектина в присутствии концентрированной серной кислоты, с последующим измерением поглощения света.

Расчет массовой концентрации растворимого пектина, C , мг/л, вычисляют по формуле:

$$C = \frac{C_{\text{граф}} \cdot V_2}{V_1}, \quad (2)$$

где $C_{\text{граф}}$ — массовая концентрация ангидрида галактуроновой кислоты, определяемая по градуировочной зависимости, мг/дм; V_1 — объем раствора, приготовленного для фотометрического определения, см³; V_2 — объем соковой продукции, взятой для анализа, см³.

Дополнительно проводили органолептическую оценку полученных диффузионных соков по ГОСТ Р 53137 [6].

С целью оптимизации процесса экстракции яблочных выжимок и достижения максимального накопления сухих веществ в диффузионных соках при минимальном переходе в растворимое состояние пектиновых веществ было выполнено планирование эксперимента, которое позволяет варьировать различные факторы и получать количественные оценки эффектов их взаимодействия. Для его создания использовали метод центрального композиционного рототабельного планирования полного факторного эксперимента ПФЭ-2³ со звездными точками. Планирование и обработка результатов осуществлена с помощью компьютерной системы планирования эксперимента STATGRAPHICS Plus for Windows.

Наиболее полное использование технологического потенциала яблочных выжимок путем получения диффузионных соков с достаточным содержанием экстрактивных компонентов позволит эффективно задействовать их в технологии производства фруктовых дистиллятов в качестве вторичного сырьевого ресурса, минимизировав издержки основного производства и увеличив выход конечной крепкой винодельческой продукции.

В качестве основных факторов, влияющих на оптимизацию процесса экстракции, были выбраны:

- ♦ X_1 — температура процесса экстракции (мацерации), °С;
- ♦ X_2 — продолжительность процесса экстракции, мин.;

♦ X_3 — соотношение количества частей экстрагента (подготовленной воды) к одной части яблочных выжимок (гидромодуль сырьевых компонентов) в процессе экстракции, ч.

Пределы варьирования факторов были определены на основании анализа литературных данных и ранее проведенных исследований по изучению процесса экстракции [7]. Условия проведения центрального композиционного рототабельного планирования приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика планирования
Table 2. Characteristics of planning

| Обозначение фактора | Уровень | | «Звездные» точки | | Центр эксперимента | Шаг варьирования |
|---------------------|---------|---------|------------------|---------|--------------------|------------------|
| | нижний | верхний | нижняя | верхняя | | |
| X_1 , °С | 30,00 | 70,00 | 16,40 | 83,60 | 50,00 | 20,00 |
| X_2 , мин. | 20,00 | 60,00 | 6,40 | 3,60 | 40,00 | 20,00 |
| X_3 , ч | 0,75 | 1,75 | 0,40 | 2,10 | 1,25 | 0,50 |

Соотношения сырьевых компонентов (яблочных выжимок и воды) варьировали от 1:0,40 до 1:2,10. Процесс водно-тепловой обработки осуществляли в пределах от 16,40 до 83,60 °С, продолжительность процесса изменяли от 6,4 до 83,6 мин, после чего на лабораторной установке производили прессование полученной смеси и определяли количество полученного диффузионного сока и его характеристики.

Критериями оценки эффективности протекания процесса экстракции яблочных выжимок под влиянием изменения выбранных факторов являлось абсолютное количество растворимых сухих веществ (Y_{11} , г), извлеченное с диффузионным соком, и содержание пектиновых веществ (Y_{12} , г/л) в диффузионном соке по окончании процесса экстрагирования. Абсолютное количество извлеченных сухих веществ находят исходя из массы полученного диффузионного сока и содержания растворимых сухих веществ в нем.

Эксперименты проводили в соответствии с матрицей планирования, приведенной в табл. 3.

Таблица 3. Матрица планирования многофакторного эксперимента и результаты контроля функций отклика, определяющие эффективность протекания процесса экстракции яблочных выжимок

Table 3. Matrix for planning a multifactorial experiment and the results of control of response functions, which determine the efficiency of the process of extraction of apple pomace

| № опыта | Фактор | | | Масса извлеченных растворимых сухих веществ с диффузионным соком (Y_{11}), г | Массовая концентрация растворимых пектиновых веществ в диффузионном соке (Y_{12}), г/л |
|---------|------------|-------------|-----------|--|--|
| | X_1 , °С | X_2 , мин | X_3 , ч | | |
| 1 | 50,0 | 40,0 | 1,26 | 10,94 | 1,26 |
| 2 | 70,0 | 20,0 | 2,26 | 7,30 | 2,26 |
| 3 | 83,6 | 40,0 | 2,47 | 8,97 | 2,47 |
| 4 | 30,0 | 20,0 | 0,96 | 9,09 | 0,96 |
| 5 | 50,0 | 40,0 | 2,28 | 5,87 | 2,28 |
| 6 | 50,0 | 73,6 | 1,58 | 11,55 | 1,58 |
| 7 | 50,0 | 40,0 | 1,12 | 11,64 | 1,12 |
| 8 | 16,4 | 40,0 | 1,04 | 7,75 | 1,04 |
| 9 | 30,0 | 60,0 | 1,56 | 8,38 | 1,56 |
| 10 | 70,0 | 60,0 | 3,68 | 8,62 | 3,68 |
| 11 | 30,0 | 60,0 | 0,77 | 10,5 | 0,77 |
| 12 | 50,0 | 40,0 | 1,36 | 10,94 | 1,36 |
| 13 | 70,0 | 60,0 | 1,46 | 10,53 | 1,46 |
| 14 | 70,0 | 20,0 | 1,55 | 10,44 | 1,55 |
| 15 | 30,0 | 20,0 | 0,99 | 7,55 | 0,99 |
| 16 | 50,0 | 6,4 | 0,77 | 9,57 | 0,77 |

Каждый опыт дублировали три раза. Среднее значение функций отклика Y_1 , Y_2 по результатам трех параллельных опытов использовали при математической обработке компьютерной системой планирования эксперимента STATGRAPHICS Plus for Windows.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающее зависимость исследуемых функций отклика от выбранных факторов.

Влияние каждого из варьируемых факторов графически отражали в виде стандартизированной карты Парето и графика главных эффектов отклика.

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе была изучена зависимость извлечения сухих веществ с диффузионным соком от варьируемых факторов проведения процесса экстракции яблочных выжимок.

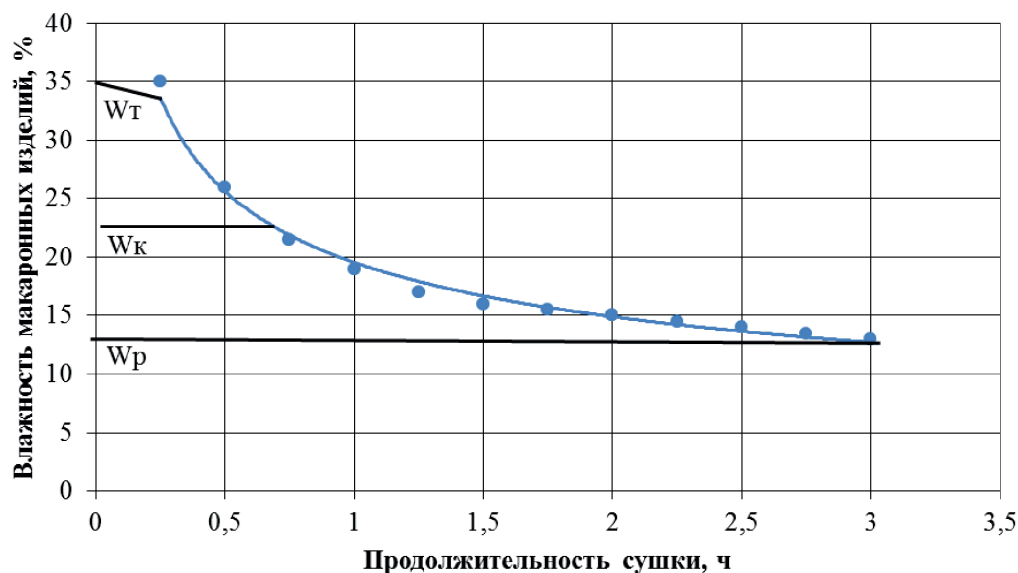


Рис. 4. Карта Парето для показателя абсолютного количества сухих веществ, извлеченных с диффузионным соком

Fig. 4. Pareto map for the indicator of the absolute amount of dry matter extracted with diffusion juice

Стандартизированная карта Парето, изображенная на рис. 4, позволила установить значимые факторы. Пересечение стандартизированных эффектов вертикальной линией, которая представляет собой 95%-ю достоверную вероятность, означает, что влияние факторов на функцию отклика статически значимо.

Влияние факторов по степени значимости распределилось в следующем порядке: наибольший эффект на выход растворимых сухих веществ оказывает соотношение сырья (яблочных выжимок) и экстрагента (подготовленная вода) (гидро модуль процесса экстракции), при этом с увеличением количества вносимой подготовленной воды растет абсолютное значения извлекаемых сухих веществ с диффузионными соками; второе по значимости влияние оказывает продолжительность процесса экстракции, чем больше время экспозиции, тем больше накапливается экстрактивных сухих веществ в диффузионном соке; повышение температуры до определенного момента положительно влияет на экстракцию сухих веществ, при этом квадратичное значение фактора температуры, определяющее скорость прогрева, со знаком «минус» на карте Парето указывает на снижение абсолютного количества сухих веществ в диффузионном соке при увеличении фактора.

Анализ графика главных эффектов для показателя количества сухих веществ, извлеченных из диффузионного сока (рис. 5), подтверждает значимость температурного фактора и позволяет локализовать значение фактора температуры в интервале от 50 °С до 55 °С, где достигается наибольшая экстракция сухих веществ яблочных выжимок. Дальнейшее повышения температуры при экстрагировании нецелесообразно, так как замедляет диффузионные процессы, уменьшая абсолютное количество, извлеченных сухих веществ.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, которое выглядит следующим образом:

$$Y_1 = -5,24634 + 0,233285 X_1 + 0,0787978 X_2 + 10,0404 X_3 - 0,00232101 X_1^2 - 0,000259375 X_1 X_2 + 0,017375 X_1 X_3 - 0,000376476 X_2^2 - 0,008125 X_2 X_3 - 3,15501 X_3^2 \quad (3)$$

Работоспособность модели подтверждается высоким коэффициентом детерминации R-squared, равным 95,56 %.

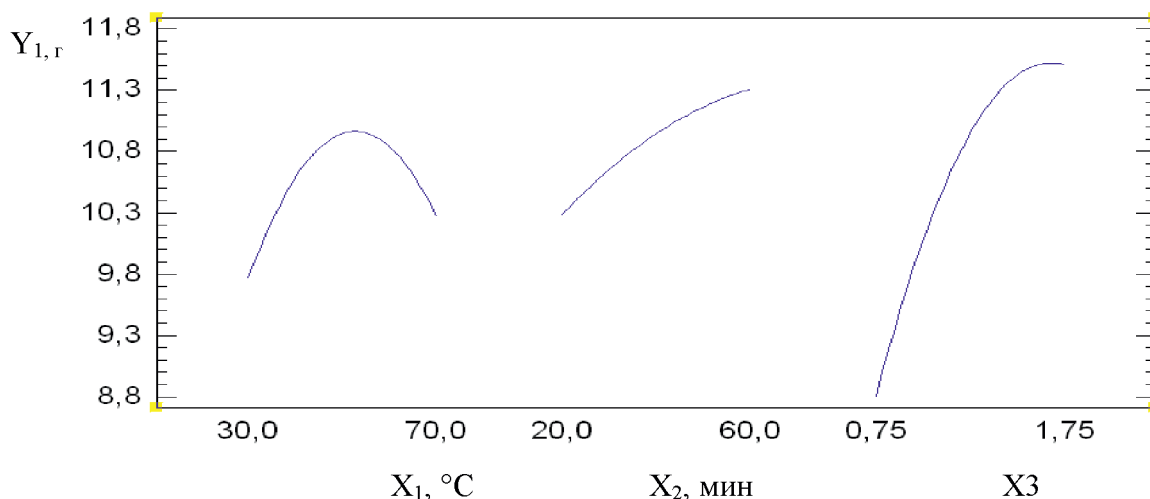


Рис. 5. Главные эффекты отклика для показателя абсолютного количества сухих веществ, извлеченных с диффузионным соком

Fig. 5. Main Response Effects for the Absolute Solids Recovered with Diffusion Juice

Графическое влияние факторов на абсолютное количество растворимых сухих веществ, извлеченное с диффузионным соком, представлено в виде поверхности отклика на рис. 6.

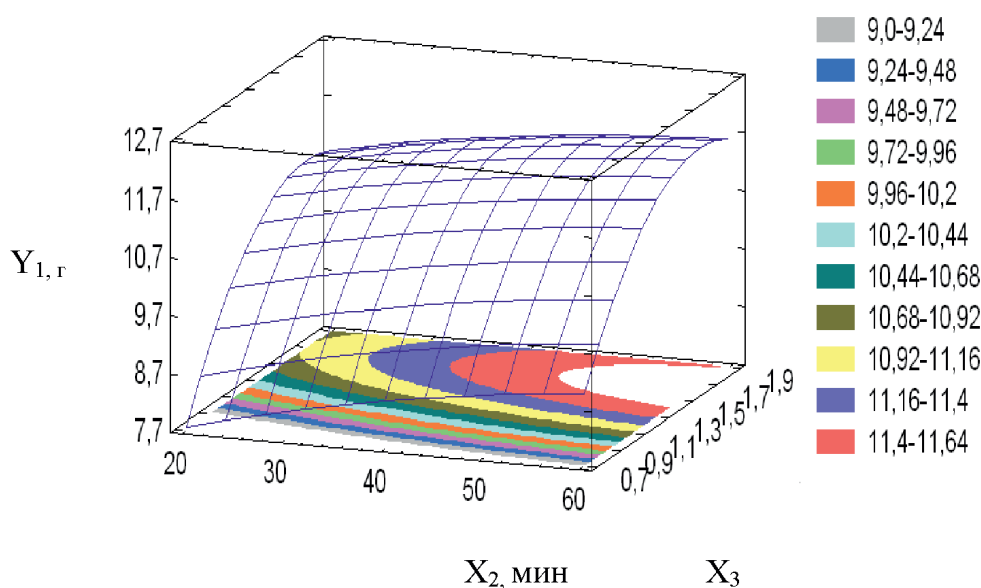


Рис.6. График поверхностей отклика для показателя абсолютного количества сухих веществ, извлечённых с диффузионным соком, при $X_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$

Fig.6. Graph of response surfaces for the indicator of the absolute amount of dry matter extracted with diffusion juice, at $X_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$

На основании анализа графической зависимости, представленной на рис. 6, по его предварительной оценке, установлено, что при соотношении яблочных выжимок к вносимой воде 1,0:1,1 — 1,0:1,3 поверхность отклика перегибается и выходит на ровное плато, что говорит о нецелесообразности дальнейшего увеличения этого показателя, т.к. рост количества вносимой воды в процессе экстракции не приводит к существенному увеличению количества извлекаемых экстрактивных веществ.

С целью более детального изучения графических зависимостей функции отклика от варьируемых факторов и установления оптимальных значений времени протекания процесса и гидромодуля компонентов были изучены контурные графики поверхностей отклика в разрезе показателя абсолютно количества сухих веществ, извлеченных с диффузионным соком (рис. 7 и 8).

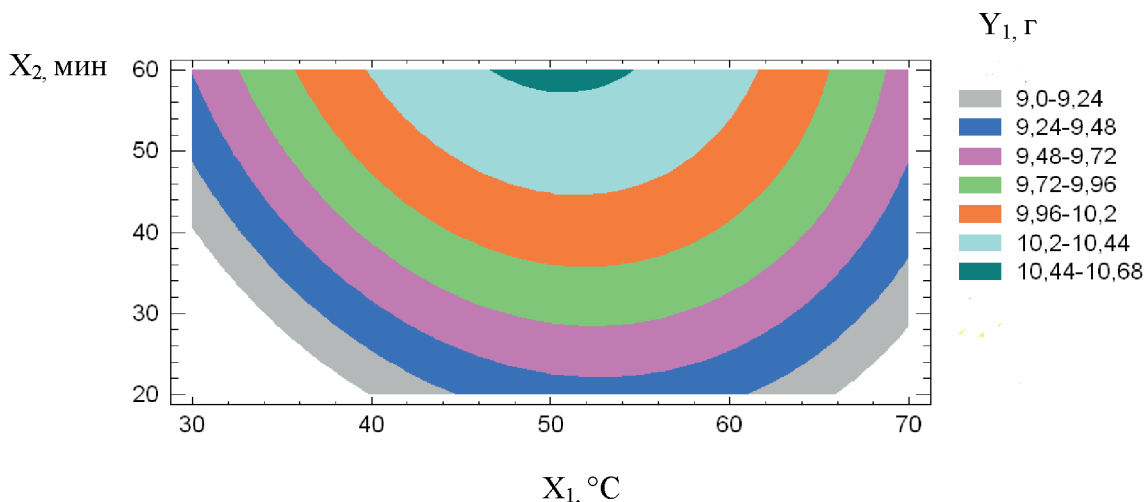


Рис. 7. Контурный график поверхностей отклика для показателя абсолютного количества сухих веществ, извлеченных с диффузионными соками при $X_3 = 1,0$

Fig. 7. Contour plot of response surfaces for the indicator of the absolute amount of dry matter extracted with diffusion juices at $X_3 = 1.0$

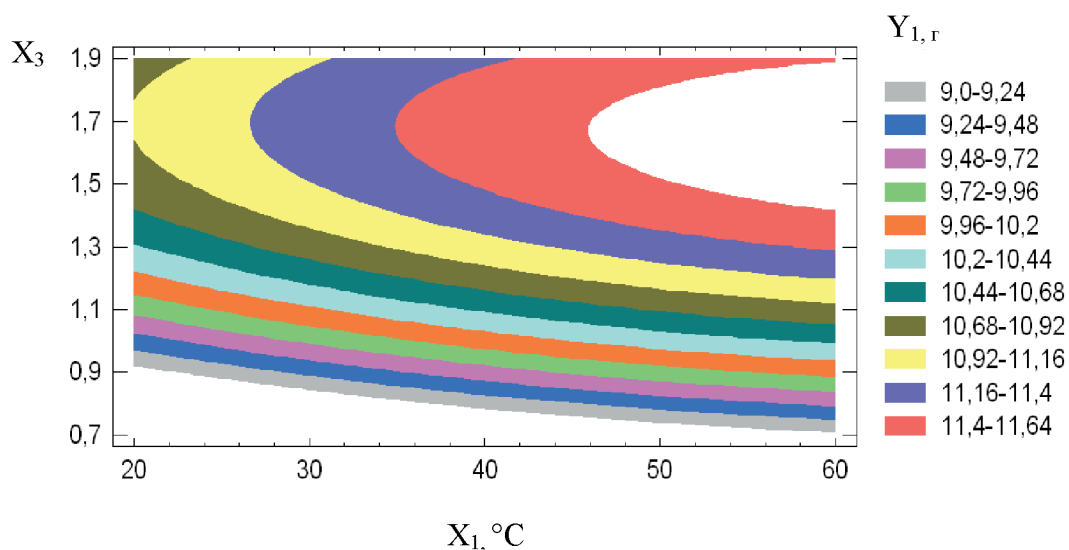


Рис. 8. Контурный график поверхностей отклика для показателя абсолютного количества сухих веществ с диффузионными соками, при $X_2 = 40$ мин.

Fig. 8. Contour plot of response surfaces for the indicator of the absolute amount of dry matter with diffusion juices, at $X_2 = 40$ min.

Данные представленные на рис. 7 говорят нам о том, что при соотношении сырьевых компонентов 1,0:1,0 мы можем достигать экстракции абсолютного количества сухих веществ от 9,96 до 10,68 г без существенной потери органолептических свойств диффузионных соков в диапазоне температур от 45 до 60°C и продолжительности процесса не менее 40 мин.

Если рассматривать вторую графическую зависимость (рис. 8) установлено, что при минимальной продолжительности процесса 40 мин, температуре экстракции 50–55 °C в диапазоне гидромодуля сырьевых компонентов сырьевых 1,0:1,0 — 1,0:1,1 соотношения сырьевых компонентов может быть достигнуто абсолютное значение извлеченных сухих веществ порядка 10,2–10,44 г. При этом можно отметить, что применение более широкого диапазона температур и гидромодуля сырьевых компонентов приводит к более высокому показателю извлечения сухих веществ, однако увеличение каждого из этих факторов приносит негативные последствия. Так увеличение гидромодуля сырьевых компонентов привело к снижению органолептических свойств и ухудшению физико-химических

показателей диффузионных соков, а увеличение температуры приведет к росту энергопотребления, что в дальнейшем найдет отклик в ценообразовании конечного продукта.

На основании совокупности всех факторов анализа графических зависимостей были установлены оптимальные параметры условий, где наблюдаются лучшие результаты выхода абсолютно сухих веществ. Оптимальными параметрами проведения процесса экстракции являются — температура 50–60°С в течение 30–45 мин в соотношении 1,0 — 1,1 объемов воды к 1,0 объему выжимки с целью максимального извлечения сахаров и кислот фруктового сырья, и дальнейшего использования полученного диффузионного сока без потери его органолептических свойств.

Для уточнения и корректировки полученных оптимальных условий проведения процесса экстракции анализировали зависимость массовой концентрации пектина (увеличение которой в нашем случае играет отрицательную роль и может в дальнейшем негативно сказаться на качестве фруктовых дистиллятов, получаемых с добавлением диффузионных соков из-за роста объемной доли метилового спирта), от варьируемых показателей

Стандартизированная карта Парето, изображенная на рис. 9, позволила установить значимые факторы. Пересечение стандартизированных эффектов вертикальной линией, которая представляет собой 95 %-ную доверительную вероятность, означает, что влияние факторов на функцию отклика статически значимо.

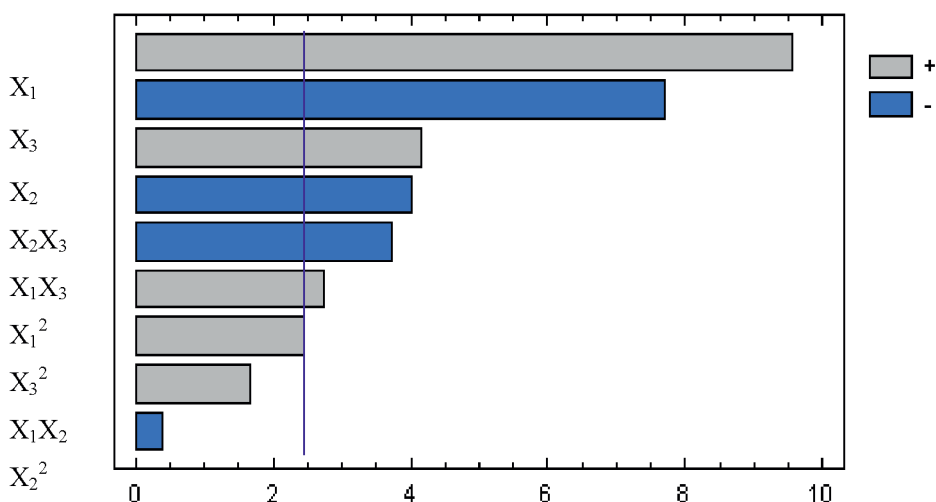


Рис. 9. Карта Парето для показателя массовой концентрации пектина в диффузионном соке

Fig. 9. Pareto map for the indicator of mass concentration of pectin in diffusion juice

Влияние факторов по степени значимости распределилось в следующем порядке: наибольший эффект на уровень накопления пектиновых веществ оказывает температура процесса (X₁) с ее повышением концентрация пектиновых веществ увеличивается, второе по значимости влияние оказывает соотношение сырьевых компонентов (X₃) причем знак «минус» на карте Парето указывает на снижение концентрации пектиновых веществ при увеличении фактора; и третье по значимости влияние оказывает продолжительность процесса экстракции, с ее повышением концентрация пектиновых веществ увеличивается.

Анализ графика главных эффектов для показателя массовой концентрации пектина в диффузионном соке (рис. 10) также подтверждает вышеупомянутый порядок значимости факторов.

Работоспособность модели подтверждается высоким коэффициентом детерминации R-squared, равным 97,28%. Полученное значение коэффициента детерминации показывает высокое качество уравнения модели.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии (1.4):

$$Y_2 = 0,149996 + 0,00205769 X_1 + 0,0369342 X_2 + 0,0157768 X_3 + 0,000449387 X_1^2 + 0,000296875 X_1 X_2 - 0,026375 X_1 X_3 - 0,0000632647 X_2^2 - 0,028375 X_2 X_3 + 0,641239 X_3^2 \quad (4)$$

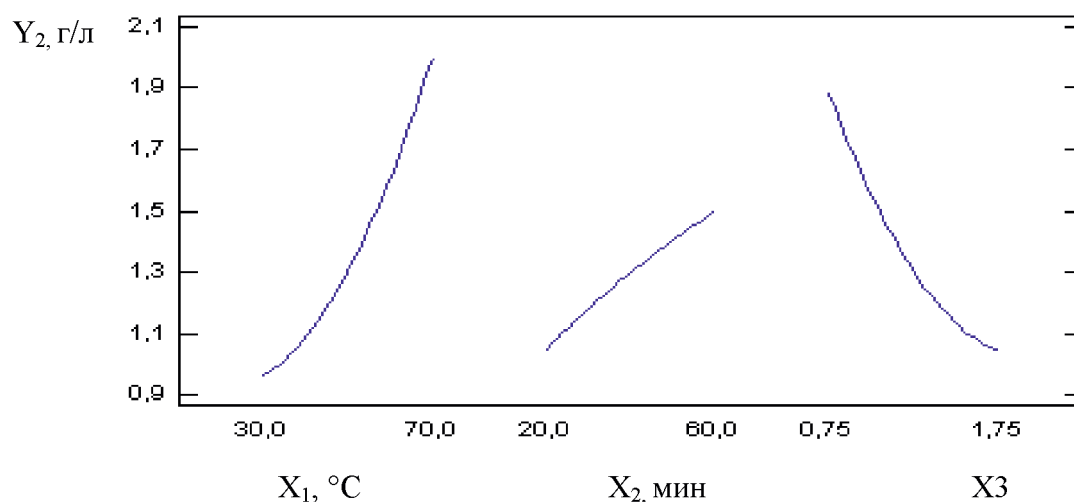


Рис. 10. Главные эффекты отклика для показателя массовой концентрации пектина в диффузионном соке
 Fig. 10. The main effects of the response for the indicator of the mass concentration of pectin in the diffusion juice

Полученное уравнение регрессии позволяет не только предсказать значение функции отклика для заданных условий эксперимента, но и дает информацию о форме поверхности отклика. Исследование этой поверхности необходимо для выбора оптимальных значений температуры, продолжительности экспозиции и гидромодуле сырьевых компонентов при осуществлении процесса экстракции яблочных выжимок.

Графическое влияние факторов на уровень накопления пектиновых веществ представлено в виде поверхности отклика на рис. 11.

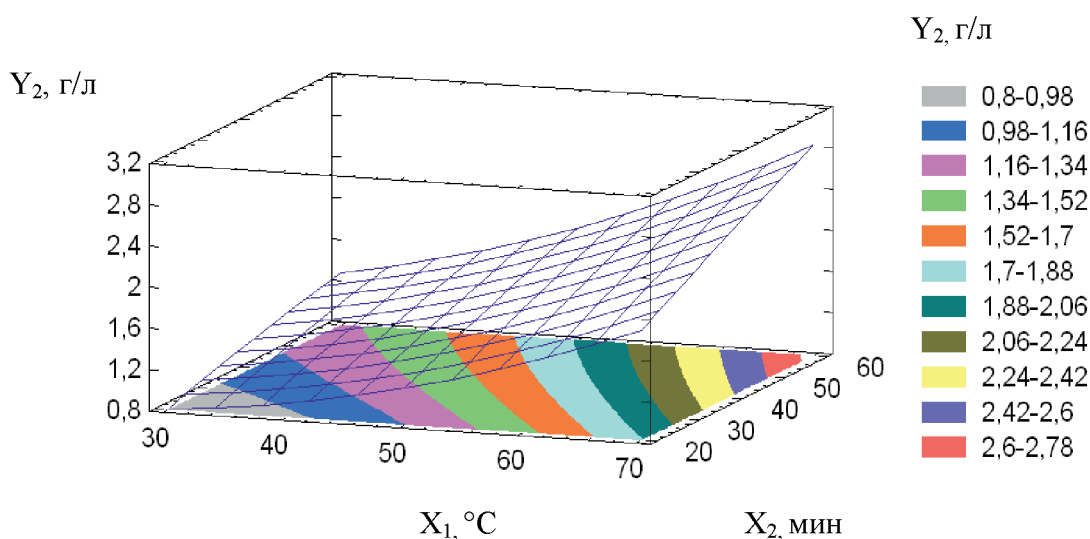


Рис. 11. График поверхностей отклика для показателя массовой концентрации пектина в диффузионном соке, при $X_3 = 1,0$
 Fig. 11. Graph of response surfaces for the indicator of mass concentration of pectin in diffusion juice, at $X_3 = 1,0$

Анализ данной графической зависимости показал, что с ростом факторов температуры и продолжительности протекания процесса экстракции показатель массовой концентрации пектина растет, что для дальнейшего получения дистиллятов с использованием диффузионных соков приведет к разрушению пектиновых веществ в процессе брожения и образованию метанола, который является высокотоксичным. Нашей задачей является выбрать тот оптимальный диапазон условий проведения

процесса экстракции, при котором будут достигаться лучшие результаты выхода абсолютно сухих веществ при наименьшей массовой концентрации пектина в них. Такую комбинацию демонстрирует рис. 11 при ранее выбранных характеристиках температуры 50–60°C, продолжительности — 30–45 мин и сырьевом гидромодуле 1,0:1,0, тем самым подтверждая правильность сделанных выводов выше.

С целью более детального рассмотрения графических зависимостей функции отклика от варьируемых факторов, и подтверждения оптимальных значений был рассмотрен контурный график (рис. 12).

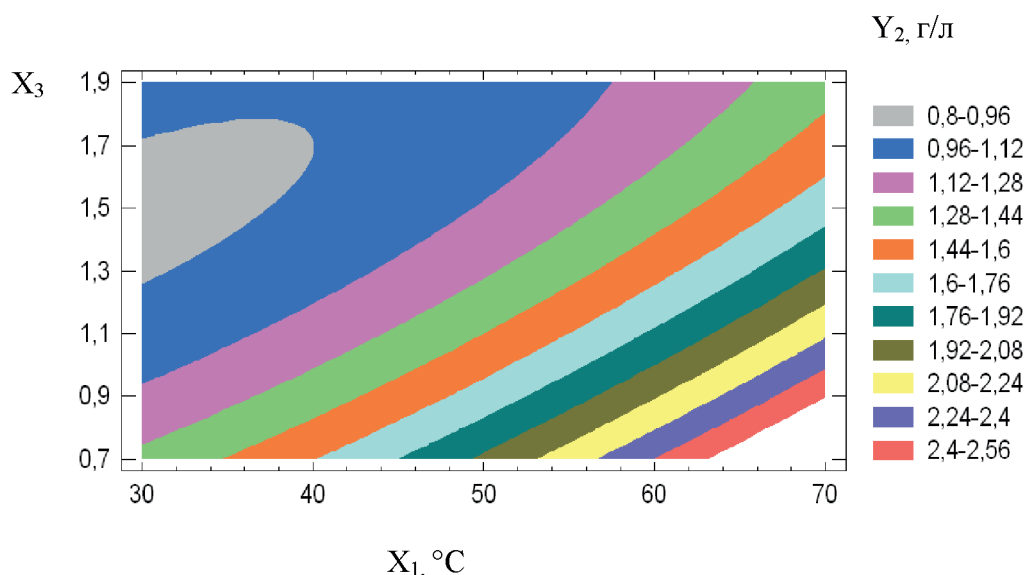


Рис. 12. Контурный график поверхностей отклика для показателя массовой концентрации пектина в диффузионном соке, при $X_2 = 40$ мин

Fig. 12. Contour plot of response surfaces for the indicator of mass concentration of pectin in diffusion juice, at $X_2 = 40$ min

Представленная на рис. 12 зависимость говорит о том, что наименьшее достижение показателя массовой концентрации пектина в диффузионном соке будет при показателях температуры в диапазоне от 30 до 40°C и сырьевом гидромодуле от 1,0:1,3 до 1,0:1,7, что является недопустимым для максимального выхода абсолютно сухих веществ. Повышение температуры и снижение гидромодуля сырьевых компонентов даст оптимальное соотношение количества показателей абсолютно сухих веществ и массовой концентрации пектина в диффузионном соке.

Заключение. На основании анализа графических зависимостей были установлены оптимальные параметры проведения процесса экстракции яблочных выжимок, позволяющие обеспечить количество извлеченных сухих веществ на каждые 200 г яблочных выжимок в количестве 10,2–10,44 г абсолютного количества сухих веществ.

Список использованных источников

1. Разуваев, Н.И. Комплексная переработка вторичных продуктов виноделия / Н.И. Разуваев. — Москва: Пищевая промышленность, 1975. — 168 с.
2. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества: СТБ 1188-99.. — Переизд. декабрь 2006 с Изм. 1, 2, 3. — Введ. 01.07.00. — Минск: Госстандарт, 2006. — 19 с.
3. Санитарные правила и нормы «Питьевая вода. и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»: СанПиН 10-124 РБ 99. — Введ. 19.10.1999 Постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 19 октября 1999 г. № 46. — Минск: РЦГЭиОЗ, 1999. — 12 с.
4. Продукция соковая. Рефрактометрический метод определения массовой доли растворимых сухих веществ: ГОСТ 34128-2017. Межгосударственный стандарт. — Введ. 01.01.19. — Москва: Стандартинформ, 2019. — 16 с.
5. Продукция соковая. Определение пектина фотометрическим методом: ГОСТ 32223-2013. Межгосударственный стандарт. — Введ. 01.07.15. — Москва: Стандартинформ, 2014. — 16 с.

6. Соки и соковая продукция. Идентификация. Общие положения: ГОСТ Р 53137-2008. Национальный стандарт Российской Федерации. — Введ. 01.01.10. — Москва: Стандартинформ, 2009. — 16 с.
7. Тихонова, А.Н. Влияние способа обработки виноградной выжимки на экстракцию высокомолекулярных соединений // *Educatio*. — 2015. — № 11 (18), Ч. 2. — С. 88 — 91.

References

1. Razuvaev N.I. Complex processing of secondary products of winemaking. Moscow: Food Industry Publ., 1975. 168 p.
2. STB 1188-99. Drinking water of the organization “General requirements and methods of quality control. Sanitary rules and regulations “Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control”.
3. Sanitary rules and regulations “Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control”; Minsk, Gosstandart, 1999. approved by the resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated 19.10.1999, No. 46.
4. GOST 34128-2017 Interstate Standard “Juice Products. Refractometric method for determining the mass fraction of soluble solids”, 2019.
5. GOST 32223-2013 Interstate Standard “Juice Products. Determination of pectin by photometric method”, 2015.
6. GOST R 53137-2008 National standard of the Russian Federation “Juices and juice products. Identification. General Provisions”, 2010.
7. Tikhonova A.N. Influence of the method of processing grape pomace on the extraction of high-molecular compounds. *Educatio*, 2015, No. 11 (18), part 2, pp. 88–91.

Информация об авторах

Кулагова Екатерина Петровна — аспирант, младший научный сотрудник лаборатории микробиологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29), E-mail: tateka@tut.by

Пушкарь Александр Александрович — кандидат технических наук, начальник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vodka@belproduct.com

Юденко Ольга Николаевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник — руководитель группы по винодельческой отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Information about authors

Kulagova Ekaterina P. — postgraduate student, junior researcher of the laboratory of microbiological research of the Republican control and testing complex for the quality and safety of food of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (220037, Republic of Belarus, Minsk, Kozlova st., 29), E-mail: tateka@tut.by

Pushkar Alexandr A. — Ph.D. (engineering), Head of the Department of technologies of alcohol and non-alcohol products of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vodka@belproduct.com

Yudenko Olga N. — Ph.D. (engineering), Senior Researcher — Head of the Group for the Wine Industry of the department of technologies of alcohol and non-alcohol products of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

УДК 664.29
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1\(51\)-62-68](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1(51)-62-68)

Поступила в редакцию 10.02.2021
Received 10.02.2021

А. В. Куликов, А. А. Литвинчук, А. С. Данилюк

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ СУХОЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ КЛЕТЧАТКИ ИЗ ОТХОДОВ КРАХМАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье описана актуальность получения сухой картофельной клетчатки пищевого назначения из отходов крахмального производства. Изложены результаты исследований по изучению основных показателей работы крахмальных заводов Республики Беларусь, использованию механических (прессование, фильтрование) и других методов для дополнительного обезвоживания и рафинирования мезги картофельной, определению рациональных приемов подготовки картофельной клетчатки к сушке и ее сушки, разработке технологической схемы и обоснованию оборудования для получения сухой картофельной клетчатки из влажной мезги, определению специфических показателей сухой картофельной клетчатки.

Ключевые слова: картофель, отходы, мезга, клетчатка, технологические приемы, технологическая схема, оборудование, специфические показатели

A. V. Kulikou, A. A. Litvinchuk, A. S. Danilyuk

*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

RESULTS OF RESEARCH OBTAINING DRY POTATO FIBER FROM WASTE STARCH PRODUCTION

Abstract. The article describes the relevance of obtaining dry potato fiber for food purposes from starch production waste. The results of studies on the study of the main indicators of the operation of starch plants in the Republic of Belarus, the use of mechanical (pressing, filtration) and other methods for additional dehydration and refining of potato pulp, determination of rational methods for preparing potato fiber for drying and its drying, development of a technological scheme and justification of equipment for obtaining dry potato fiber from wet pulp, determination of specific indicators of dry potato fiber.

Keywords: potato, waste, pulp, fiber, technological methods, technological scheme, equipment, specific indicators

Введение. При производстве картофельного крахмала образуются побочные продукты — смесь клеточных оболочек и клеточного сока картофеля, в значительной степени разбавленная водой, так называемая жидкая картофельная мезга. Количество ее сопоставимо и даже может превышать количество переработанного на получение крахмала картофеля. Сложность утилизации жидкой картофельной мезги заключается в том, что она содержит в своем составе только 7–9 % сухих веществ, из которых в твердом состоянии находятся 1,5–3,5 % [1]. Остальные сухие вещества находятся в растворенном состоянии. Такая мезга не находит применения, как корм, поскольку труднотранспортабельна и малоэффективна при скармливании, а также является скоропортящимся продуктом. На большинстве крахмальных заводов Беларуси жидкую мезгу перекачивают насосами на поля фильтрации, где в естественных условиях она частично сгущается, а затем запахивается. На более современных заводах (ОАО «Рогозницкий крахмальный завод», ОАО «Отечество») ее предварительно обезвоживают до массовой доли сухих веществ 12–16 % и в сыром виде частично скармливают крупному рогатому скоту на животноводческих комплексах, а излишки вывозят на поля под перепашку.

Однако в последнее время возрастает популярность природных ингредиентов в составе различных пищевых продуктов. Особое место в их ряду отводится картофельной клетчатке, состоящую преимущественно из пищевых волокон, которую можно получить с минимальными затратами из отхода производства картофельного крахмала — картофельной мезги и которая проявила себя как компонент, обладающий уникальными особенностями: это устойчивый ингредиент, выдерживает низкие показатели pH, стерилизацию, а также замораживание, способен впитывать отдельно в больших количествах воду и масло, может использоваться в мясных, молочных продуктах, супах, соусах, кетчупах, фрукто-

содержащих продуктах [2, 3]. Подобные пищевые ингредиенты в настоящее время завозятся в Республику Беларусь и реализуются мясокомбинатам и хлебозаводам по цене около 4 \$ США за 1 кг [4].

Представленная выше информация показывает, что назрела реальная необходимость создания отечественной технологии получения сухой картофельной клетчатки пищевого назначения, что впоследствии позволит создать производство на базе крахмального завода и вырабатывать импортозамещающую продукцию, а также создать предпосылки для расширения ассортимента качественных пищевых продуктов.

Материалы и методы исследований. Для исследований использовалась полученная в лабораторных условиях жидкая мезга картофельная, а также частично обезвоженная мезга ОАО «Рогозницкий крахмальный завод». Эксперименты по обезвоживанию, рафинированию, подготовке к сушке и высушиванию клетчатки проводились на лабораторном оборудовании, установленном в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Исследования показателей картофельной клетчатки осуществлял Республиканский контрольно-испытательный комплекс по качеству и безопасности продуктов питания.

Результаты и обсуждение. На первом этапе исследований были изучены основные показатели работы крахмальных заводов Республики Беларусь и обоснована актуальность разработки технологии получения сухой картофельной клетчатки из отходов крахмального производства. Отбор необходимых образцов выходящей из производства картофельной мезги с целью последующего получения сухой клетчатки картофельной пищевого назначения осуществляли на ОАО «Рогозницкий крахмальный завод».

В лабораторных условиях определены основные физико-химические показатели мезги (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Физико-химические показатели мезги картофельной
ОАО «Рогозницкий крахмальный завод»

Table 1. Physicochemical parameters of potato pulp of JSC «Rogoznitskiy starch plant»

| Составные части мезги | Содержание сухих веществ составных частей мезги, % | Процентное содержание в общем количестве СВ, % |
|--|--|--|
| Крахмал | 4,88 | 40,7 |
| Клетчатка | 3,6 | 30,0 |
| Белки | 1,1 | 9,2 |
| Зола | 0,83 | 6,9 |
| Прочие вещества (минеральные вещества, растворимые углеводы и др.) | 1,59 | 13,2 |
| Всего | 12 | 100 |

Как свидетельствуют данные табл. 1, массовая доля сухих веществ клетчатки в мезге составляет 30 %. Анализ зарубежных источников (патентов, научных статей, электронных источников) показал, что для получения высококачественной сухой картофельной клетчатки пищевого назначения необходимо в максимальной степени удалить из мезги крахмал, белки, зольные элементы и др., кроме самих волокон и клеточных стенок картофеля (клетчатки).

На основании чего проведены исследования по рафинированию (очистке) мезги картофельной от компонентов, негативно влияющих на свойства клетчатки. Образующиеся фильтраты и образцы сырой клетчатки после рафинирования представлены на рис. 1.



Рис. 1. Образующиеся фильтраты и образцы сырой клетчатки после рафинирования

Fig. 1. Filtrates and crude fiber samples formed after refining

Установлено, что для рафинирования мезги картофельной с целью последующего получения клетчатки пищевого назначения необходимо осуществлять ее двойную промывку чистой водой, в результате чего содержание белков в мезге снижается до 47 %, крахмалов на 26–27 %, золы на 45 %, что положи-

тельно влияет на качество клетчатки. При этом мезга (сырая клетчатка) становится светлее, приближаясь от светло-коричневого к белому цвету. Помимо этого, запах от мезги становится более нейтральным, по отношению резкому запаху измельченного картофеля, присущему выходящей из производства мезги.

Обосновано использование механических методов (прессование, фильтрование) для дополнительного обезвоживания мезги.

Установлено, что в процессе прессования мезги картофельной в лабораторных условиях было удалено максимальное количество 44,8 % влаги от исходной, при этом массовая доля сухих веществ в мезге составила 19,8 %, а максимальная скорость прессования — $2,1 \cdot 10^{-3}$ см/с. На основании чего рекомендовано для прессования мезги использовать существующие серийно выпускаемые ленточные или фильтр-прессы, применение которых позволило бы значительно повысить массовую долю сухих веществ в отжатой мезге (более 30 %) по сравнению с лабораторным (около 20 %).

В процессе фильтрования можно повысить массовую долю сухих веществ мезги до 17 %, причем из которой может быть удалено до 33 % влаги. На основании чего можно рекомендовать использование в промышленных условиях непрерывный процесс вакуумного фильтрования с отделением осадка мезги с поверхности вакуум-фильтра или осуществлять процесс фильтрования на саморазгружающихся камерных фильтр-прессах, при этом вести процесс фильтрования при давлениях, не превышающих значения 1,4 бар до толщины слоя осадка на фильтровальной перегородке 2,6 см.

Определены рациональные приемы подготовки очищенной и частично обезвоженной картофельной клетчатки к сушке.

В результате проведенных исследований установлено, при сушке сырой клетчатки сразу после прессования в лабораторном сушильном шкафу образуются агломераты (комки), поверхность которых просушивается, а внутренняя часть остается сырой, что недопустимо. В связи с чем предложен способ внесения в отпрессованную и рафинированную клетчатку сухой клетчатки и последующего их смешивания с целью предотвращения комкования. При этом установлено критическое значение массовой доли сухих веществ рафинированной клетчатки $CB_k = 45$ %, выше которого отпадает риск обратного комкования мезги при последующей сушке.

Определено следующее уравнение для расчета необходимого количества сухого возврата (антикомкователя) в зависимости от степени обезвоживания мезги:

$$n = -0,027 \cdot CB_{отж} + 1,2,$$

где n — массовое соотношение сухой и отпрессованной клетчатки; $CB_{отж}$ — массовая доля сухих веществ в отпрессованной клетчатке, %.

В процессе проведенных экспериментов на смесителе промышленного исполнения выявлено, что в процессе подготовки смешиваемых компонентов клетчатки к сушке их насыпная масса может уменьшаться до 40%, что необходимо учитывать при дальнейшей разработке геометрических форм и объема смесителя.

Исследован процесс сушки картофельной клетчатки. Проведенный анализ литературных источников показал, что для высушивания сыпучих продуктов, каким является смешанная с сухим возвратом отпрессованная и рафинированная клетчатка, наиболее простым и оптимальным способом является конвективная сушка.

Установлено, что сушку клетчатки картофельной необходимо осуществлять при температуре сушильного агента (воздуха) не более 80 °С, в противном случае при более высоких температурах наблюдается подгорание (потемнение) продукта, ухудшение его вкуса, цвета, запаха и химического состава.

На рис. 2 представлены кривые сушки образцов смешанной клетчатки с различным удельным объемом.

Анализ графических зависимостей, представленных на рис. 2 показывает, что площадь поверхности испарения, выраженная косвенно через удельный объем смешанной клетчатки, значительно влияет на продолжительность сушки: чем выше удельный объем смеси, тем меньше продолжительность сушки единицы массы продукта. При этом при 5%-й разнице содержания массовой доли сухих веществ в образцах смешанной клетчатки, продолжительность сушки образцов может отличаться на 30 % и более (с 70-80 минут образца №2 до 100-110 минут образца №1).

Дополнительно хотелось бы отметить, что в результате высушивания клетчатки после ее подготовки могут образовываться просушенные по всему объему агломераты (рис. 3), которые однако можно разрушить до сыпучего состояния (рис. 3а) при приложении к ним относительно небольших механических или других воздействий (усилий): перемешивание лопатками и билами, дробление, прессование, истирание и др.

На основании обработки данных теоретического процесса сушки, используя Id — диаграмму влажного воздуха установлено, что при сушке картофельной клетчатки с однократным нагревом сушильного агента (воздуха) на 1 кг испаренной влаги расходы составят: сухого воздуха — 62 кг, теплоты — 4551 кДж.

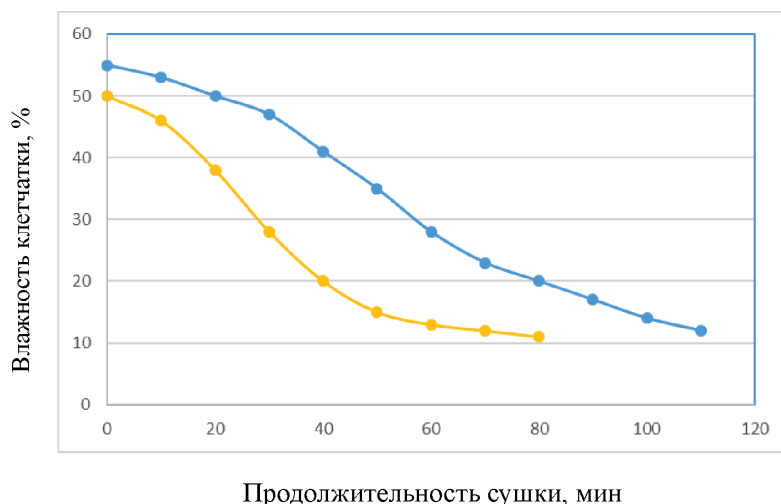


Рис. 2. Кривые сушки образцов смешанной клетчатки картофельной с удельным объемом: образец №1 — 1,3 дм³/кг, образец №2 — 1,9 дм³/кг
 Fig. 2. Drying curves of samples of mixed potato fiber with specific volume: sample No. 1 — 1.3 dm³ / kg, sample No. 2 — 1.9 dm³ / kg



Рис. 3. Образцы высушенной клетчатки:
 а) после измельчения; б) с агломератами после высушивания
 Fig. 3. Dried Fiber Samples:
 a) after grinding; b) with agglomerates after drying

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема получения сухой картофельной клетчатки из влажной картофельной мезги (рисунок 4).

Проведен продуктовый расчет, позволяющий проследить количества картофельной мезги/клетчатки и выделяемой при этом жидкой фракции (промоев) на всех этапах их рафинирования, механического и термического обезвоживания, начиная от выхода из производства и оканчивая сухим продуктом. Данные расчета могут быть положены в обоснование расчета производительности необходимого оборудования при организации производства сухой картофельной клетчатки пищевого назначения, мощностью до 600 т/год — на базе типового крахмального завода РБ (производительностью 100 т/сут по перерабатываемому картофелю), а также до 1800 т/год — на базе ОАО «Рогозницкий крахмальный завод».

Осуществлено обоснование и подбор технологического оборудования для получения сухой картофельной клетчатки пищевого назначения.

Исследованы специфические показатели полученной в результате ранее проведенных экспериментальных исследований сухой картофельной клетчатки: объемная плотность, водо и жиросвязывающая способность, имеющие важное значение в процессе производства пищевых продуктов.

На рис. 5 представлены значения объемной плотности различных фракций сухой картофельной клетчатки после просеивания.

На рис. 5 видно, что с уменьшением размера частиц сухой картофельной клетчатки повышается их объемная (насыпная) плотность, которая после просеивания может увеличиваться более чем на 30% по сравнению с исходной смесью после сушки.

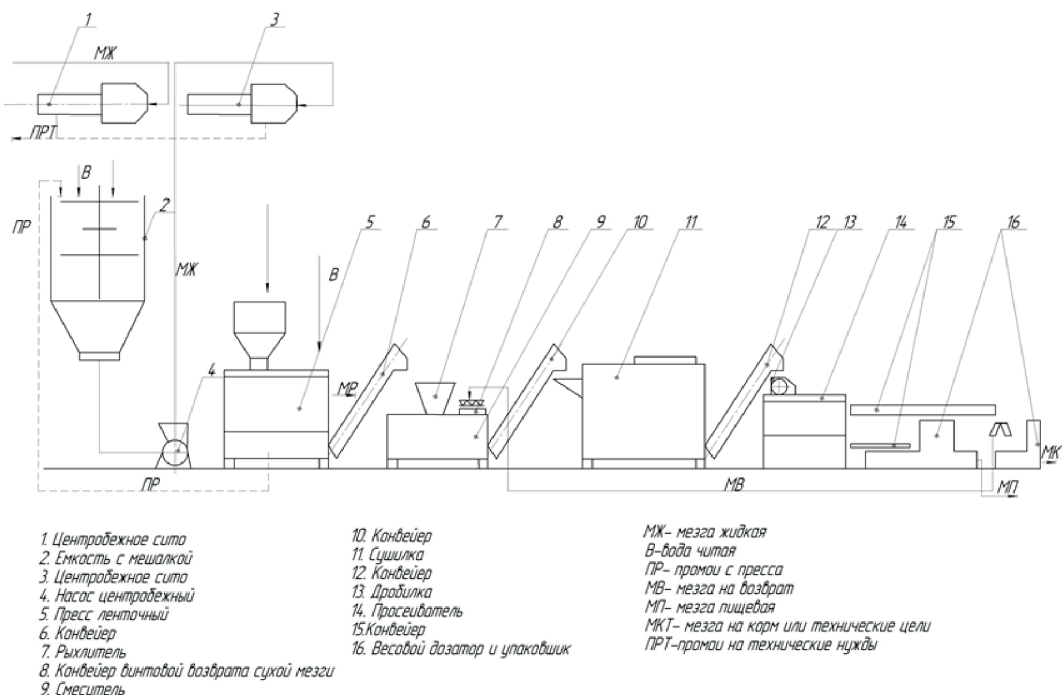


Рис. 4. Технологическая схема получения сухой картофельной клетчатки из влажной картофельной мякоти
Fig. 4. Technological scheme for obtaining dry potato fiber from wet potato pulp

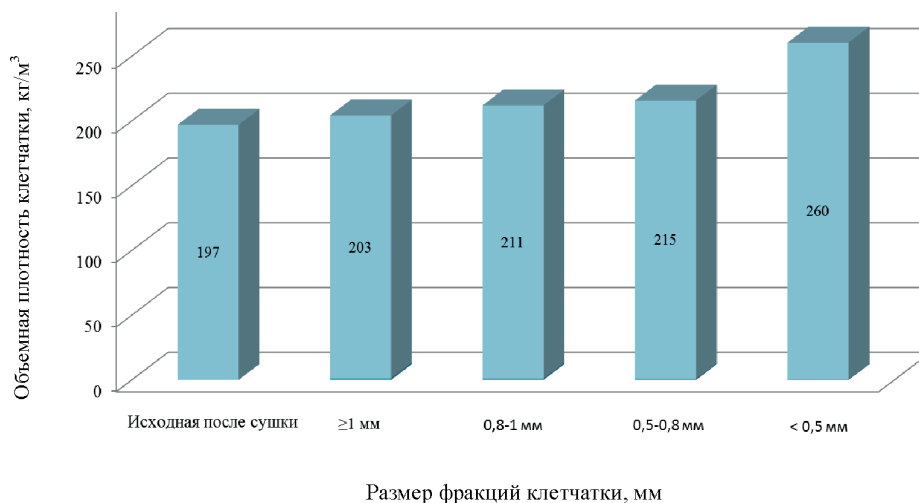


Рис. 5. Объемная плотность различных фракций сухой клетчатки картофельной
Fig. 5. Bulk density of various fractions of dry potato fiber

На рис. 6 представлены значения водосвязывающей способности сухой (количество связанных частей воды 1 частью клетчатки, г/г) картофельной клетчатки в зависимости от размера фракций (дисперсности).

Анализ рис. 6 позволяет сделать заключение, что чем выше размер фракций (дисперсность), тем больше водосвязывающая способность сухой клетчатки картофельной. Так, в зависимости от размера фракций, разница может составлять более 15 %.

На рис. 7 представлены значения водосвязывающей способности компонентов, часто используемых в качестве стабилизаторов влаги в составе различных пищевых продуктов.

Анализ рис. 7 показывает, что водосвязывающая способность клетчатки картофельной (≈1:6) в 1,74 раза выше крахмала кукурузного экструзионного, в 3,4 раз — муки пшеничной ВС, в 11 раз — крахмала картофельного ВС.

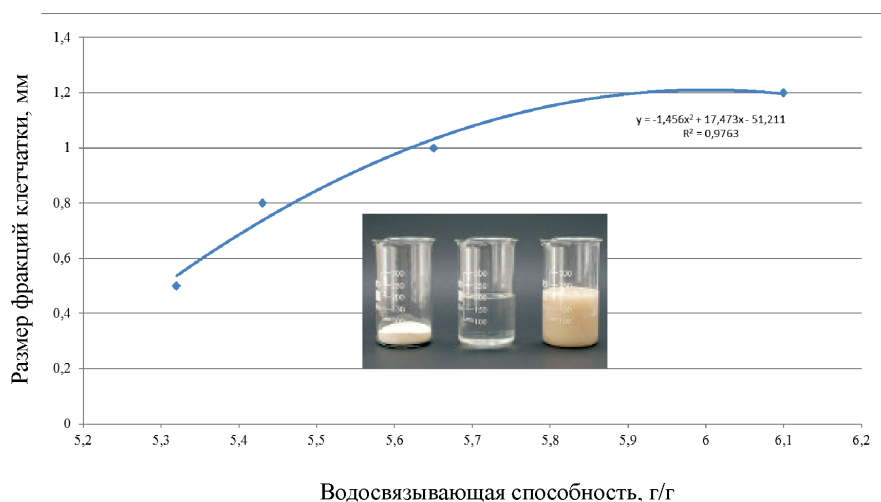


Рис. 6. Зависимость водосвязывающей способности сухой клетчатки картофельной от размера фракций
 Fig. 6. Dependence of the water-binding capacity of dry potato fiber on the size of fractions

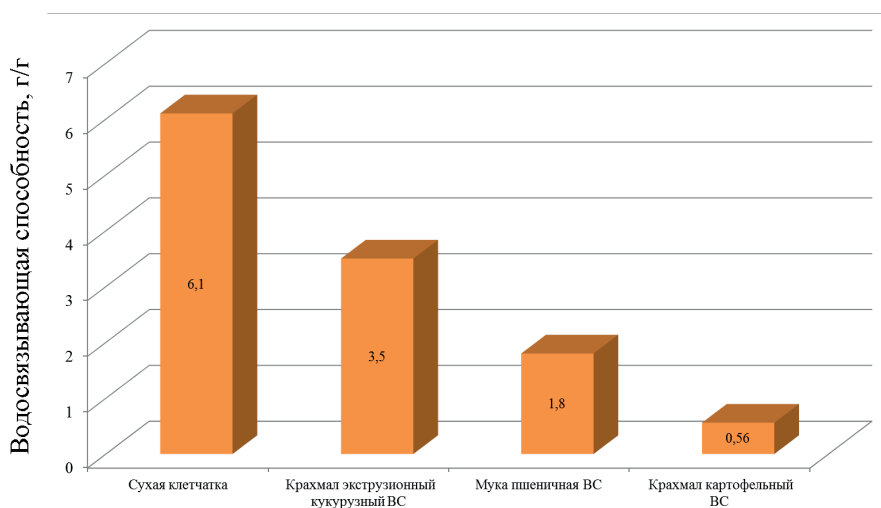


Рис. 7. Водосвязывающая способность различных компонентов в составе пищевых продуктов
 Fig. 7. Water binding capacity of various components in food products

В состав различных пищевых продуктов (мучных, кондитерских изделий и др.) может входить жировая фракция, например, масло подсолнечное. На основании чего определена жиросвязывающая способность клетчатки картофельной (1:3 и более), которая в 3 раза выше крахмала кукурузного экструзионного, муки пшеничной ВС, крахмала картофельного ВС.

Повышенную водо- и жиросвязывающую способность клетчатки можно объяснить наличием системы сверхтонких субмикроскопических капилляров, обеспечивающих всасывание внутрь них большого количества как влаги, так и жира. Кроме того, жиросвязывающая способность объясняется явлением адсорбции поверхностью частиц исследуемого сырья.

Заключение. В результате исследований изучены основные показатели работы крахмальных заводов Республики Беларусь. На примере образцов, отобранных на ОАО «Рогозницкий крахмальный завод», определены основные физико-химические показатели мезги картофельной с целью обоснования возможности получения сухой клетчатки картофельной пищевого назначения.

Определены рациональные приемы механического обезвоживания, рафинирования, подготовки очищенной и частично обезвоженной картофельной клетчатки к сушке и ее высушивания. Разработана технологическая схема, осуществлен подбор оборудования и проведен продуктовый расчет при получении сухой картофельной клетчатки. Исследованы специфические показатели полученной в результате экспериментальных исследований сухой картофельной клетчатки: объемная плотность, водо- и жиросвязывающая способность.

Полученные результаты можно рекомендовать к использованию на картофелеперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь с целью совершенствования технологий переработки отходов, а также получения из них пищевой продукции функционального назначения.

Список использованных источников

1. Куликов, А.В. К анализу вопроса отхоодообразования в крахмальном производстве / А.В. Куликов, М.П. Шабета // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2010. — № 2. — С. 39–44.
2. Картофельная клетчатка Potex [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://biyami.by/products/category/8/>. — Дата доступа: 11.09.2020 г.
3. Куликов, А.В. Перспективы получения сухой картофельной клетчатки пищевого назначения из отходов крахмального производства / А.В. Куликов, О.М. Куликова // Инновационные технологии в пищевой промышленности: тез. докл. XVI Междунар. науч.-практ. конф., 5–6 октября 2017 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию». — Минск: ИВЦ Минфина, 2017. — С. 36–38.
4. Куликов, А.В. Разработка технологических приемов получения сухой картофельной клетчатки из отходов крахмального производства / А.В. Куликов // Материалы XVIII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности» (Минск, 2 октября 2020 г.) / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». — Минск: Беларуская навука, 2020. — С. 172–175.

References

1. Kulikov A.V., Shabeta M.P. K analizu voprosa otkhodoobrazovaniya v krakhmal'nom proizvodstve [To the analysis of the issue of waste formation in starch production]. Pishchевaya promyshlennost': nauka i tekhnologii [Food industry: science and technology.], 2010, no.2, pp. 39-44 (in Russian).
2. Kartofel'naya kletchatka Potex [Potato fiber Potex]. Available at: <http://biyami.by/products/category/8/>. (accessed 11 September 2020).
3. Kulikov, A.V., Kulikova O.M. Perspektivy polucheniya sukhoy kartofel'noy kletchatki pishchevogo naznacheniya iz otkhodov krakhmal'nogo proizvodstva [Prospects for obtaining dry potato fiber for food purposes from wastes of starch production]. Innovatsionnyye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti [Innovative technologies in the food industry]: abstracts. report XVI Int. scientific-practical Conf., October 5-6, 2017 / RUE «Scientific — Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, pp. 36-38 (in Russian).
4. Kulikov A.V. Razrabotka tekhnologicheskikh priyemov polucheniya sukhoy kartofel'noy kletchatki iz otkhodov krakhmal'nogo proizvodstva [Development of technological methods for obtaining dry potato fiber from starch production waste]. Innovatsionnyye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti [Innovative technologies in the food industry]: materials of the XVIII Int. scientific-practical Conf., October 2, 2020 / RUE «Scientific — Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, pp. 172-175 (in Russian).

Информация об авторах

Куликов Алексей Валентинович — кандидат технических наук, начальник 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 — 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 the authors

Kulikov Aleksey V. — candidate of technical sciences, head of the department of new technologies and equipment of RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: ont_i_t@mail.ru

Litvinchuk Alexandr A. — candidate of technical sciences, senior researcher of the department of new technologies and equipment of RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com

Danilyuk Aleksandr S. — researcher of the department of new technologies and equipment of RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com

УДК 664.8:339(476)
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1\(51\)-69-78](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1(51)-69-78)

Поступила в редакцию 23.01.2021
Received 23.01.2021

Е. В. Рощина, Т. В. Васюта

Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», г. Гомель, Республика Беларусь

РЕЙТИНГ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ КЕТЧУПОВ, РЕАЛИЗУЕМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. Оценка конкурентного преимущества опирается на сущность ценности, являющейся источником получения преимущества, и зависит от ее содержания, масштаба распространения и других условий. При этом важнейшим условием является использование показателей, важных и понятных для потребителя, так как именно такие показатели являются предметом конкуренции. Проведенный анализ подходов к оценке конкурентоспособности показывает, что большинство предлагаемых методик основано на применении различных финансовых коэффициентов для анализа деятельности предприятий, конкурентоспособности отдельных видов продукции. Определение индекса конкурентоспособности позволяет установить рейтинговую силу конкурентных преимуществ товарных знаков продукта.

С целью определения конкурентных преимуществ кетчупов, представленных в торговой сети Беларуси, с учетом индексов потребительских и экономических параметров, рассчитан рейтинг 15 исследуемых образцов. В качестве конкурентных преимуществ кетчупов авторы определили следующие: состав, категория, известность товарного знака, упаковка, маркировка, уровень качества. Далее рассчитаны коэффициенты весомости конкурентных преимуществ образцов и проведена оценка суммарного значения конкурентных преимуществ с учетом степени весомости. На основании расчетных индексов потребительских и экономических параметров определена конкурентоспособность образцов и выстроен рейтинг кетчупов.

В результате проведенных исследований рейтинг возглавили: среди кетчупов категории «экстра» — кетчуп товарного знака «Щедро», среди кетчупов высшей категории — кетчуп «Gusto», среди кетчупов первой категории — кетчуп «Г'мНерру», среди кетчупов второй категории — кетчуп «Синьор «Помидор».

Ключевые слова: кетчуп, конкурентные преимущества, товарный знак, конкурентоспособность

E. V. Roshchina, T. V. Vasiuta

Educational Institution «Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation», Gomel, Belarus

RATING OF THE COMPETITIVENESS OF KETCHUPS SALES IN REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The assessment of the competitive advantage is based on the essence of value, which is the source of obtaining an advantage and depends on its content, the scale of distribution and other conditions. In this case, the use of indicators is the most important condition and understandable for the consumer, because these indicators are the subject of any competition. The analysis of the competitiveness shows that most of the proposed methods are based on the use of various financial coefficients for analyzing the activities of enterprises, the competitiveness of certain types of products. The determination of the competitiveness index allows you to establish the rating strength of the competitive advantages of products trademarks.

In order to determine the competitive advantages of ketchup, presented in the trade network of Belarus taking into account the indexes of consumer and economic parameters, 15 studied samples have been calculated. The authors identified the following competitive advantages of ketchups: composition, category, brand, packing, labeling, quality level. Further, the coefficients of the weight of the competitive advantages of the samples were calculated and the assessment of the total value of the competitive advantages was carried out, taking into account the degree of the weight. Based on the calculated indexes of consumer and economic parameters, the competitiveness of the samples has been determined and the rating of ketchup has been also assigned.

As a result of the research, the rating is the following: among ketchups of the category «extra» — ketchup of the trademark «Schedro», among ketchups of the category «highest» — ketchup «Gusto», among ketchups of the category «the first» — ketchup «Iam Heppy», among ketchups of the category «the second» — ketchup «Tomato Signor».

Keywords: ketchup, competitive advantages, trademark, competitiveness

Введение. Конкурентное преимущество — это те характеристики, свойства товара или марки, которые создают для товара определенное превосходство над своими прямыми конкурентами. Эти атрибуты или характеристики могут быть самыми различными и относиться как к самому товару, так и к дополнительным услугам, сопровождающим базовую услугу к формам производства, сбыта или продаж, специфичным для товара [1, 2].

Эти превосходства являются, таким образом, относительными, определяемыми по сравнению с конкурентом, занимающим наилучшую позицию на рынке товара или в сегменте рынка. Этот самый сильный конкурент называется приоритетным.

В экономической литературе конкурентные преимущества часто отождествляют с возможностями более эффективно распоряжаться имеющимися ресурсами, то есть с конкурентоспособностью. Необходимо отметить, что такая аналогия имеет веские основания, поскольку смысл конкурентоспособности, чаще всего, трактуется, как способность опережать соперников в достижении поставленных коммерческих целей. Однако между данными понятиями есть и причинно-следственное различие. Конкурентоспособность является результатом, фиксирующим наличие конкурентных преимуществ, без которых невозможна конкурентоспособность.

Конкурентные преимущества товаров можно разделить на две группы: непосредственные и опосредованные.

Непосредственные конкурентные преимущества — это преимущества, связанные с теми или иными критериями конкурентоспособности или их совокупностью такими как повышенные показатели качества, подтверждение подлинности, одобрение профессиональных организаций, результаты потребительской экспертизы, свидетельство прохождения добровольной сертификации, соответствие требованиям международных стандартов и др.

Опосредованные конкурентные преимущества — это преимущества, связанные с критериями конкурентоспособности через ее факторы, такие как наличие сертифицированной системы качества; улучшенное сырье, технология, упаковка; наличие обратной связи с изготовителем; условия приобретения, создающие выгоды и др.

Конкурентное преимущество является относительным, определяется по сравнению с конкурентом, занимающим лучшую позицию на рынке товара и в целом основано на уникальности товара, на прочности репутации товарного знака, что побуждает потребителя приобрести товар, на технологическом лидерстве, что дает возможность постоянно обновлять ассортимент товаров и предлагать на рынке товары с новыми характеристиками, на широком ассортименте товаров, позволяющем добиться большего признания у потребителей, на создании уникальных распределительных мощностей, обеспечивающих сбыт товаров и т.д. [3, 4].

Оценка конкурентного преимущества опирается на сущность ценности, являющейся источником получения преимущества, и зависит от ее содержания, масштаба распространения и других условий. При этом важнейшим условием является использование показателей, важных и понятных для потребителя, так как именно такие показатели являются предметом конкуренции [5, 6, 7]. В настоящее время даже на уровне отраслей, объединяющих однотипные предприятия, нет общепринятой методики оценки конкурентоспособности продукции предприятий, что создает значительные трудности как при сравнении их уровней, так и при разработке направлений повышения конкурентоспособности. Проведенный анализ подходов к оценке конкурентоспособности показывает, что большинство предлагаемых методик основано на применении различных финансовых коэффициентов для анализа деятельности предприятий [8, 9], конкурентоспособности отдельных видов продукции, ключевых факторов результативной деятельности предприятия, количество которых колеблется у различных авторов от двух до пятнадцати и более.

В настоящее время учеными и практиками нарабатывается практика применения современных методов конкурирования на рынке, но все еще существует необходимость в дальнейшей теоретической и практической проработке данного вопроса на примере конкретного товара. Методики, учитывающие состояние основных факторов, могут быть применены в практической деятельности предприятий. Однако для получения объективных выводов необходимо четко проработать состав этих факторов и методику их расчета [10, 11, 12, 13, 14]. В связи с этим тема наших исследований является актуальной.

Цель представленной работы — определить конкурентные преимущества кетчупов, представленных в торговой сети Беларуси с учетом индексов потребительских и экономических параметров.. В качестве конкурентных преимуществ кетчупов выбраны следующие характеристики: состав, категория, известность товарного знака, упаковка, маркировка, уровень качества.

Результаты и их обсуждение. Целью оценки индекса конкурентоспособности является установление рейтинговой силы конкурентных преимуществ товарных знаков продукта.

Уровень качества определяли комплексным методом при групповой однородности показателей, конкурентоспособность — с учетом индексов потребительских и экономических параметров.

Алгоритм экспертной оценки рейтинга конкурентоспособности кетчупов с учетом комплекса конкурентных преимуществ приведен на рис. 1.

Оценка конкурентных преимуществ начиналась с выбора товаров однородной группы для исследования. Затем составляли перечень конкурентных преимуществ и определяли их коэффициенты весомости. Проводили балльную оценку. Определяли эталонные значения по каждому конкурентному преимуществу и оценку значений по отношению к эталонному значению, принятому за единицу. Далее проводили выбор эталонного (базисного) образца на основе суммарной оценки, оценка индексов потребительских и экономических параметров. На заключительном этапе производилась оценка сводного индекса конкурентоспособности и рейтинга товарного знака по комплексу конкурентных преимуществ.

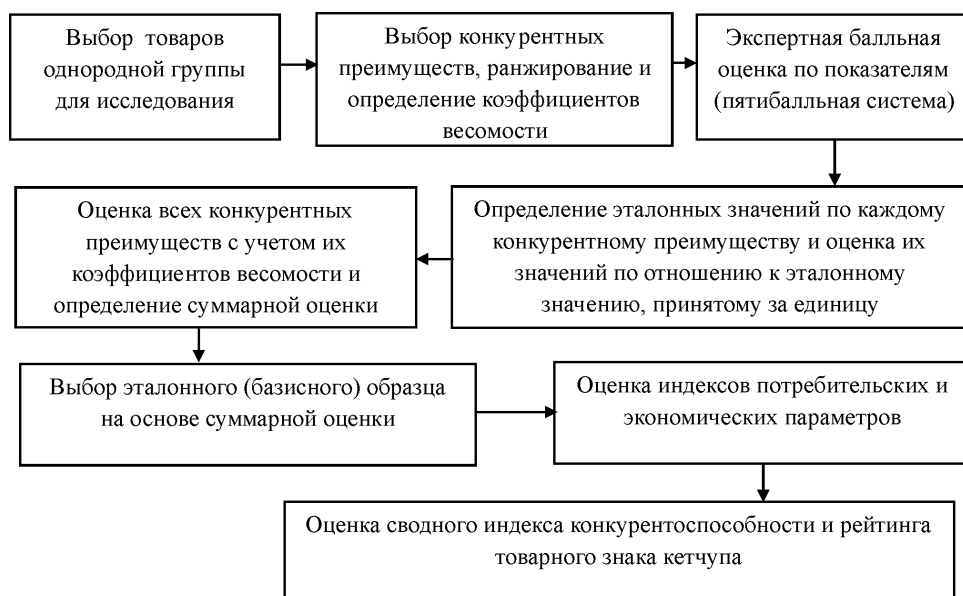


Рис. 1. Алгоритм экспертной оценки рейтинга конкурентоспособности кетчупов с учетом комплекса конкурентных преимуществ

Fig. 1. Algorithm of expert assessment of the competitiveness of ketchup, taking into account the range of competitive advantages

Оценка конкурентных преимуществ кетчупов определялась с учетом индекса потребительских параметров и индекса экономических параметров [15, 16, 17, 18, 19, 20].

В качестве объектов исследования были отобраны кетчупы практически всех товарных знаков, реализуемых в торговых объектах Республики Беларусь на момент проведения исследования:

- ♦ Шедро (категория экстра), ООО «Шедро», Украина
- ♦ Чумак (категория экстра), АО «Чумак», Украина
- ♦ Gusto (высшая категория), ООО «Шедро», Украина
- ♦ Золотая капля (высшая категория), ОАО «Минский маргариновый завод»
- ♦ Mr. Ricco (высшая категория), Российская Федерация
- ♦ Слобода (высшая категория), Российская Федерация
- ♦ Камако (высшая категория), СП «Камако плюс» г. Борисов
- ♦ Балтимор (первая категория), ООО «Юнилевер Русь»
- ♦ Моя домашняя кухня (первая категория), ОАО «Гомельский жировой комбинат»
- ♦ Помидюр (первая категория), СП «Камако плюс» г. Борисов
- ♦ Махеев (первая категория), Российская Федерация
- ♦ Heinz (первая категория), Компания Н.Ж. Heinz
- ♦ Г'тНерру (первая категория), ОАО «Минский маргариновый завод»
- ♦ АВС (вторая категория), СООО «Фирма АВС Плюс» г. Гродно
- ♦ Синьор «Помидор» (вторая категория), Российская Федерация

Все кетчупы были упакованы в пакеты типа Дой-пак (кроме кетчупов «Моя домашняя кухня» и «АВС», упакованных в ПЭТ пакет, а также «Синьор «Помидор» — ПЭТ бутылка) и имели схожую рецептуру (шашлычные). В качестве конкурентных преимуществ кетчупов мы определили следующие: состав, категория, известность товарного знака, упаковка, маркировка, уровень качества.

Расчет коэффициентов весомости конкурентных преимуществ кетчупов представлен в табл. 1. Из представленных данных видно, что наиболее весомым конкурентным преимуществом кетчупов является состав, менее значимым, по мнению экспертов, является известность товарного знака.

Таблица 1. Результаты определения расчетных коэффициентов весомости конкурентных преимуществ кетчупов

Table 1. The results of determining the estimated weight of the competitive advantages of ketchup

| Наименование показателей | Оценка экспертов (ранги) <i>i</i> | | | | | Сумма рангов S_{ij} | Расчетный коэфф. весомости <i>k</i> |
|---|-----------------------------------|----|----|----|----|-----------------------|-------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Состав | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 23 | 0,31 |
| Категория | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 18 | 0,24 |
| Уровень качества | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 19 | 0,25 |
| Известность товарного знака | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | 0,09 |
| Вид упаковки (дизайн, красочность, привлекательность) | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 8 | 0,11 |
| Итого | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 75 | 1,00 |

Уровень качества эксперты оценивали в соответствии с учетом разработанной нами балльной шкалы органолептических показателей (табл. 2).

Таблица 2. Балльная оценка органолептических показателей кетчупов

Table 2. Point score of organoleptic ketchup

| Органолептические свойства | Уровни качества | Оценка |
|----------------------------|--|--------|
| Внешний вид | Однородная, протертая масса без наличия семян, частиц кожи, семенной камеры и грубых кусочков сердцевины с наличием измельченных частиц овощей, зелени, пряностей или без них | 5 |
| | Менее однородная протертая масса без наличия семян, частиц кожи, семенной камеры и грубых кусочков сердцевины с наличием измельченных частиц овощей, зелени, пряностей или без них | 4 |
| | Неоднородная протертая масса без наличия семян, частиц кожи, семенной камеры и грубых кусочков сердцевины с наличием измельченных частиц овощей, зелени, пряностей или без них | 3 |
| | Неоднородная протертая масса с наличием семян, частиц кожи, семенной камеры и грубых кусочков сердцевины с наличием измельченных частиц овощей, зелени, пряностей или без них | 2 |
| | Неоднородная протертая масса с наличием семян, частиц кожи, семенной камеры и грубых кусочков сердцевины с наличием измельченных частиц овощей, зелени, пряностей или без них, с наличием неразмешанных комков томатной пасты, пряностей, загустителя (крахмала, муки) | 1 |
| Консистенция | Мажущаяся, не растекающаяся | 5 |
| | Жидковатая | 4 |
| | Жидкая | 3 |
| | Растекающаяся | 2 |
| | Расслоившаяся | 1 |
| Цвет | Яркий красно-коричневый, однородный | 5 |
| | Красно-коричневый | 4 |
| | Слабый красно-коричневый оттенок, тусклый, однородный | 3 |
| | Слабый красно-коричневый оттенок, тусклый, однородный, потемневший верхний слой | 2 |
| | Темно-коричневый, ярко-красный, неоднородный | 1 |

Окончание табл. 2

| Органолептические свойства | Уровни качества | Оценка |
|----------------------------|---|--------|
| Вкус | Кисло-сладкий, умеренно соленый, без посторонних привкусов | 5 |
| | Кисло-сладкий, но больше с кислоткой, умеренно соленый | 4 |
| | Кисловатый вкус, чувствуется соль | 3 |
| | Слишком кислый и (или) соленый, обжигающий | 2 |
| | Посторонние привкусы, не свойственные данному виду кетчупа, слишком кислый и соленый вкус | 1 |
| Запах | Чистый, с хорошо выраженным ароматом томатных продуктов и использованных ингредиентов. | 5 |
| | Чистый, с хорошо выраженным ароматом томатных продуктов, но слабым ароматом используемых ингредиентов | 4 |
| | Слабо выражен, обезличен или, наоборот, резкий аромат специй | 3 |
| | Не характерный сладкий, чувствуется уксус | 2 |
| | Не характерный, посторонние запахи, запах испортившегося продукта | 1 |

С целью объективной оценки конкурентоспособности исследуемых образцов кетчупов авторами разработана шкала оценки конкурентных преимуществ (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Оценочная шкала конкурентных преимуществ кетчупов
Table 3. Estimated scale of competitive advantage of ketchup

| Наименование показателя | Характеристика | Оценочный балл |
|----------------------------|--|----------------|
| Состав | Изготовлен из свежих томатов или концентрированных томатных продуктов с добавлением вкусовых веществ (пряностей, чеснока). Пастеризованный. Без консервантов, без красителей | 5 |
| | Изготовлен из свежих томатов или концентрированных томатных продуктов с добавлением вкусовых веществ. С применением консервантов, без красителей. С загустителями натурального происхождения | 4 |
| | Изготовлен из свежих томатов или концентрированных томатных продуктов с добавлением вкусовых веществ. С применением консервантов, стабилизаторов, модифицированных крахмалов | 3 |
| | Изготовлен из концентрированных томатных продуктов с добавлением вкусовых веществ. С применением консервантов, стабилизаторов, химических загустителей | 2 |
| | Изготовлен из концентрированных томатных продуктов с добавлением вкусовых веществ. С применением консервантов, стабилизаторов, пищевых кислот, ароматизаторов, красителей | 1 |
| Категория | Экстра | 5 |
| | Высшая | 4 |
| | Первая | 3 |
| | Вторая | 2 |
| Качество (уровень) | 0,90-1 | 5 |
| | 0,7-0,89 | 4 |
| | 0,5-0,69 | 3 |
| | 0,3-0,49 | 2 |
| | 0,1-0,39 | 1 |
| Известность торговой марки | Наиболее известна | 5 |
| | Известна | 4 |
| | Менее известна | 3 |
| | Практически неизвестна | 2 |
| | Неизвестна | 1 |

Окончание табл. 3

| Наименование показателя | Характеристика | Оценочный балл |
|-------------------------|--|----------------|
| Упаковка и маркировка | Упаковка герметично укупорена, удобная. Характеризуется большим разнообразием. Маркировка включает художественное оформление, текст на этикетке и условные обозначения, хорошую читаемость и красочность. Торговая марка хорошо обозрима | 5 |
| | Упаковка герметично укупорена, удобная. Характеризуется разнообразием. Маркировка включает художественное оформление, текст на этикетке и условные обозначения, хорошую читаемость. Недостаточно красочна в оформлении. Торговая марка хорошо обозрима | 4 |
| | Упаковка герметично укупорена, удобна в использовании. Маркировка включает художественное оформление, текст на этикетке и условные обозначения, хорошую читаемость. Недостаточно красочна в оформлении, плохо читаема | 3 |
| | Упаковка герметично укупорена, недостаточно удобна в использовании. Маркировка включает художественное оформление, текст на этикетке и условные обозначения, плохая читаемость. Недостаточно красочна в оформлении | 2 |
| | Упаковка недостаточно удобна в использовании. Не характеризуется разнообразием. Маркировка не включает в себя художественное оформление, плохо воспринимается | 1 |

Оценка исследуемых образцов кетчупов по суммарному значению конкурентных преимуществ с учетом коэффициентов весомостей показала, что наибольшее значение набрали кетчупы: категории экстра — «Чумак», высшей категории — «Камако», первой категории — «Heinz», второй категории — «ABC» (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Результаты оценки суммарного значения конкурентных преимуществ с учетом степени весомости

Table 4. The results of the assessment of the total value of competitive advantage, taking into account the degree of weight

| Наименование показателей | Со- став | Категория | Уро- вень качес- тва | Извес- тность товарного знака | Вид упаков- ки (дизайн, красочность, привлека- тельность) | Итого | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------------------|--|---|-------|-------------|
| Коэффициент весомости | 0,31 | 0,24 | 0,25 | 0,09 | 0,11 | 1 | |
| Товарные знаки кетчута | Щедро (экстра категория) | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,05 | 0,11 | 0,9 |
| | Чумак (экстра категория) | 0,31 | 0,24 | 0,25 | 0,09 | 0,11 | 1 |
| | Gusto (высшая категория) | 0,19 | 0,19 | 0,25 | 0,09 | 0,11 | 0,83 |
| | Золотая капля (высшая категория) | 0,25 | 0,19 | 0,2 | 0,07 | 0,11 | 0,82 |
| | «Mг. Ricco» (высшая категория) | 0,31 | 0,19 | 0,25 | 0,07 | 0,11 | 0,93 |
| | «Слобода» (высшая категория) | 0,31 | 0,19 | 0,25 | 0,07 | 0,11 | 0,93 |
| | «Камако» (высшая категория) | 0,31 | 0,19 | 0,25 | 0,09 | 0,11 | 0,95 |
| | Балтимор (первая категория) | 0,19 | 0,19 | 0,25 | 0,09 | 0,11 | 0,83 |
| | Моя домашняя кухня (первая категория) | 0,19 | 0,19 | 0,20 | 0,05 | 0,09 | 0,72 |
| | Помидюр (первая категория) | 0,19 | 0,19 | 0,20 | 0,07 | 0,11 | 0,76 |
| | Махеев (первая категория) | 0,19 | 0,19 | 0,20 | 0,07 | 0,11 | 0,76 |
| | Heinz (первая категория) | 0,31 | 0,19 | 0,20 | 0,09 | 0,11 | 0,9 |
| | ГmНерру (первая категория) | 0,19 | 0,19 | 0,20 | 0,05 | 0,11 | 0,74 |
| | ABC (вторая категория) | 0,19 | 0,14 | 0,15 | 0,09 | 0,09 | 0,66 |
| Синьор «Помидор» (вторая категория) | 0,19 | 0,14 | 0,15 | 0,05 | 0,9 | 0,62 | |

Наименее конкурентоспособными оказались кетчупы: категории экстра — «Щедро», высшей категории — «Золотая капля», первой категории — «Моя домашняя кухня», категории — «Синьор «Помидор». Кетчуп «Щедро» категории экстра не занял лидирующих позиций, т.к. в составе присутствует в качестве загустителя модифицированный крахмал, а также химический консервант —

сорбат калия. Невысокая оценка кетчупа «Золотая капля» объясняется наличием в составе крахмала и консерванта, а также низкой известностью товарного знака. В составе кетчупа «Моя домашняя кухня» присутствуют загустители и консерванты. Кроме этого, данный продукт упакован в ПЭТ пакет, который не очень удобно использовать потребителю в отличие от Дой-пака со штуцером, в которые упакованы практически все исследуемые образцы. Среди кетчупов второй категории в аут-сайдерах оказался кетчуп Синьор «Помидор», который помимо содержания загустителя и двух видов консерванта, малоизвестности товарного знака, упакован в ПЭТ бутылку объемом 800 мл, который мало популярен среди потребителей. Следует отметить, что в составе большинства исследуемых образцов кетчупа содержатся загустители и консерванты («Gusto», «Балтимор», «Моя домашняя кухня», «Помидюр», «Махеев», «Г'мНерру», «АВС», «Синьор «Помидор»), которые отсутствуют в эталоне («Чумак»). Кетчупы товарных знаков «Mr. Ricco», «Слобода», «Камако», «Heinz» можно назвать натуральными (без загустителей и крахмала).

Результаты расчета индекса экономических параметров представлен в табл. 5 (справочно: цена кетчупа за упаковку — это цена в розничной торговой сети, сложившаяся в августе 2020 года)

Т а б л и ц а 5. Результаты оценки индекса экономических параметров
Table 5. Economic Index Results

| Наименование | Масса | Цена за упаковку | Цена за 1000 г | Индекс экономических параметров |
|---------------------------------------|-------|------------------|----------------|---------------------------------|
| Щедро (категория экстра) | 300 | 1,09 | 3,6 | 0,73 |
| Чумак (категория экстра) | 270 | 1,35 | 5,0 | 1,00 |
| Gusto (высшая категория) | 300 | 1,09 | 3,6 | 0,57 |
| Золотая капля (высшая категория) | 250 | 1,78 | 7,1 | 1,11 |
| «Mr. Ricco» (высшая категория) | 350 | 2,72 | 7,8 | 1,21 |
| «Слобода» (высшая категория) | 300 | 1,69 | 5,6 | 0,88 |
| «Камако» (высшая категория) | 350 | 2,24 | 6,4 | 1,00 |
| Балтимор (высшая категория) | 260 | 2,34 | 9,0 | 0,87 |
| Моя домашняя кухня (первая категория) | 180 | 1,48 | 8,2 | 0,79 |
| Помидюр (первая категория) | 270 | 1,95 | 7,2 | 0,69 |
| Махеев (первая категория) | 300 | 1,65 | 5,5 | 0,53 |
| Heinz (первая категория) | 350 | 3,64 | 10,4 | 1,00 |
| Г'м Нерру (первая категория) | 250 | 1,05 | 4,2 | 0,40 |
| АВС (вторая категория) | 250 | 1,53 | 6,1 | 1,00 |
| Синьор «Помидор» (вторая категория) | 800 | 1,95 | 2,4 | 0,40 |

Расчет рейтинга конкурентоспособности кетчупов с учетом конкурентных преимуществ показал, что среди кетчупов категории «экстра» наиболее конкурентоспособным является кетчуп «Щедро» (табл. 6), так как данный кетчуп характеризуется средним уровнем качества и низкой ценой среди исследованных образцов. Среди кетчупов высшей категории лидером является кетчуп «Gusto». Несмотря на относительно невысокий индекс потребительских параметров, кетчуп характеризуется низким индексом экономических параметров (0,57). Кетчуп «Камако», который получил высокую отметку по потребительским параметрам в рейтинге занимает третье место. На 5 месте (заключительном) — кетчуп торговой марки «Золотая капля».

Т а б л и ц а 6. Рейтинг конкурентоспособности исследуемых образцов с учетом конкурентных преимуществ

Table 6. Competitiveness rating of the samples studied taking into account the competitive advantages

| Товарные знаки кетчупа | Индекс потребительских параметров | Индекс экономических параметров | Конкурентоспособность | Рейтинг |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------|
| Щедро (категория экстра) | 0,9 | 0,73 | 1,24 | 1 |
| Чумак (категория экстра) | 1 | 1,00 | 1,00 | 2 |
| Gusto (высшая категория) | 0,87 | 0,57 | 1,54 | 1 |
| Золотая капля (высшая категория) | 0,86 | 1,11 | 0,78 | 5 |
| «Mr. Ricco» (высшая категория) | 0,98 | 1,21 | 0,81 | 4 |
| «Слобода» (высшая категория) | 0,98 | 0,88 | 1,11 | 2 |
| «Камако» (высшая категория) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3 |

Окончание табл. 6

| Товарные знаки кетчупа | Индекс потребительских параметров | Индекс экономических параметров | Конкурентоспособность | Рейтинг |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------|
| Балтимор (первая категория) | 0,92 | 0,87 | 1,07 | 4 |
| Моя домашняя кухня (первая категория) | 0,80 | 0,79 | 1,01 | 5 |
| Помидор (первая категория) | 0,84 | 0,69 | 1,22 | 3 |
| Махеев (первая категория) | 0,84 | 0,53 | 1,60 | 2 |
| Heinz (первая категория) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 6 |
| Г'мНерру (первая категория) | 0,82 | 0,40 | 2,04 | 1 |
| ABC (вторая категория) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2 |
| Синьор «Помидор» (вторая категория) | 0,94 | 0,40 | 2,35 | 1 |

Анализ рейтинга кетчупов первой категории показал, что лидирующее положение занимает продукт товарного знака «Г'мНерру», т.к. индекс экономических параметров достаточно низкий (0,4). Под товарным знаком «Г'мНерру» ЗАО «Юнифуд» (торговая сеть «Алми») с 2016 года выпускается широкий ассортимент продовольственной и непродовольственной продукции, реализует которые по ценам ниже рыночных. На втором месте — кетчуп «Махеев», качественные характеристики которого находятся на достаточно высоком уровне при относительно невысокой цене. Кетчуп «Помидор» занимает третье место, качество которого оценено аналогично кетчупу «Махеев», но цена чуть выше. Кетчуп «Heinz» наименее конкурентоспособен среди кетчупов данной категории. Несмотря на высокую оценку потребительских параметров (1,0) данный продукт достаточно дорогой.

Кетчуп «Синьор «Помидор»» в рейтинге занимает 1 место среди кетчупов второй категории, так как цена значительно ниже кетчупа товарного знака «ABC».

Закключение. Таким образом, в результате проведенного исследования конкурентных преимуществ кетчупов представленных в торговой сети Беларуси с учетом индексов потребительских и экономических параметров определен рейтинг исследуемых образцов, который возглавляют: среди кетчупов категории «экстра» кетчуп товарного знака «Щедро», среди кетчупов высшей категории — кетчуп «Gusto», среди кетчупов первой категории — кетчуп «Г'мНерру», среди кетчупов второй категории — кетчуп «Синьор «Помидор»».

Список использованных источников

1. *Рощина, Е. В.* Конкурентные преимущества кетчупов, реализуемых на рынке Республики Беларусь / Е. В. Рощина, А. Е. Жидкова, Т. В. Васюта // Качество товаров: теория и практика: сб. докл. Междунар. науч.-прктич. конф. Витебск, 15–16 нояб. 2012 г. — Витебск, 2012. — С. 309.
2. *Фурс, И.Н.* Конкурентоспособность продовольственных товаров: учеб. пособие / И.Н. Фурс. — Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2004. — 346 с.
3. *Михарева, В.А.* Стратегический маркетинг: учеб.пособие /В.А. Михарева. —Минск: Изд-во Гревцова, 2009. — 208 с.
4. *Магомедов, Ш.Ш.* Конкурентоспособность товаров: учебное пособие / Ш.Ш. Магомедов. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2003. — 294 с.
5. *Агеева, Н.Г.* Справочник по конкуренции и конкурентоспособности / Н.Г. Агеева. — Курган,: Издательство «Курган», 2002. — 120 с.
6. *Воронов, А.А.* Конкуренция и конкурентоспособность: количественные методы оценки./ А.А. Воронов. — Краснодар: Куб. гос. ун-т, 2002. — 163 с.
7. *Звездова, А.Б.* Маркетинговые исследования и конкурентоспособность продукции: учеб. пособие для вузов / А.Б. Звездова, А.А. Радин. — СПб.: БГТУ «ВО-ЕНМЕХ», 2005. — 127 с.
8. *Гребнев, Е. Т.* Анализ конкурентоспособности продукции / Е. Т Гребнев, Д. Т. Новиков, А. Н. Захаров // Маркетинг в России и за рубежом.- 2002. — № 3 (29). — С. 136-141.
9. *Печенкин, А. Н.* Об оценке конкурентоспособности товаров и товаропроизводителей / А.Н. Печенкин, В.Н. Фомин // Маркетинг. — 2000. — № 2. С. 23-26.
10. *Рощина, Е. В.* Товарная экспертиза (в отрасли). Продовольственные товары : курс лекций для студентов специальности 1-25 01 09 «Товароведение и экспертиза товаров» специализации 1-25 01 09 01 «Товароведение и экспертиза продовольственных товаров» / Е. В. Рощина, Д. П. Лисовская. — Гомель : учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2011. — 172 с.
11. *Фатхутдинов, Р. А.* Конкурентоспособность / Р. А. Фатхутдинов. — М.: Маркетинг, 2002. — 250 с.

12. Акулич, И. Л. Маркетинг: учебник. / И. Л. Акулич. — Минск. : Выш. шк., 2000. — 447 с.
13. Кожекин, Г.Я. Маркетинг предприятия: учеб. пособие/ Г.Я. Кожекин, С.Г. Месербиева. — Минск: «Книжный дом», 2004. — 240 с.
14. Горбашко, Е.А. Менеджмент качества и конкурентоспособности: учеб. пособие./ Е.А. Горбашко. — СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 1998. — 207 с.
15. Рощина, Е.В., Конкурентоспособность и конкурентные преимущества пищевых продуктов / Е.В. Рощина, Л.В. Люговская //Техника и технология пищевых производств: сборник тезисов докладов XI Международной научно-технической конференции, 20-21 апреля 2017 г., Могилев / УО «Могилевский государственный университет продовольствия»; [под ред. А.В. Акулича]. — Могилев: МГУП, 2017. — С. 380.
16. Рощина, Е.В. Конкурентоспособность хлебобулочных изделий, вырабатываемых в Республике Беларусь/ Е.В. Рощина, В.А. Нестерова, В.В. Резакова // Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста: Сборник научных трудов I научно-практической конференции с международным участием / отв. редактор Бабин Ю.В.М.: ФГБОУ ВО «МГУПП», 2018.- С. 241-248.
17. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров, товарная экспертиза: пособие по выполнению курсовых работ для студентов / авт.—сост.: Е. В. Рощина, Д. П. Лисовская, Н. Т. Пехтерова. — Гомель: Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2012. — 100 с.
18. Рощина, Е.В. Научное обоснование актуальности разработки томатсодержащих консервов [Электронный ресурс] / Е. В. Рощина, Т. В. Васюта // Молодежь в науке и предпринимательстве: сборник научных статей VII международного форума молодых ученых : научное электронное текстовое издание / Белкоопсоюз, Белорусский торгово—экономический университет потребительской кооперации ; под науч. ред. А. П. Бобовича. — Гомель, 2018. — С. 285–288.
19. Рощина Е.В. Повышение качества кетчупов, вырабатываемых ЧУП «Молодечненский пищевой комбинат» / Е.В. Рощина, Т.В. Васюта, И.И. Паромчик // Пищевая промышленность: наука и технологии. — №3(21). — 2013. — С.25-29.
20. Рощина, Е.В. Научное обоснование повышения конкурентоспособности кетчупов / Е.В. Рощина, Ю.П. Кузнецова, Т.В. Васюта // Потребительская кооперация. — 2014. — №2(45). — С. 55-61.

References

1. Roshchina E. V., Zhidkova A. E., Vasyuta T. V. Competitive advantages of ketchups sold on the market of the Republic of Belarus. *Kachestvo tovarov: teoriya i praktika: sb. dokl. Mezhdunar. nauch.–praktich. konf.* [Quality of goods: theory and practice: collection of articles. report Int. scientific — praktich. conf.]. Vitebsk, 2012, pp. 309 (in Russian).
2. Furs I. N. *Competitiveness of food products: textbook. Allowance*. Minsk, ICC of the Ministry of Finance Publ., 2004. 346 p. (in Russian).
3. Mikhareva V.A. *Strategic marketing*. Minsk, Grevtsov Publ. House, 2009. 208 p. (in Russian).
4. Magomedov Sh.Sh. *Competitiveness of goods*. Moscow, Publishing and Trade Corporation «Dashkov and K », 2003. 294 p. (in Russian).
5. Ageeva N.G. *Competition and Competitiveness Handbook*. — Kurgan, Publ. house «Kurgan», 2002. 120 p. (in Russian).
6. Voronov A.A. *Competition and competitiveness: quantitative methods of assessment*. Krasnodar, Publ.Cub. state un-t, 2002. 163 p. (in Russian).
7. Zvezdova A.B., Radin A.A. *Marketing research and product competitiveness: textbook. manual for universities*. St. Petersburg, BSTU “VO-ENMEKH”, 2005. 127 p. (in Russian).
8. Grebnev E.T., Novikov D.T., Zakharov A.N. Analysis of the competitiveness of products. *Marketing v Rossii i za rubezhom* [Marketing in Russia and abroad], 2002, vol. 29, no. 3, pp. 136-141 (in Russian).
9. Pechenkin A.N, Fomin V.N. About the assessment of the competitiveness of goods and commodity producers. *Marketing* [Marketing], 2000, no. 2, pp. 23-26 (in Russian).
10. Roshchina E.V., Lisovskaya D.P. *Commodity examination (in the industry). Food products: a course of lectures for students of the specialty 1-25 01 09 “Commodity science and examination of goods”, specialization 1-25 01 09 01 “Commodity science and examination of food products”*. Gomel: educational institution «Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperatives», 2011. 172 p. (in Russian).
11. Fatkhutdinov R.A. *Competitiveness*. Moscow, Marketing, 2002. 250 p. (in Russian).
12. Akulich I.L. *Marketing: textbook*. Minsk, Vys. shk. Publ., 2000. 447 p. (in Russian).
13. Kozhekin G. Ya., Meserbiev S.G. *Enterprise marketing: textbook. manual*. Minsk: Book House Publ., 2004. 40 p. (in Russian).

14. Gorbashko E.A. *Quality and competitiveness management: textbook. manual*. St. Petersburg, Publishing house of SPbGUEF, 1998. 207 p. (in Russian).
15. Roshchina E.V., Lyugovskaya E.V. Competitiveness and competitive advantages of food products. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: sbornik tezisov dokladov XI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, 20–21 aprelya 2017 g., Mogilev* [Technique and technology of food production: collection of abstracts of the XI International Scientific and Technical Conference, April 20–21, 2017, Mogilev] / UO “Mogilev State University of Food”; [ed. A.V. Akulich] . Mogilev, publ. MGUP, 2017, p. 380 (in Russian).
16. Roshchina E.V., Nesterova V.A., Rezakova V.V. Competitiveness of bakery products produced in the Republic of Belarus. *Peredovyie pishchevyie tekhnologii: sostoyaniye, trendy, tochki rosta: Sbornik nauchnykh trudov I nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem* [Advanced food technologies: state, trends, growth points: Collection of scientific papers of the I scientific-practical conference with international participation]. Moscow, Publ. MGUPP, 2018, pp. 241–248 (in Russian).
17. *Commodity research and examination of food products, commodity examination: a manual for the implementation of term papers for students*. Gomel, Publ. educational institution «Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperatives», 2012, 100 p. (in Russian).
18. Roshchina E. V., Vasyuta T. V. Scientific substantiation of the relevance of the development of tomato-containing canned food. *Molodezh' v nauke i predprinimatel'stve: sbornik nauchnykh statey VII mezhdunarodnogo foruma molodykh uchenykh* [Youth in science and entrepreneurship: collection of scientific articles of the VII international forum of young scientists]. Gomel, 2018, pp. 285–288 (in Russian).
19. Roshchina E.V., Vasyuta T.V., Paromchik I.I. Improving the quality of ketchup produced by the private unitary enterprise «Molodechno food processing plant». *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii* [Food industry: science and technology], 2018, vol. 21, no. 3, pp. 25–29 (in Russian).
20. Roshchina E.V. Kuznetsova Yu.P., Vasyuta T.V. Scientific substantiation of increasing the competitiveness of ketchup. *Potrebitel'skaya kooperatsiya* [Consumer cooperation], 2014, vol. 45, no. 2, pp. 55–61 (in Russian).

Информация об авторах

Рощина Елена Васильевна — кандидат технических наук, заведующий кафедрой товароведения, учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» (проспект Октября, 50, 246029, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: ewas2005@rambler.ru

Васюта Татьяна Валерьевна — аспирант, учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» (проспект Октября, 50, 246029, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: tow2010@mail.ru

Information about authors

Roschinna Elena V. — Ph.D. (Engineering), Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation (50. Prospect October, 246029, Homel, Republic of Belarus). E-mail: ewas2005@rambler.ru

Vasyuta Tatiana V. — is a Ph.D student, Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation (50. Prospect October, 246029, Homel, Republic of Belarus). E-mail: tow2010@mail.ru

И. В. Подорожня¹, С. С. Ветохин²

¹ОАО «Приборостроительный завод Оптрон», г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БИОЙОГУРТОВ

Аннотация. Анализировались значения температуры замерзания, активной и титруемой кислотности, удельной электропроводности, доли свободной влаги, влажности и сухих обезжиренных веществ молока биойогуртов, широко представленных в торговой сети Минска. Исследованные физико-химические показатели йогуртов, обогащенных бифидобактериями, существенно отличаются от аналогичных показателей сырого коровьего молока. Все готовые кисломолочные пищевые продукты независимо от производителя, состава, в том числе стабилизационной системы и заквасочных культур микроорганизмов, в сравнении с сырым коровьим молоком обладали пониженными значениями температуры замерзания, рН, долей свободной влаги влажностью, и повышенными значениями титруемой кислотности, удельной электропроводностью и СОМО.

Обнаружен большой разброс исследуемых показателей продукции каждого производителя и между производителями. Йогурты с бифидобактериями, произведенные предприятиями Брестской области, обладали наиболее высокими значениями рН и СОМО и низкими значениями температуры замерзания и влажностью. Меньший по сравнению с другими продуктами разброс значений рассматриваемых физико-химических показателей свидетельствует о хорошо налаженном технологическом процессе производства биойогурта и прослеживаемости поставок сырья.

Определены границы доверительных интервалов полученных значений физико-химических показателей йогуртов, обогащенных бифидобактериями, как по отдельным производителям, так и совместно. Обнаружена весьма высокая связь между удельной электропроводностью и температурой замерзания некоторых изготовителей. Прослежена динамика изменений исследуемых показателей за последние годы.

Ключевые слова: йогурт, бифидобактерии, температура замерзания, кислотность, удельная электропроводность, влажность, СОМО

I. V. Podorozhniaya¹, S. S. Vetokhin²

¹Instrument-making Factory Optron, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

ANALYSIS OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF YOGHURT WITH *BIFIDOBACTERIUM* IN BELARUS

Abstract. The values of freezing point, titratable and active acidities, conductivity, water activity, humidity, nonfat milk solids the of samples of market bioyoghurt were analyzed. They significantly differ from the same row milk indicators. So, they demonstrated lower values of freezing point, active acidity, water activity, humidity, and increased values of titratable acidity and conductivity, and nonfat milk solids.

A large dispersion of the studied products' properties was found for each manufacturer production as well as between producers. Yoghurts with *Bifidobacterium* that were produced at the Brest region had the highest values of pH, nonfat milk solids and lowest values of freezing point and humidity. This fact evidences the manufacturer has a well-established technological process for the production of bioyogurt and traceability of raw milk supply.

The boundaries of the confidence intervals of physical and chemical properties both by individual manufacturers and jointly were determined. A close relationship between conductivity and freezing point in bioyoghurts of some manufacturers has been found. The dynamics of their changes in last years is traced.

Keywords: yoghurts, *Bifidobacterium*, freezing point, acidities, conductivity, humidity, nonfat milk solids

Введение. Йогурт, обогащенный бифидобактериями, производство которого ведется в хорошо управляемых условиях, обеспечивающих получение готового продукта с заданными вкусовыми свойствами и питательной ценностью, прочно вошел в число популярных товаров на белорусском рынке. Обогащение этого кисломолочного продукта живыми культурами бифидобактерий проводится в процессе ферментации и/или после нее, что повышает его пищевую и биологическую ценность. Приставка «био» в его наименовании оправдана отсутствием термической обработки готового продукта, что позволяет сохранить в нем активные полезные микроорганизмы [1–3].

Согласно [2–7], йогурт — кисломолочный продукт с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока, произведенный с использованием заквасочных микроорганизмов (термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской молочнокислой палочки).

Для придания продукту дополнительных вкуса, пищевой и биологической ценности для конечного потребителя в йогурты могут вноситься как вместе, так и по отдельности:

- ♦ пробиотические микроорганизмы — бифидобактерии (*Bifidobacterium*), молочнокислая ацидофильная палочка и/или другие пробиотические микроорганизмы;
- ♦ пищевые биологически активные вещества (витамины, витаминные комплексы (премиксы), макро- и микроэлементы, пищевые волокна, пребиотики);
- ♦ пищевкусовые компоненты (ароматизаторы, немолочные компоненты: сахар, фруктовые наполнители и т.п.) [1, 3].

При производстве йогуртов, в том числе обогащенных, без пищевкусовых компонентов, ароматизаторы, сахар и иные немолочные компоненты не используются [2–4].

Стабилизаторы используются для сохранения и улучшения структуры, консистенции, вязкости, внешнего вида и вкуса данного кисломолочного продукта. Количество и видов, в том числе и их смесей, применяемых стабилизаторов велико. Применяемая концентрация стабилизатора(ов) может ограничиваться законодательно, зависеть от количества сухих веществ в исходном сырье или самим изготовителем до появления нежелательного привкуса при добавлении слишком большого количества. Однако, как правило, она варьируется от 0,02 г пектинов на 100 г готового продукта и не превышает 2 г некоторых крахмальных составов на 100 г йогурта [1].

Согласно [8], молекулярная масса пектиновых веществ, группы высокомолекулярных полисахаридов, достигает 200000 и зависит от вида источника выделения, возраста растения, способа получения и т. д.

Галактоманнаны представляют собой гетерогликаны, содержащиеся в семенах стручковых растений и выполняющие функцию предотвращения обезвоживания семян. Коммерческие препараты растительных галактоманнанов получили название камеди. Наиболее распространенными в качестве пищевых добавок в этой группе являются галактоманнаны семян двух видов растений — гуара, произрастающего в Индии и Пакистане, и рожкового дерева, произрастающего на побережье Средиземного моря.

Эти камеди (E410 и E412) имеют сходное химическое строение и представляют собой нейтральные полисахариды [9].

Гуаровая камедь (гуар) — натуральный растительный нейтральный полисахарид галактоманнан ($C_6H_{10}O_5)_n$, пищевая добавка E412. Гуаровая камедь используется в том числе для загущения и стабилизации соусов, майонезов, кетчупов, мороженого в количестве до 1,0 %; может использоваться для сохранения свежести хлебобулочных изделий в количестве 0,2–0,5 % [10].

Если производство продукта вели без добавления стабилизатора, то готовый кисломолочный продукт представляет собой однородную в меру вязкую жидкость. При добавлении стабилизатора — желеобразную или кремообразную жидкость [3].

Определение в биоигуртах массовой доли белка, жира, сухих обезжиренных веществ молока (далее — СОМО), сахара, титруемой кислотности, температуры при выпуске с предприятия осуществляется в соответствии с требованиями стандартов на данную продукцию [2–5]. Как правило, результаты исследований иных физико-химических показателей биоигуртов, приводимые в литературных источниках, касаются влияния на них состава и /или заквасочных культур микроорганизмов [11–14].

Данные об иных физико-химических показателях биоигуртов в литературных источниках представлены недостаточно.

Цель данной работы — определить расширенный набор физико-химических показателей биоигуртов и установить их взаимосвязи.

В рамках поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- ♦ провести исследование температуры замерзания, титруемой и активной кислотностей, удельной электропроводности, показателя «активность воды», массовой доли влаги, СОМО;
- ♦ определить возможные взаимосвязи между исследованными показателями;
- ♦ рассмотреть изменения данных показателей в зависимости от даты изготовления кисломолочного обогащенного бифидобактериями продукта;

♦ сопоставить способы нахождения температуры замерзания по титруемой кислотности с полученными экспериментальными данными.

В качестве объектов исследования были выбраны йогурты с бифидобактериями без сахара жирностью от 1,5 % до 2,0 % четырех крупных отечественных производителей в потребительской таре от 120 до 450 г в розничной торговой сети г. Минска.

Условия сохранения соответствовали указанной на маркировке продукта: до вскрытия упаковки кисломолочные продукты хранили при температуре от плюс 2°С до плюс 6°С, а перед проведением эксперимента образцы прогревались до температуры не менее 14°С при комнатной температуре, за исключением определения влажности и содержания сухого вещества образца, где био йогурты помещались сразу после вскрытия потребительской тары.

Материалы и методы исследований. Температуру замерзания молочных продуктов определяли криоскопическим методом с помощью миллиосмометра-криоскопа термoeлектрического МТ-5-01 (Буревестник, СПб.). Удельную электропроводность измеряли настольным кондуктометром HI 2300 (HANNA Instruments, ФРГ) с автоматической температурной компенсацией (25°С). Активную кислотность молочных продуктов определяли рН-метром HI 221 (HANNA Instruments, ФРГ) или рН-метром милливольтметром рН-150М (РБ), а титруемую кислотность — по [15]. Измерения влажности и содержания сухого вещества образцов проводили ускоренным методом влагомером Radwag (Польша) с использованием высушенной фильтровальной бумаги. При этом был выбран стандартный профиль работы с температурой сушки 125°С и автоматическим выключением при падении скорости потери массы ниже 1 мг за 120 с.

Анализ доли свободной воды вели методом точки росы на охлаждаемом зеркале путем измерения показателя «активность воды» (a_w) прибором Roremeter RM-10 (NAGY Messsysteme GmbH, ФРГ). Данный экспресс-метод не позволяет проводить измерения непосредственно в жидких образцах и для измерения показателя «активность воды» в жидкостях ими пропитывают стандартную матрицу (инертный пористый наполнитель — целлит). В настоящее время имеется несколько видов целлита, производство которого является энергоемким процессом, что обуславливает его высокую стоимость. Для проведения многочисленных опытов требуется большое количество целлита. Поэтому нами в [16–19] рассмотрены и описаны возможные для применения в исследовательских целях высоковлажных продуктов различные наполнители. В частности, весьма удобной матрицей оказалась измельченная фильтровальная бумага, которая применялась нами и в настоящей работе. Измерения проводились при температуре окружающей среды (25 ± 1)°С, подготовленные образцы при которой выдерживались не менее 1 часа.

Массовую долю сухого обезжиренного вещества молока C_0 , % рассчитывали по следующей формуле:

$$C_0 = C - a, \quad (1)$$

где C — массовая доля сухого вещества, %; a — массовая доля жира, указанная на потребительской таре готового кисломолочного продукта, %.

Каждое измерение повторялось 3–5 раз. Результаты обрабатывались методами расчета статистической достоверности измерений с использованием программ Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Массовые доли жира, белка и углеводов, указанные производителем на маркировке потребительской тары готовых пищевых продуктов, приведены в табл. 1. Состав кисломолочного продукта, указанный на маркировке тары, сведен в табл. 2.

Т а б л и ц а 1. Некоторые сведения, содержащиеся в маркировке упакованных био йогуртов*
Table 1. Some information for consumer on packaged bioyoghurts*

| Отличительные признаки пищевой продукции | Номер производителя био йогурта | | | |
|---|---------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | I | II | III | IV |
| Место нахождения изготовителя пищевой продукции | Брестская область | Минская область | Могилевская область | Минская область |
| Массовая доля белка, % | 3,3 | 3,4 | 3,3 | 3,48 |
| Массовая доля жира, % | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Массовая доля углеводов, % | 5,2 | 5,0 | 4,4 | 5,57 |
| Энергетическая ценность, ккал | 52,0 | 50,0 | не менее 44,0 | 49,7 |
| Срок годности, суток | 30 | 30 | 20 | 20 |

*Примечание — по состоянию на 11.08.2020.

Нами не учитывались жирность, содержащиеся белок и стабилизаторы вследствие ничтожно малого влияния на измеряемые физико-химические показатели готовых кисломолочных обогащенных бифидобактериями продуктов [20–25].

Так, содержащиеся в стабилизаторе крахмалы являются высокомолекулярными соединениями и находятся в продуктах в коллоидном состоянии. Крахмалы и желатин практически не влияют на концентрацию токопроводящих ионов, по которым идет измерение величины удельной электропроводности.

Наши ранние исследования [16, 17] показали, что даже в высоких концентрациях крахмал различного происхождения не может оказать заметного влияния на «активность воды» в продукте. Установленная нами температура замерзания водных растворов 1% крахмала и 3% желатина составляют от минус 0,048°С до минус 0,037°С, что подтверждает слабое влияние этих веществ на криоскопические свойства образцов [26].

Предполагалось, что основное влияние на выбранные показатели будут оказывать содержащиеся в йогурте углеводы и соли, а также образующиеся в процессе ферментации и при последующем хранении кислоты.

Таблица 2. Состав биоийогуртов по производителям (по данным маркировки)
Table 2. Composition of bioyoghurts by manufacturers (according information for consumer)

| Номер производителя | Состав |
|---------------------|---|
| I | Изготовлен из молока нормализованного пастеризованного, сухого обезжиренного молока, стабилизационной системы (желатин, пищевые добавки: стабилизаторы — гуаровая камедь, дикрахмалоадипат ацетилованный) с использованием закваски, обогащенной бифидобактериями |
| II | Молоко нормализованное, сухое обезжиренное молоко, стабилизатор (ацетилованный дикрахмалоадипат, желатин, крахмал, пектин) с использованием бактериальной закваски с бифидобактериями |
| III | Молоко нормализованное пастеризованное, молоко сухое, стабилизатор (модифицированный крахмал Е 1422, желатин, гуаровая камедь), закваска для изготовления йогурта, бифидобактерии |
| IV | Молоко нормализованное пастеризованное, сухое обезжиренное молоко, комплексная пищевая добавка (стабилизаторы: дикрахмалофосфат оксипропилированный, желатин, гуаровая камедь, пектины), с использованием закваски обогащенной бифидобактериями |

Основными составляющими биоийогуртов, обыкновенно изготавливаемых на территории Республики Беларусь, являются молоко коровье нормализованное пастеризованное и сухое обезжиренное коровье молоко. Требования к применяемому сырью при изготовлении йогуртов содержится в пункте 5.3 СТБ 1552-2017 [3].

Некоторые требования, предъявляемые национальным стандартом к биоийогуртам приведены в табл. 3. Средние значения полученных результатов, а также разброс средних значений за все время исследований приведены в табл. 4 и 5.

Массовая доля белка неодинакова для кисломолочного продукта без пищевкусных добавок при различной жирности. Разброс значений массовой доли белка составляет не менее 3,5 % для обезжиренного кисломолочного продукта и не менее 3,2 % (до 01.10.2017 — не менее 2,8 %) в йогурте, в том числе обогащенного, жирностью 6,1–10,0 %. В промежуточных значениях жирности содержание белка не менее 3,3% [3, 4]. До введения в действие [4] содержание белка в йогуртах не нормировалось.

По результатам анализа информации, приведенной на маркировках готовых биоийогуртов, можно сделать вывод о соответствии по содержанию массовой доли белка предъявляемым [2–4] требованиям. Однако по данному показателю несколькими годами ранее наблюдались несоответствия у производителя II, что, вероятно, связано с ошибкой при оформлении этикетки.

Независимо от жирности продукта нормируемые значения содержания СОМО в обогащенных йогуртах без пищевкусных компонентов составляют не менее 9,5 % [2–5].

Согласно требованиям национального стандарта, диапазон допускаемых значений титруемой кислотности в йогуртах довольно широк: от 75еТ до 140еТ [2, 4]. Новым национальным стандартом [3] предусмотрена возможность выпускать продукт с титруемой кислотностью до 160еТ. Однако вкусовые предпочтения потребителей находятся заметно ниже верхнего предела [1].

Согласно [2–6], в готовом продукте также нормируется в конце его срока годности общее содержание заквасочных микроорганизмов, бифидобактерий и других пробиотических микроорганизмов.

Таблица 3. Некоторые требования, предъявляемые к биоюгуртам
Table 3. Some requirements for bioyoghurts

| Показатели | Продукт |
|-------------------------------------|--------------------------|
| | Биоюгурт согласно [3, 5] |
| Температура замерзания, °С | н/н |
| Титруемая кислотность, °Т | 75–160 |
| Удельная электропроводность, мСм/см | н/н |
| pH | н/н |
| a_w | н/н |
| Содержание влаги, % | н/н |
| СОМО, % | не менее 9,5 |

Примечание: н/н — не нормируется.

В промышленном процессе производства йогурта используются закваски с определенным набором молочнокислых бактерий. Выбор комбинаций заквасок, используемых при производстве йогурта осуществляется исходя из получения желаемых вкусовых характеристик продукта, накопления лактатов, ароматических соединений (ацетальдегида, ацетоина и диацетила) и экзополисахаридов (далее — ЭПС), а также стремления обеспечить потребителя широким выбором лечебных продуктов. Органолептические свойства продукта очень важны, и тщательный отбор различных штаммов может обеспечить получение самых разных сочетаний интенсивности оттенков вкуса и образования ЭПС.

Таблица 4. Средние значения физико-химических показателей биоюгуртов по производителям
Table 4. Average values of physical and chemical properties of bioyoghurts by manufacturers

| Показатель | Номер производителя биоюгурта | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | I | II | III | IV |
| Температура замерзания, °С | -0,905±0,009 | -0,795±0,009 | -0,805±0,010 | -0,810±0,010 |
| Титруемая кислотность, °Т | 107,4±5,1 | 103,5±5,7 | 103,9±6,5 | 111,8±4,0 |
| Удельная электропроводность, мСм/см | 7,30±0,17 | 6,96±0,15 | 6,99±0,18 | 7,54±0,15 |
| pH | 4,29±0,07 | 4,15±0,06 | 4,19±0,10 | 3,91±0,04 |
| a_w | 0,988±0,020 | 0,979±0,024 | 0,986±0,022 | 0,995±0,020 |
| Содержание влаги, % | 85,94±0,12 | 87,49±0,32 | 87,74±0,17 | 89,02±0,13 |
| СОМО, % | 12,06±0,11 | 11,01±0,31 | 10,54±0,29 | 9,48±0,13 |

В настоящее время идентифицировано 30 штаммов бифидобактерий, выделенных из различных источников; разработаны процессы культивирования микроорганизмов с использованием отобранных комбинаций заквасочных культур, которые можно четко контролировать. Для получения йогурта с выраженным ароматом и стабильной консистенцией сгустка важны процессы и катаболизма, и анаболизма, которые также играют определенную роль в образовании полисахаридов, влияющих на структуру продукта, и других веществ, полезных для здоровья [1].

Ранее нами было подтверждено, что применяемая закваска влияет и не только на вид получаемого продукта, но и на его характерные физико-химические свойства. Более подробно экспериментально полученные результаты рассмотрены в [27, 28].

Законодательством не предусмотрена обязанность производителей указывать в составе продукта штаммы каждого вида используемых заквасочных микроорганизмов.

Полученные данные показывают, что температура замерзания кисломолочных продуктов существенно ниже температуры замерзания сырого молока.

Величины температуры замерзания сырого молока (сборного, отдельных доек), приводимые в литературных источниках значительно колеблются от -0,560°С до -0,342°С [22]. Отечественными стандартами предусмотрено определение температуры замерзания только при закупках сырого молока, которая для молока любого сорта должна составлять не выше -0,520°С. Однако если отсутствуют условия для определения температуры замерзания сырого молока, то разрешено проводить определение показателя «плотность» [5, 29].

Проведенные нами исследования [27, 28] выявили значительное понижение температуры замерзания биохимически обработанного коровьего молока и особенно выраженным оно было у йогуртов, в том числе обогащенных бифидобактериями.

Таблица 5. Диапазон средних значений физико-химических показателей биоюгуртов по производителям
 Table 5. Range average values of physical and chemical properties of bioyoghurts by manufacturers

| Показатель | Номер производителя биоюгурта | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | I | II | III | IV |
| Температура заморозки, °С | -0,950...-0,845 | -0,892...-0,700 | -0,845...-0,740 | -0,851...-0,759 |
| Титруемая кислотность, °Т | 78,0...128,0 | 73,0...125,0 | 82,0...115,0 | 91,0...127,0 |
| Удельная электропроводность, мСм/см | 6,43...7,96 | 6,22...7,61 | 6,06...7,54 | 6,44...8,03 |
| pH | 4,02...4,52 | 3,99...4,57 | 3,90...4,57 | 3,79...4,03 |
| a_w | 0,968...1,000 | 0,877...1,000 | 0,938...1,000 | 0,972...1,000 |
| Содержание влаги, % | 85,38...86,73 | 86,22...89,27 | 87,04...88,07 | 88,30...89,44 |
| СОМО, % | 11,27...12,62 | 9,23...12,28 | 10,43...11,46 | 9,06...10,2 |

Очевидно помимо накопления молочной и других кислот, спиртов, диоксида углерода и т. д. в результате брожения оказывала влияние и высокая массовая доля СОМО йогуртов, которые должны по национальному стандарту составлять не менее 9,5 %, в то время как в большинстве случаев в сыром молоке массовая доля СОМО не менее 8,0 % и не является обязательно нормируемым и контролируемым показателем и устанавливается по усмотрению изготовителя [5].

Температура заморозки молока зависит только от концентрации истинно растворимых компонентов молока. Около 80 % снижения температуры заморозки обеспечиваются лактозой и ионами макроэлементов. Оставшаяся часть приходится на небелковые соединения, прежде всего карбамид, а также на свободные низкомолекулярные жирные кислоты и CO_2 . Оказывать влияние на величину данного показателя могут различные факторы, например, возраст, порода животного, рацион кормления, содержание, период лактации, состояние здоровья, время года, внесение посторонних добавок (воды, нейтрализующих веществ и др.), дегазация, термообработка и/или сквашивание сырого молока [22, 27, 28]. Причем разбавление молока водой приводит к повышению температуры заморозки, а скисание молока или добавление сухих веществ, наоборот, ее понижает. При биохимическом расщеплении одной молекулы лактозы образуется четыре молекулы молочной кислоты, что приводит к увеличению концентрации ионов в молоке и к значительному понижению температуры заморозки [20].

Подобные зависимости получены и для удельной электропроводности. Вероятно, в результате, полученные кондуктометрическим методом, вносят вклад побочные продукты брожения, образующие истинный раствор в продукте, и повышенное содержание сухих веществ в биоюгуртах из-за необходимости наличия в составе продукта сухого молока. Так, удельная электропроводность сырого коровьего молока, приведенная в литературных источниках, колеблется от 4,0 мСм/см до 6,0 мСм/см и обусловлена наличием и концентрацией диссоциированных солей в молоке, их подвижностью и взаимным влиянием.

Средние значения и разбросы средних значений титруемой кислотности йогуртов, обогащенных бифидобактериями, в целом соответствовали установленным [3] требованиям. Единоразы за все время проведения исследований, ориентировочно в середине срока годности, было получено значение титруемой кислотности 73°Т в готовом пищевом продукте производителя II.

Несмотря на то, что стандартами предусмотрено определение только титруемой кислотности йогуртов в книжных изданиях производителям чаще всего рекомендуется вести производственный контроль качества продукта по pH. Хотя по литературным данным нет прямой корреляции между титруемой кислотностью и величиной pH, а титриметрический метод определения кислотности считается достаточно субъективным, поскольку на визуальное определение окончания титрования могут повлиять расположение источника света и индивидуальное цветоощущение у людей. Объективные методы определения точки равновесия также дают достаточно высокую погрешность из-за обычно несимметричной пологой титриметрической кривой и высокой степени неопределенности критической точки [2–5, 20, 21]. Для сопоставления единиц титруемой кислотности и показаний pH для молока и основных кисломолочных продуктов имеются установленные Всероссийским научно-исследовательским институтом молочной промышленности и Всероссийским научно-исследовательским институтом маслоделия и сыроделия усредненные соотношения, из которых следует, что при титруемой кислотности сырого молока выше 18°Т, когда происходит образование молочной кислоты, pH понижается незначительно. Это объясняется наличием в молоке ряда буферных систем — белковой, фосфатной, цитратной, бикарбонатной и т. д. [22].

Хотя в такой буферной системе, как йогурт, отсутствует прямая корреляция между титруемой кислотностью и величиной рН, очень удобно определять рН электрометрическим способом. Установив единожды взаимосвязь между рН и желаемыми характеристиками того или иного типа йогурта, можно внедрить в обычную практику наблюдение (мониторинг) этой величины в ходе технологического процесса. Тем не менее, для более тщательного контроля кислотности готового продукта, рекомендуется проводить анализ на титруемую кислотность репрезентативного числа образцов охлажденного йогурта [1].

Среди факторов, влияющих на значение рН йогурта, можно выделить следующие:

- ♦ концентрирование молока;
- ♦ изменение температуры;
- ♦ биохимические преобразования компонентов молока.

Влияние кислотности на рН обусловлено не концентрацией компонентов молока с кислотными свойствами, а активностью водородных ионов. Поэтому концентрирование молока вызывает снижение рН.

При повышении температуры происходит увеличение диссоциации воды и протекание реакций в молоке: улетучивание CO_2 , выделение ионов водорода при снижении растворимости гидрофосфата кальция с образованием коллоидного фосфата кальция, приводящих к повышению и снижению рН соответственно в результате одновременного протекания данных реакций.

Особенно сильные изменения рН наблюдаются при биохимическом воздействии на молоко с образованием из одной молекулы лактозы четырех молекул молочной кислоты. При этом активная кислотность продукта может опуститься до 3,4 ед. Кроме консервирующих свойств выделившаяся молочная кислота обладает и буферными свойствами, препятствующие дальнейшему нарастанию кислотности [22].

Для защиты живых организмов от резких изменений рН, которые могут привести к их гибели или создать для них неблагоприятные условия, все биологические жидкости обладают буферными системами, способными поддерживать постоянную величину рН. Поэтому при внесении в сырое молоко нейтрализующих веществ в небольших количествах оно способно поддерживать некоторое время постоянную величину активной кислотности при медленном нарастании титруемой кислотности [20].

Белки молока обладают буферными свойствами благодаря карбоксильным и аминным группам. Накапливающаяся при скисании молочная кислот вступает в реакцию с аминными группами белков, а добавляемая щелочь — с карбоксильными. Диссоциация белков незначительна, поэтому концентрация ионов водорода остается неизменной, а титруемая кислотность повышается, т. к. при ее определении в реакцию со щелочью вступают активные и связанные ионы водорода. Изменение рН при накоплении молочной кислоты в молоке произойдет только тогда, когда будут использованы все аминные группы белков [20].

Буферные свойства фосфорнокислых солей проявляются постепенным переходом двузамещенных фосфатов в однозамещенные с ростом концентрации кислоты, а так как анион H_2PO_4^- слабо диссоциирует, то этот процесс практически не изменяет рН среды, хотя титруемая кислотность будет возрастать. И рН не будет повышаться до тех пор, пока двузамещенные фосфаты не перейдут в однозамещенные. Аналогичными буферными свойствами обладают бикарбонаты и цитраты молока [20].

Буферная способность характеризуется буферной емкостью — количеством 0,1 н раствора кислоты или щелочи, которое необходимо прибавить, чтобы изменить величину рН на единицу. Буферная емкость молока по кислоте при рН 4,5–5,5 составляет 2,34–2,70 мл, по щелочи — 1,2–1,4 мл, то есть по отношению к кислоте молоко обладает значительно большей буферной емкостью, чем по отношению к щелочи [20].

Биохимическая обработка молока приводит к уменьшению значений рН пищевого продукта вследствие накопления молочной и других кислот, спиртов и т. д. Полученные значения активной кислотности образцов отечественных йогуртов, в общем, согласовывались с приведенными в литературных источниках и полученными нами ранее [1, 11–14, 27, 28, 30].

Значения доли свободной влаги биойогуртов приближались к данным характерным для сырого коровьего молока [22]. Несмотря на повышенное содержание сухих веществ в биойогуртах, значение показателя «активность воды» было немного выше, чем указанное в литературных источниках [13]. Однако полученные результаты соотносились с [27, 28].

Влагосодержание образцов отечественных биойогуртов зависит от жирности конечного пищевого продукта и содержания СОМО, минимальные требования к которому определены техническими нормативными правовыми актами [2–5]. Полученные значения массовой доли влаги сопоставимы с [14, 27, 28].

В общем, средние значения и разбросы средних значений массовой доли сухих обезжиренных веществ молока соответствовали требованиям, за исключением нескольких случаев в готовых про-

дуктах производителей II и IV. Несоответствия у производителя II были обнаружены в выпущенных биоогуртах под заказ и новой под новой торговой марке. Таким образом, продукты данных производителей только появились на отечественном рынке. Очевидно пониженное содержание СОМО связано с применяемым сырьем. Стоит отметить, что вскоре эта проблема была устранена изготовителем IV и дальнейшие партии биоогуртов соответствовали требованиям национального стандарта. Однако данные обстоятельства повлияли на итоговое среднее значение СОМО производителя IV в меньшую сторону как и минимально зафиксированное значение данного показателя у производителя II.

По сравнению с образцами готовых пищевых продуктов других изготовителей биоогурты производителя I обладали примечательными результатами следующих показателей: активная кислотность, температура замерзания, влажности и СОМО. По консистенции продукт был намного гуще, чем у остальных производителей, что, очевидно, повлияло и на полученные результаты отдельных физических показателей. Исследования образцов данного изготовителя показали самые высокие средние значения рН и СОМО, низкие — значения температуры замерзания и влажности. При этом средние значения титруемой кислотности находились ближе к нижним средним значениям указанного показателя. Хотя разброс полученных средних значений титруемой кислотности за все время исследований стремился к наибольшему. Учитывая густую консистенцию, максимальное среднее значение СОМО и минимальное среднее значение температуры замерзания, можно сделать вывод о наличии в составе готового продукта большего количества сухого молока по сравнению с другими йогуртами, обогащенными бифидобактериями, иных отечественных производителей.

Биоогурты, изготовленные производителем IV, продемонстрировали ярко выраженные наибольшие за весь период исследований средние значения титруемой кислотности, удельной электропроводности, доли свободной влаги и влажности и наименьшие средние значения активной кислотности и СОМО. Причем полученные в результате таких исследований средние значения физико-химических показателей преимущественно находились в узком диапазоне.

В образцах готового пищевого продукта производителя II было установлено минимальное среднее значение титруемой кислотности, удельной электропроводности и показателя «активность воды», максимальные средние значения температуры замерзания и многочисленные случаи максимальных разбросов полученных средних результатов в период проведения исследований. Хотя диапазон средних значений удельной электропроводности оставался узким по сравнению с образцами других изготовителей.

Стоит отметить минимальный разброс средних значений титруемой кислотности, влажности и СОМО и максимальный интервал — среди разброса средних значений активной кислотности в биоогуртах производителя III.

Во всех остальных случаях средние значения полученных физико-химических показателей йогуртов, обогащенных бифидобактериями, показали промежуточные варианты. Вместе с тем, по отсутствию экстремальных разбросов значений рассматриваемых физико-химических показателей обогащенного пищевого продукта изготовителя I можно сделать вывод о хорошо налаженном технологическом процессе производства продукта, начиная от используемого молока-сырья и до выпуска готового биоогурта.

В целом, большой разброс значений исследуемых физико-химических показателей, обнаруженный для образцов разных производителей, очевидно, связан с составом и качеством применяемого сырья, заквасочных культур микроорганизмов, а также технологическими особенностями производства на предприятиях.

В большинстве случаев с учетом предела допустимой погрешности результатов измерений полученные значения физико-химических показателей пищевых продуктов находились в определенных интервалах, которые сведены в табл. 6.

Из табл. 6 видно, что по всем показателям получены узкие доверительные интервалы, следовательно, получены точные оценки вероятных значений для анализируемых физико-химических показателей.

Стоит отметить, что для каждого изготовителя кисломолочного пищевого продукта характерен собственный доверительный интервал по исследуемым физико-химическим показателям (табл. 7). Установленные доверительные интервалы по показателям каждого наименования пищевого продукта также находились в узком диапазоне, за исключением показателя «активность воды» биоогуртов производителей II и III. Очевидно в связи с налаживанием производственной линии, подбором сырья и иных составляющих это приводило к резким перепадам полученных средних значений данного показателя.

Следует подчеркнуть, что несмотря на разный состав применяемого молока-сырья, стабилизационных систем, заквасочных культур микроорганизмов, возможностей производственных линий и технологических приемов создания готового продукта, на каждом заводе наблюдаются подобные гра-

ницы доверительных интервалов по каждому из исследуемых физико-химических показателей. По-видимому, применение большего количества сухого молока при производстве готового пищевого продукта производителем I по сравнению с остальными изготовителями привело к ощутимым отличиям в температуре заморозки, влажности и СОМО.

Таблица 6. Установленные интервалы значений физико-химических показателей биоогуртов совместно по всем производителям

Table 6. Intervals of values of physical and chemical properties of biooghurts in total for all manufacturers

| Показатель | Фактические крайние средние значения по показателям | Границы доверительного интервала при уровне значимости 0,05 |
|-------------------------------------|---|---|
| Температура заморозки, °С | -0,950...-0,700 | -0,848...-0,835 |
| Титруемая кислотность, °Т | 73,0...128,0 | 105,6...110,9 |
| Удельная электропроводность, мСм/см | 6,06...8,03 | 7,14...7,30 |
| pH | 3,79...4,57 | 4,10...4,17 |
| a_w | 0,938...1,000 | 0,982...0,991 |
| Содержание влаги, % | 85,38...89,44 | 87,19...87,68 |
| СОМО, % | 9,06...12,62 | 10,66...11,09 |

Таблица 7. Установленные интервалы значений физико-химических показателей биоогуртов по каждому производителю в отдельности

Table 7. Intervals of values of physical and chemical properties of biooghurts for each manufacturers separately

| Показатель | Границы доверительного интервала по каждому производителю биоогурта при уровне значимости 0,05 | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | I | II | III | IV |
| Температура заморозки, °С | -0,908...-0,900 | -0,808...-0,784 | -0,808...-0,796 | -0,816...-0,804 |
| Титруемая кислотность, °Т | 104,4...114,2 | 94,2...108,8 | 98,0...109,0 | 107,9...115,6 |
| Удельная электропроводность, мСм/см | 7,17...7,47 | 6,83...7,10 | 6,82...7,13 | 7,41...7,66 |
| pH | 4,25...4,35 | 4,10...4,20 | 4,11...4,28 | 3,88...3,93 |
| a_w | 0,984...0,992 | 0,965...0,993 | 0,977...0,994 | 0,991...0,999 |
| Содержание влаги, % | 85,84...86,04 | 87,19...87,79 | 87,57...87,90 | 88,90...89,14 |
| СОМО, % | 11,96...12,16 | 10,71...11,31 | 10,26...10,81 | 9,36...9,60 |

Для определения возможных взаимосвязей между исследованными показателями нами проведен соответствующий поиск как для каждого производителя биоогуртов в отдельности, так и по всем изготовителям совместно. Кроме того, проведены дополнительные исследования влияния даты изготовления на значения некоторых физико-химических показателей всех производителей одновременно и по отдельности.

Нахождение зависимостей осуществлялось до получения максимальных значений величины достоверности аппроксимации по следующим видам зависимостей: линейной, экспоненциальной, логарифмической, степенной и полиномиальной.

Наилучшие результаты проанализированных зависимостей, где величина достоверности аппроксимации была больше 0,75, с соответствующими функциями, а также обнаруженные зависимости (при условии, что хотя бы $R^2 > 0,5$), характерные для биоогуртов всех производителей вместе взятых, отражены в табл. 8.

Значения величины достоверности аппроксимации больше 0,5 были выбраны с целью поиска всех приемлемых моделей и истолкования качественной характеристики силы связи при использовании шкалы Чеддока как «высокая» и «весьма высокая».

Рассмотренные физико-химические показатели биоогуртов, изготовленных в разные периоды времени, изменялись не равномерно. Приблизительно в 2015 году были достигнуты минимальные значения титруемой кислотности образцов кисломолочного продукта. Доля свободной влаги готовых кисломолочных обогащенных пищевых продуктов чаще всего находилась ближе к максимальным значениям, но в последнее время показатель «активность воды» стремится к минимальным значе-

ниям за весь период наблюдений. В целом, наблюдались широкий диапазон значений температуры замерзания, влажности, СОМО и узкий диапазон значений удельной электропроводности, рН йогуртов, обогащенных бифидобактериями в рассмотренном периоде.

Не обнаружено изменений используемых показателей в процессе хранения образцов в закрытой потребительской таре (в пределах срока годности), что показывает на прекращение ферментной активности после упаковки. Очевидно, в продуктах, несмотря на отсутствие термообработки, содержалось крайне мало микроорганизмов, способных привести к его порче, а степень ферментации оказалась достаточно высокой, чтобы прекратить дальнейшее образование молочной и др. кислот.

Из табл. 8 видно, что на производство кисломолочного продукта с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока и обогащенного бифидобактериями влияло множество различных факторов. Причем даже анализ как двух биойогуртов определенного изготовителя одной партии, так и с разницей в 10 дней могли приводить к широкому несопоставимому разбросу отдельных полученных результатов испытаний.

Таблица 8. Уравнения выявленных зависимостей
Table 8. Dependency equations

| Номер производителя биойогурта | Вид зависимости | Вид уравнения | R ² |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|----------------|
| III | Удельная электропроводность от температуры замерзания | $y = 0,0147x^2 - 0,2646x + 0,32$ | 0,828 |
| II | Удельная электропроводность от титруемой кислотности | $y = 26,316x - 79,371$ | 0,525 |
| III | Влажность от температуры замерзания | $y = 0,114x^2 - 19,909x + 868,11$ | 0,546 |
| IV | Влажность от удельной электропроводности | $y = -1,8952x^2 + 337,67x - 15033$ | 0,585 |
| I | Влажность от рН | $y = 0,5298x^2 - 91,449x + 3950,7$ | 0,606 |
| II | Влажность от рН | $y = 0,1509x^2 - 26,443x + 1162,1$ | 0,697 |
| III | Влажность от рН | $y = -2,1247x^2 + 372,22x - 16297$ | 0,506 |
| III | Влажность от показателя «активность воды» | $y = -0,1338x^2 + 23,419x - 1023,5$ | 0,604 |
| III | СОМО от титруемой кислотности | $y = 23,296x^2 - 486,49x + 2632,6$ | 0,517 |
| IV | СОМО от удельной электропроводности | $y = -1,8952x^2 + 35,69x - 160,3$ | 0,585 |
| I | СОМО от рН | $y = 0,5298x^2 - 12,385x + 76,499$ | 0,606 |
| II | СОМО от рН | $y = 0,1509x^2 - 3,2932x + 22,007$ | 0,697 |
| III | СОМО от рН | $y = -2,1247x^2 + 46,355x - 248,36$ | 0,506 |
| III | СОМО от показателя «активность воды» | $y = -0,1338x^2 + 2,9471x - 15,215$ | 0,604 |
| I, II, III, IV | Влажность от температуры замерзания | $y = -0,0146x^2 + 2,5824x - 115,29$ | 0,633 |
| I, II, III, IV | СОМО от температуры замерзания | $y = -0,0203x^2 + 0,4005x - 2,7608$ | 0,556 |

Учитывая, что образцы обогащенных йогуртов производителя III показали один вид зависимости и величину достоверности аппроксимации от 0,506 до 0,604 семь раз можно сделать вывод об улучшении в последние годы качественного состава сырьевой базы предприятия.

В последние годы изготовители биойогуртов стремятся сделать продукт более привлекательным для потребителя путем повышения содержания сухих обезжиренных веществ молока для придания продукту густой консистенции. Из табл. 8 видно, что данное обстоятельство нелинейно отражается и на температуре замерзания образцов.

По титруемой кислотности можно рассчитать приблизительное количество образовавшейся молочной кислоты в йогуртах [22], которая формирует белковый сгусток и придает кисломолочным продуктам приятный вкус. Согласно литературным данным существуют следующие способы приблизительной оценки массовой доли молочной кислоты в готовом кисломолочном продукте [1, 22]:

- ♦ 1°Т соответствует 0,009 г молочной кислоты в 100 см³ продукта,
- ♦ от конечного значения титруемой кислотности следует отнять 17,5°Т и полученную разницу, которая обусловлена молочной кислотой образовавшейся в процессе сквашивания, умножают на

0,009 и получают массу молочной кислоты в 100 см³ продукта. При делении на значение плотности получают массовую долю молочной кислоты в продукте.

Кроме того, в [1] предложена таблица, которая отражает прямую зависимость между титруемой кислотностью и процентным содержанием молочной кислоты: 1°Т соответствует 0,0090% молочной кислоты.

В [31, 32] описан способ нахождения температуры замерзания по молочной кислоте в процессе скисания сырого молока. Данный способ применялся для оценки качества исходного сырого молока и для учета этого обстоятельства при проведении процессов, связанных с длительной выдержкой молока. Для нахождения температуры замерзания по молочной кислоте в процессе скисания сырого молока рекомендуется на каждый градус Тернера свыше 17,5°Т, что принято за нормальную кислотность для сырого молока, полученную первоначальную величину температуры замерзания повышать на 0,0025°С. Величина рассчитанной температуры замерзания биоигуртов таким способом будет стремиться к нулю, что совершенно противоречит [20, 22, 27, 28]. Справочные данные о понижении температуры замерзания веществ хорошо представлены для водных растворов хлоридов калия и натрия, некоторых других неорганических и органических веществ. Однако в литературных источниках отсутствует информация о понижении температуры замерзания молочной кислоты [33].

Не обнаружена зависимость значений температуры замерзания от массовой доли молочной кислоты в кисломолочных продуктах, описанная в литературных источниках [1, 31, 32]. Расчетные значения и результаты прямых измерений в нашем случае демонстрировали различия до 0,3°С, что представлялось не приемлемым. Вероятно, достаточно убедительная модель связи физико-химических характеристик таких сложных продуктов требует учета дополнительных факторов, а результаты, подобные полученным в работах [31, 32] или нами (табл. 8), можно использовать лишь для ограниченного класса объектов (продуктов, предприятий и иных условий). Скорее всего, такая модель будет представлять собой семейство параметрических линий или, по меньшей мере, функцию с двумя или тремя аргументами.

Экспериментально нами было получено иное значение понижения температуры замерзания при увеличении титруемой кислотности на каждый градус Тернера свыше 17,5°Т, что принято за нормальную кислотность для сырого молока, которое составило 0,0023°С, а увеличение доли сухих обезжиренных веществ молока на каждый грамм свыше 8,5 г, принятое за СОМО сборного молока, приводит к понижению температуры замерзания на 0,0531°С. При таком способе расчета удалось добиться разницы между экспериментально полученными значениями температуры замерзания биоигуртов и рассчитанными до 0,15°С. Тем не менее нами и в дальнейшем будут проводиться работы по улучшению данного результата.

Заключение. Нормируемые физико-химические показатели исследованных образцов биоигуртов четырех производителей находятся в пределах существующих требований, в том числе в процессе хранения в закрытой потребительской таре в течение всего срока годности при значительном их разбросе для различных предприятий. Остальные ненормируемые показатели согласовывались с полученными нами ранее данными и литературными источниками.

Как правило, зависимость между измеренными значениями разных показателей отсутствует. Однако, каждым изготовителем при неизменности технологического процесса изготовления продукции, рецептуры и видового состава заквасочных культур микроорганизмов возможно установления единожды взаимосвязи между желаемыми характеристиками того или иного показателя биоигурта, а также внедрения в повседневную практику мониторинга этой величины в ходе технологического процесса.

Способы расчета молочной кислоты по титруемой кислотности и по ней температуры замерзания плохо отражают полученные экспериментальные данные и требуют дальнейшего поиска влияющих факторов.

Список использованных источников

1. Тамим, А. Й. Йогурт и другие кисломолочные продукты: научные основы и технологии / А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон; пер. с англ. под науч. ред. Л. А. Забодаловой. — СПб.: Профессия, 2003. — 664 с.
2. Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия: СТБ 1552-2005 (ГОСТ Р 51331-99). — Введ. 01.01.2006 (введен впервые). — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2005. — 55 с.
3. Йогурты. Общие технические условия: СТБ 1552-2017. — Введ. 01.10.2017 (взамен СТБ 1552-2012). — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. — 27 с.

4. Йогурты. Общие технические условия: СТБ 1552-2012. — Введ. 01.07.2012 (взамен СТБ 1552-2005 (ГОСТ Р 51331-99)). — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. — 28 с.
5. О безопасности молока и молочной продукции: ТР ТС 033/2013. — Введ. 01.05.2014 (введен впервые). — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. — 108 с.
6. Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения: СТБ 1744-2007. — Введ. 01.10.2007 (введен впервые с отменой на территории РБ ГОСТ 17164-71 в части применения терминов 1-70). — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. — 16 с.
7. Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения: СТБ 2530-2018. — Введ. 01.02.2019 (взамен СТБ 1744-2007, СТБ 1748-2007). — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. — 31 с.
8. Пищевые волокна / М.С. Дудкин [и др.]. — Киев: Урожай, 1988. — С. 33–35.
9. Шейфель, О. А. Пищевые добавки, используемые в молочной промышленности: конспект лекций / О. А. Шейфель. — Кемерово: КемТИПП, 2005. — С. 32–39.
10. Атлас. Морфология крахмала и крахмалопродуктов / В. В. Литвяк [и др.]. — Минск: Беларус. навука, 2013. — С. 12–13.
11. *Tomovska, J.* Examination of pH, Titratable Acidity and Antioxidant Activity in Fermented Milk / *J. Tomovska, N. Gjorgievski, B. Makarijoski* // *J. of Materials Science and Engineering A* 6. — 2016. — № 11-12. — P. 326–333. DOI: 10.17265/2161-6213/2016.11-12.006.
12. *Soukoulis, C.* Industrial Yogurt Manufacture: Monitoring of Fermentation Process and Improvement of Final Product Quality / *C. Soukoulis, P. Panagiotidis, R. Koureli, C. Tzia* // *J. Dairy Sci.* — 2007. — Vol. 90, № 6. — P. 2641–2654. DOI: 10.3168/jds.2006-802.
13. *Brodziak, A.* Changes in the Physicochemical Parameters of Yoghurts with Added Whey Protein in Relation to the Starter Bacteria Strains and Storage Time / *A. Brodziak, J. Król, J. Barłowska, A. Teter, M. Florek* // *J. Animals.* — 2020. — Vol. 10. — P. 1350–1370. DOI: 10.3390/ani10081350.
14. *Ferro, J. L.* Chemical and Microbiological Quality Evaluation of Yoghurt Produced and Marketed in Chimoio, Mozambique / *J. L. Ferro, G. M. Pitrosse* // *Food Nutr. J.* — 2018. — Vol. 3, iss. 01. — P. 163–167. DOI: 10.29011/2575-7091.100063.
15. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности: ГОСТ 3624-92. — Введ. 01.01.94 (взамен ГОСТ 3624-67). — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. — 12 с.
16. Изучение активности воды в жирных молочных продуктах: отчет о НИР (заключ.) / Белорус. гос. технол. университет; рук. С. С. Ветохин; исполн.: А. А. Галиновский [и др.]. — Минск, 2010. — 69 с. — № ГР 20091078.
17. *Ветохин, С. С.* Определение активности воды молочных продуктов / *С. С. Ветохин, И. В. Подорожная, И. В. Ненартович* // *Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология.* — 2012. — Вып. XX. — С. 25–28.
18. Изучение влияния условий измерений на величину активности воды / *С. С. Ветохин [и др.]* // *Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология.* — 2010. — Вып. XVIII. — С. 248–251.
19. *Ветохин, С. С.* Инертные наполнители при измерении активности воды / *С. С. Ветохин, И. В. Подорожная, И. В. Ненартович* // *Труды БГТУ.* — 2013. — №4 (160): *Химия, технология орган. в-в и биотехнология.* — С.72–74.
20. *Твердохлеб, Г. В.* Химия и физика молока и молочных продуктов / *Г. В. Твердохлеб, Р. И. Рама-наускас.* — М.: ДеЛи принт, 2006. — С. 139–242.
21. *Богатова, О. В.* Химия и физика молока: учеб. пособие / *О. В. Богатова, Н. Г. Догарева.* — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. — С. 65–72.
22. *Тёпел, А.* Химия и физика молока / *А. Тёпел*; пер. с нем. под ред. канд. техн. наук, доц. *С. А. Фильчаковой.* — СПб.: Профессия, 2012. — 832 с.
23. *Вождаева, Л. И.* Общая технология молочной отрасли: учеб. пособие / *Л. И. Вождаева, Т. В. Котова.* — Кемерово: КемТИПП, 2006. — С. 21–23.
24. *Горбатова, К. К.* Химия и физика молока: учебник для вузов / *К. К. Горбатова.* — СПб.: ГИОРД, 2004. — С. 170–182.
25. *Горбатова, К. К.* Химия и физика молока и молочных продуктов / *К. К. Горбатова, П. И. Гунькова*; под общ. ред. *К. К. Горбатовой.* — СПб.: ГИОРД, 2012. — С. 94–130.
26. *Подорожная, И. В.* Изучение зависимости точки замерзания молочных продуктов от состава: дис. ... маг. техн. наук: 1-38 80 06 / *И. В. Подорожная.* — Минск, 2010. — С.47–48.
27. *Ветохин, С. С.* Анализ биохимически обработанного молока экспресс-методами / *С. С. Ветохин, И. В. Подорожная* // *Качество продукции, технологий и образования: материалы VIII-й Международ. науч.-практич. конф., Магнитогорск, 23 апреля 2013 г. / Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова; редкол.: Н. И. Барышникова [и др.].* — Магнитогорск, 2013. — С. 40–44.
28. *Podorozhnyaya, I. V.* Investigation of Freezing Point of Some Belarussian Dairy Products / *I. V. Podorozhnyaya, S. S. Vetokhin* // *Industrial Technology and Engineering J.* — 2015. — №4 (17). — P. 86–90.

29. Молоко коровье сырое. Технические условия: СТБ 1598-2006. — Введ. 01.08.2006 (введен впервые с отменой на территории РБ ГОСТ 13264-88). — Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. — 18 с.
30. Обер, С. Создание идеального резервуарного йогурта — однородного и сливочного / С. Обер, В. Маяускайте // Молочная промышленность. — 2015. — № 7. — С. 16–17.
31. Строкач, Д. А. Исследование и разработка технологий молочных продуктов с регулируемым углеводным составом : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Д. А. Строкач. — СПб., 2004. — 113 л.
32. Арсеньева, Т. П. Развитие теоретических основ и разработка технологий низколактозных молочных продуктов с регулируемым жирнокислотным составом : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 / Т. П. Арсеньева. — СПб, 2008. — 456 л.
33. Новый справочник химика и технолога. Химическое равновесие. Свойства растворов: справочное издание / А. В. Зинченко [и др.]. — СПб. : АНО НПО «Профессионал», 2004. — С 382–396.

References

1. Tamim A. J., Robinson R. K. Jogurt i drugie kislomolochnye produkty: nauchnye osnovy i tekhnologii [Yoghurt. Science and Technology]. St. Petersburg, Professija Publ., 2003. 664 p. (in Russian).
2. STB 1552-2005 (GOST R 51331-99). Produkty molochnye. Jogurty. Obshchie tekhnicheskie usloviya [State Standard 1552-2005 (Russian State Standard 51331-99). Yoghurts. General Specifications]. Minsk, Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification Publ., 2005. 55 p. (in Russian).
3. STB 1552-2017. Jogurty. Obshchie tekhnicheskie usloviya [State Standard 1552-2017. Yoghurts. General Specifications]. Minsk, Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification Publ., 2017. 27 p. (in Russian).
4. STB 1552-2012. Jogurty. Obshchie tekhnicheskie usloviya [State Standard 1552-2012. Yoghurts. General Specifications]. Minsk, Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification Publ., 2012. 28 p. (in Russian).
5. TR TS 033/2013. O bezopasnosti moloka i molochnoj produkcii [Technical Regulation of the Customs Union 033/2013. On Safety of Milk and Dairy Products]. Minsk, Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification Publ., 2013. 108 p. (in Russian).
6. STB 1744-2007. Moloko i produkty pererabotki moloka. Terminy i opredeleniya [State Standard 1744-2007. Milk and Products of Milk Processing. Terms and Definitions]. Minsk, Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification Publ., 2007. 16 p. (in Russian).
7. STB 2530-2018. Moloko i produkty pererabotki moloka. Terminy i opredeleniya [State Standard 2530-2018. Milk and Products of Milk Processing. Terms and Definitions]. Minsk, Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification Publ., 2018. 31 p. (in Russian).
8. Dudkin M. S. Pishchevye volokna [Food fibers]. Kiev, Urozhaj Publ., 1988. Pp. 33–35. (in Russian).
9. Shejfel O. A. Pishchevye dobavki, ispol'zuemye v molochnoj promyshlennosti [Food Additives in Dairy Industry]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2005. Pp. 32–39. (in Russian).
10. Litvyak V. V. Atlas. Morfologiya krahmala i krahmaloproduktov [Atlas. Morphology of starch and starch products]. Minsk, Belarus. Navuka Publ., 2013. Pp. 12–13. (in Russian).
11. Tomovska J., Gjorgievski N., Makarijoski B. Examination of pH, Titratable Acidity and Antioxidant Activity in Fermented Milk. J. of Materials Science and Engineering A 6, 2016, № 11-12, pp. 326–333.
12. Soukoulis C., Panagiotidis P., Koureli R., Tzia C. Industrial Yogurt Manufacture: Monitoring of Fermentation Process and Improvement of Final Product Quality. J. Dairy Sci., 2007, Vol. 90, № 6, pp. 2641–2654.
13. Brodziak A., Król J., Barłowska J., Teter A., Florek M. Changes in the Physicochemical Parameters of Yoghurts with Added Whey Protein in Relation to the Starter Bacteria Strains and Storage Time. J. Animals, 2020, Vol. 10, pp. 1350–1370.
14. Ferro J. L., Pitrosse G. M. Chemical and Microbiological Quality Evaluation of Yoghurt Produced and Marketed in Chimoio, Mozambique, Food Nutr. J., 2018, Vol. 3, iss. 01, pp. 163–167.
15. GOST 3624-92. Moloko i molochnye produkty. Titrimetricheskie metody opredeleniya kislotnosti [State Standard 3624-92. Milk and milk products. Titrimetric methods of acidity determination]. Minsk, Belarusian Gos. Institute of Standardization and Certification Publ., 2007. 12 p. (in Russian).
16. Vetokhin S. S., Nenartovich I. V., Galinovskij A. A., Podorozhniaya I. V. Izuchenie aktivnosti vody v zhirnyh molochnyh produktah : otchet o NIR (zaklyuch.) [Study of water activity in fatty dairy products: research report (conclusion)]. Minsk, 2010, 69 p., № GR 20091078. (in Russian).
17. Vetokhin S. S., Podorozhniaya I. V., Nenartovich I. V. Opredelenie aktivnosti vody molochnyh produktov [Determination of the water activity of dairy products]. Trudy BGTU = Proceedings of BSTU, 2012, ed. XX, pp. 25–28. (in Russian).
18. Vetokhin S. S., Nenartovich I. V., Galinovskij A. A., Podorozhnyaya I. V., Lepekho D. N. Izuchenie vliyaniya uslovij izmerenij na velichinu aktivnosti vody [Study of the influence of measurement conditions

- on the value of water activity*]. Trudy BGTU = Proceedings of BSTU, 2010, ed. XVIII, pp. 248–251. (in Russian).
19. Vektohin S. S., Podorozhniaya I. V., Nenartovich I. V. Inertnye napolniteli pri izmerenii aktivnosti vody [*Inert fillers for measuring water activity*]. Trudy BGTU = Proceedings of BSTU, 2013, № 4 (160), pp. 72–74. (in Russian).
 20. Tverdohleb G. V., Ramanauskas R. I. Himiya i fizika moloka i molochnyh produktov [*Chemistry and Physics of Milk and Dairy Products*]. Moscow, DeLi Print Publ., 2006. pp. 139–265. (in Russian).
 21. Bogatova O. V., Dogareva N. G. Himiya i fizika moloka [*Chemistry and Physics of Milk*]. Orenburg, GOU OGU Publ., 2004. pp. 65–71. (in Russian).
 22. Tyopel A. Himiya i fizika moloka [*Chemistry and Physics of Milk*]. St. Petersburg, Professija Publ., 2012. 832 p. (in Russian).
 23. Vozhdaeva L. I., Kotova T. V. Obshchaya tekhnologiya molochnoj otrasli [*General technology of the dairy industry*]. Kemerovo, KemIFST Publ., 2006. pp. 21–23. (in Russian).
 24. Gorbatova K. K. Himiya i fizika moloka [*Chemistry and Physics of Milk*]. St. Petersburg, GIOR Publ., 2004. pp. 170–182. (in Russian).
 25. Gorbatova K. K. Himiya i fizika moloka i molochnyh produktov [*Chemistry and Physics of Milk and Dairy Products*]. St. Petersburg, GIOR Publ., 2012. pp. 94–130. (in Russian).
 26. Podorozhnyaya I. V. Izuchenie zavisimosti tochki zamerzaniya molochnyh produktov ot sostava. Diss. master tekhn. nauk [*Study of the dependence of the freezing point of dairy products on the composition. Master engineering sci. diss.*]. Minsk, 2010, pp. 47–48. (in Russian).
 27. Vetokhin S. S., Podorozhniaya I. V. Analiz biohimicheski obrabotannogo moloka ekspress-metodami [*Analysis of biochemically processed milk by express methods*]. Materialy VIII-j Mezhdunarod. nauch.-praktich. konf. «Kachestvo produkcii, tekhnologij i obrazovaniya» [*Materials of the VIII-th International Scientific and Practical Conf. «Quality of products, technologies and education»*]. Magnitogorsk, 2013, pp. 40–44. (in Russian).
 28. Podorozhnyaya I. V., Vetokhin S. S. Investigation of Freezing Point of Some Belarussian Dairy Products. *Industrial Technology and Engineering J.*, 2015, № 4 (17), pp. 86–90.
 29. STB 1598-2006. Moloko korov'e syroe. Tekhnicheskie usloviya [*State Standard 1598-2006. Raw cow's milk. Specifications*]. Minsk, Belarussian Gos. Institute of Standardization and Certification Publ., 2015. 18 p. (in Russian).
 30. Ober S., Mayauskajte V. Sozdanie ideal'nogo rezervuarnogo jogurta — odnorodnogo i slivochnogo [*Creation of an ideal tank yoghurt — homogeneous and creamy*]. *Molochnaya promyshlennost' = Dairy Industry*, 2015, № 7, pp. 16–17. (in Russian).
 31. Stokach D. A. Issledovanie i razrabotka tekhnologij molochnyh produktov s reguliruемым uglevodnym sostavom. Diss. kand. techn. nauk [*Research and development of technologies for dairy products with controlled carbohydrate composition. PhD engineering sci. diss.*]. St. Petersburg, 2004. 113 p. (in Russian).
 32. Arsen'eva T. P. Razvitie teoreticheskikh osnov i razrabotka tekhnologij nizkolaktoznyh molochnyh produktov s reguliruемым zhirnokislotsnym sostavom. Diss. dokt. techn. nauk [*Development of theoretical foundations and development of technologies for low-lactose dairy products with controlled fatty acid composition. Dr. engineering sci. diss.*]. St. Petersburg, 2008. 456 p. (in Russian).
 33. Zinchenko A. V. Novyj spravochnik himika i tekhnologa. Himicheskoe ravновесие. Svoystva rastvorov [*New handbook of chemist and technologist. Chemical equilibrium. Properties of solutions*]. St. Petersburg, ANO NPO «Professional» Publ., 2004. Pp. 382–396. (in Russian).

Информация об авторах

Подорожня Ирина Викторовна — магистр технических наук, младший научный сотрудник ОАО «Приборостроительный завод Оптрон» (220141, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 52, 423, Республика Беларусь). E-mail: iaya@tut.by

Ветохин Сергей Сергеевич — кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (220006, г. Минск, ул. Сverdlova, 13a, Республика Беларусь). E-mail: veto@belstu.by

Information about authors

Podorozhniaya Irina V. — Master of Engineering, Junior Researcher, Instrument-making Factory Optron (423, 52, F. Skoriny Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: iaya@tut.by

Vetokhin Sjarhei S. — PhD (Physics and Mathematics), Head of the Department of Physical-Chemical Methods of Products Certification, Belarussian State Technological University (13a, Sverdlova Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: veto@belstu.by

М. Ю. Уложинова, Ю. С. Усеня

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Питание является одним из основных факторов, определяющих здоровье человека. Продукты питания функционального назначения помогают снизить риск заболеваний. Разработка новых видов пищевых концентратов функционального назначения, которые будут конкурентоспособными как на внутреннем, так и на внешнем рынке, должна основываться на предпочтениях потребителей. В статье представлено маркетинговое исследование потребительских предпочтений в отношении пищевых концентратов функционального назначения. Исследование проведено в форме социологического опроса. Определена целевая аудитория, рассмотрены вопросы «здорового питания» и причины отказа от употребления пищевых концентратов функционального назначения. Установлены наиболее значимые критерии при выборе продуктов функционального назначения: «полезность» — 18,33 %, «безопасность» — 16,72 %, «вкус» — 15,56 %. С учетом полученных результатов разработана линейка пищевых концентратов, обогащенных клетчаткой льняной, являющейся источником омега-3 ПНЖК.

Ключевые слова: пищевые концентраты, обогащение, клетчатка льняная, полиненасыщенные жирные кислоты, социологический опрос, потребительские предпочтения

M. Y. Ulozhynova, Y. S. Usenia

*RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus*

CONSUMER PREFERENCES OF FUNCTIONAL PURPOSE FOOD CONCENTRATES

Abstract. Nutrition is one of the main determinants of human health. Functional foods can help reduce the risk of disease. The development of new types of functional food concentrates, which will be competitive both in the domestic and foreign markets, should be based on consumer preferences. The article presents a marketing research of consumer preferences for functional food concentrates. The research was carried out in the form of a sociological survey. The target audience was determined, the issues of «healthy nutrition» and the reasons for refusing to use food concentrates for functional purposes were considered. The most significant criteria for choosing functional products were established: «usefulness» — 18.33 %, «safety» — 16.72 %, «taste» — 15.56 %. Taking into account the results obtained, a line of food concentrates enriched with linseed fiber, which is a source of omega-3 PUFA, has been developed.

Keywords: food concentrates, enrichment, linseed fiber, polyunsaturated fatty acids, sociological survey, consumer preferences

Введение. Питание является одним из основных факторов, определяющих здоровье человека. Индивидуальные предпочтения и убеждения потребителей влияют на выбор употребляемой ими пищи. Доказано, что несбалансированное питание ведет к ухудшению состояния здоровья человека [1–5]. Важно, чтобы питание состояло из натуральных продуктов, было сбалансированным, отвечало потребностям людей с учетом их возраста и вкусовых предпочтений [6]. Как показывают исследования, в последние годы растет информированность потребителей в отношении полезных ингредиентов и перерастает от обычного любопытства к активному использованию полезных ингредиентов [1]. Об этом свидетельствует ежегодный рост потребителей функциональных пищевых продуктов в Европе на 6–7 % [5]. Анализ потребления пищевых продуктов в странах Европы свидетельствует, что удельный вес обогащенных продуктов в рационе питания населения не превышает 4%, хотя мог бы достигать 10 % [1, 7–9]. Покупатели заинтересованы в полезных продуктах, и это

стимулирует производителей к созданию новых пищевых продуктов и напитков. Необходимо увеличивать число функциональных продуктов, т.к. обогащение пищевых продуктов позволит оказать положительный эффект на здоровье населения. В разработке обогащенных продуктов питания важное место занимает натуральное отечественное растительное сырье, которое, благодаря многообразию входящих в его состав макро- и микронутриентов (растительных белков, витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, полиненасыщенных жирных кислот, биофлавоноидов и др.), является ценной сырьевой базой для получения полезной высококачественной продукции [10–12]. Также при создании новых видов продуктов функционального назначения необходимо учитывать потребительские предпочтения населения.

Целью представленной работы является исследование предпочтений потребителей при выборе и покупке пищевых концентратов функционального назначения.

Материалы и методы исследований. В работе использованы методы социологического опроса и проанализировано текущее положение и тенденции потребительского рынка пищевых концентратов.

Результаты и их обсуждение. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения рынка функциональных продуктов [13]. Для создания пищевых концентратов функционального назначения с требуемыми свойствами и с высокими органолептическими показателями, проведены маркетинговые исследования. Изучение современного потребительского рынка проводилось путем социологического опроса в форме анкетирования. В опросе приняло участие 384 респондента, проживающих в г. Минске и г. Могилеве. Распределение респондентов по социально-демографическим группам представлено на рис. 1, 2. В результате установлено, что 59 % опрошенных составляют женщины, 41 % — мужчины; 85,3 % опрошенных входят в возрастную группу 26–55 лет. Данная категория людей является основными потребителями пищевых концентратов функционального назначения. На рис. 2 отражены результаты исследования социального положения опрошенных респондентов. Из них основная доля — 72 % — приходится на работающее население, 12 % составляют женщины, находящиеся в отпуске по уходу за ребенком.

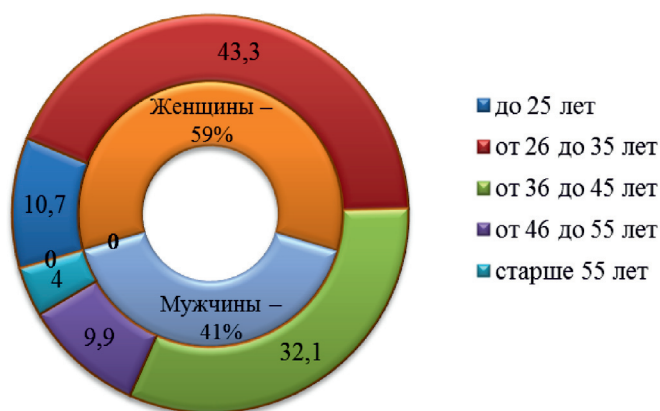


Рис. 1. Половозрастная характеристика выборки
Fig. 1. Age and gender characteristics of the sample

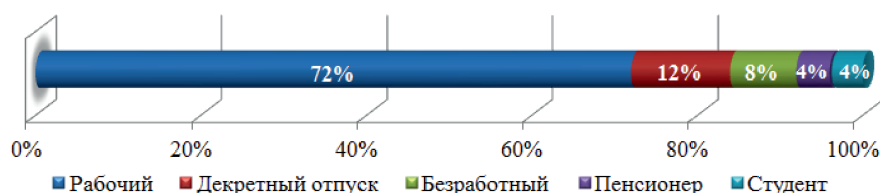


Рис. 2. Социальная характеристика выборки
Fig. 2. Social characteristics of the sample

По результатам опроса было установлено, что все опрошенные знакомы с принципами «здорового питания», из них только 7,2 % респондентов придерживается здорового питания регулярно, 70,6 % — стараются придерживаться, но нерегулярно, 17,9 % — не придерживаются принципов «здорового питания» и 4,3 % не знакомы со специализированными продуктами «для здорового питания». Только 3,4% практически ежедневно употребляют данные продукты (рис. 3).

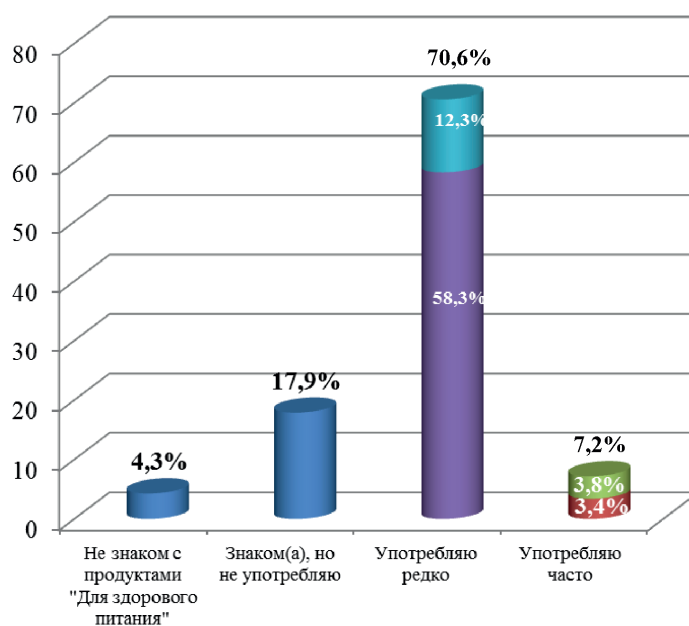


Рис. 3. Употребление продуктов здорового питания в рационе респондентов
Fig. 3. Eating healthy foods in the diet of respondents

Также отмечено, что «помехами» в правильном питании для 61,6 % опрошенных является нехватка времени на приготовление «здоровой» пищи, а для 15,8 % опрошенных — неудовлетворение вкусовых предпочтений продуктов для «здорового питания» (рис. 4).



Рис. 4. Причины отсутствия «здорового питания» в рационе
Fig. 4. Reasons for the lack of «healthy food» in the ration

Следующий блок вопросов был связан с такой группой продуктов быстрого приготовления как пищевые концентраты. У 58,6 % респондентов выявлено отрицательное отношение к пищевым концентратам. Это выражено сомнениями в натуральности состава данных продуктов и мнением о нанесении вреда здоровью от их употребления. Несмотря на это, не употребляют пищевые концентраты только 13,6 % респондентов. Никто из опрошенных не употребляет данные продукты ежедневно, большинство респондентов (49,7 %) употребляют пищевые концентраты 1–2 раза в месяц; 29,8 % опрошенных используют в приготовлении пищи пищевые концентраты 1–4 раза в неделю (рис. 5). Кроме того, 48,3 % опрошенных ни разу не видели и не знали о наличии пищевых концентратов с натуральным составом, а 41,4 % обращали внимание на наличие данных продуктов, но не покупали их (рис. 6).

Также было установлено, что абсолютное большинство опрошенных (86,2 %) знают о пользе омега-3 ПНЖК (рис. 7). Из них 47,3 % стараются употреблять продукты, содержащие омега-3 ПНЖК. В частности, наиболее популярным ответом на вопрос: «Какие именно продукты, содержащие омега-3 ПНЖК, Вы употребляете?» является употребление рыбы и рыбных продуктов. 21,5 % опрошенных употребляют омега-3 в составе различных препаратов, купленных в аптеке (капсулы, рыбий жир).



Рис. 5. Частота употребления пищевых концентратов и отношение потребителей к ним
 Fig. 5. The frequency of consumption of food concentrates and the attitude of consumers to them



Рис. 6. Информационная осведомленность о наличии натуральных пищевых концентратов
 Fig. 6. Information awareness of the availability of natural food concentrates

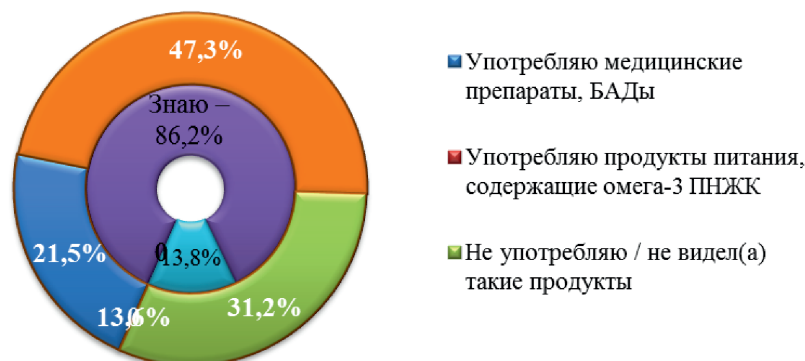


Рис. 7. Информационная осведомленность о пользе омега-3 ПНЖК и частоте их употребления
 Fig. 7. Information awareness about the benefits of omega-3 PUFAs and the frequency of their use

Результаты социального опроса показали, что для 42,3 % респондентов важно, чтобы положительные результаты от употребления данных продуктов были доказаны. Также 38,5 % респондентов при анкетировании высказали пожелание об увеличении количества продуктов «для здорового питания» в торговых сетях.

Для решения вопроса о наиболее значимых критериях при выборе продуктов здорового питания покупателям было предложено расставить баллы по основным товароведным критериям, включая: органолептические (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция), эргономические (упаковка), экономические (цена), показатели состава (безопасность, полезность). Потребители осуществляли расстановку баллов в соответствии с их относительной значимостью: наиболее предпочтительному показателю присваивается ранг 9, а наименее предпочтительному — 1 (по количеству всех показателей). Результаты ранжирования показателей приведены в табл. 1. Определен коэффициент весомости каждого показателя и коэффициент конкордации.

Из приведенных в таблице данных, предпочтения потребителей складываются из следующих показателей: «полезность» — 18,33 %, «безопасность» — 16,72 %, «вкус» — 15,56 %. Следовательно, при разработке продукта необходимо уделять внимание его полезным свойствам, натуральному составу, безопасности и вкусу. Для выявления согласованности мнений потребителей, рассчитан коэффициент конкордации, равный 0,83. Рассчитанное значение данного показателя является вы-

соким (свыше 0,7) и свидетельствует о том, что согласованность потребителей высокая и все приведенные выше данные являются статистически достоверными.

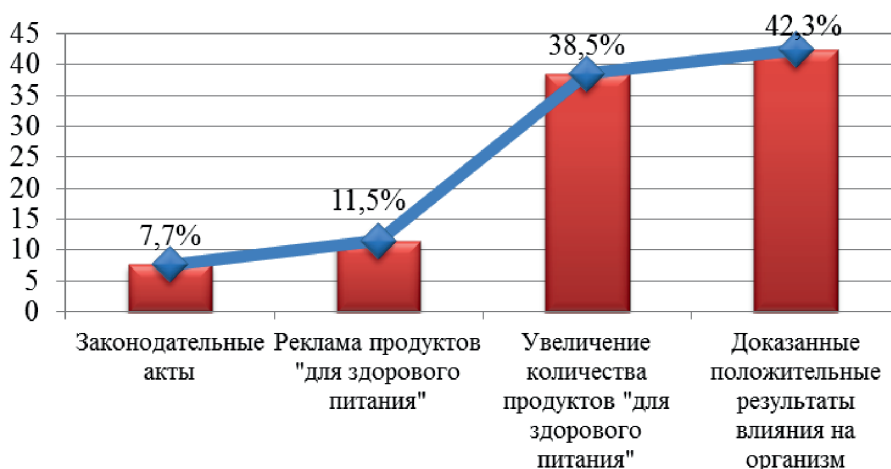


Рис. 8. Условия для приобретения обогащенных продуктов

Fig. 8. Conditions for the purchase of enriched products

Таблица 1. Ранжирование показателей потребительских предпочтений

Table 1. Ranking indicators of consumer preferences

| Потребитель | Органолептические показатели | | | | | Эргономические показатели | Экономические показатели | Показатели состава | | Сумма баллов |
|--|------------------------------|--------|--------|--------|--------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|---------|--------------|
| | Внешний вид | Цвет | Вкус | Запах | Консистенция | | | Упаковка | Цена | |
| 1 | 8 | 5 | 6 | 4 | 2 | 1 | 3 | 9 | 7 | 45 |
| 2 | 9 | 4 | 7 | 6 | 3 | 2 | 1 | 8 | 5 | 45 |
| 3 | 2 | 4 | 8 | 5 | 6 | 1 | 3 | 7 | 9 | 45 |
| ... | | | | | | | | | | 45 |
| 384 | 5 | 2 | 8 | 6 | 3 | 1 | 4 | 9 | 7 | 45 |
| Сумма рангов | 2116 | 1443 | 2688 | 2474 | 1056 | 864 | 582 | 2889 | 3168 | 17280 |
| Средний балл | 5,51 | 3,76 | 7 | 6,44 | 2,75 | 2,25 | 1,52 | 7,52 | 8,25 | 45 |
| Коэффициент весомости, % | 12,25 | 8,35 | 15,56 | 14,32 | 6,11 | 5,00 | 3,37 | 16,72 | 18,33 | 100 |
| R_{cp} | | | | | | | | | | 1920 |
| Разница между суммой рангов и R_{cp} | 196 | -477 | 768 | 554 | -864 | -1056 | -1338 | 969 | 1248 | |
| Квадрат разницы | 38416 | 227529 | 589824 | 306916 | 746496 | 1115136 | 1790244 | 938961 | 1557504 | 7311026 |
| W | | | | | | | | | | 0,83 |

Заключение. В результате исследований потребительских предпочтений пищевых концентратов функционального назначения установлено, что целевой аудиторией проведенных исследований являются мужчины и женщины в возрасте 26-55 лет (85,3 %), работающие, либо женщины, находящиеся в отпуске по уходу за ребенком (84 %), желающие употреблять продукты «для здорового питания» (82,1 %) и не имеющие возможность полностью удовлетворять свои потребности ввиду нехватки времени на приготовление пищи (61,6 %) либо несоответствие продуктов «для здорового питания» вкусовым предпочтениям (15,8 %). Установлено, что 80,8 % опрошенных приобретали бы продукты «для здорового питания» при увеличении их количества и наличии доказанного положи-

тельного влияния на организм. Наиболее важными показателями продуктов питания являются: «полезность» — 18,33%, «безопасность» — 16,72%, «вкус» — 15,56%. С учетом полученных результатов разработана линейка пищевых концентратов, обогащенных клетчаткой льняной, являющейся источником омега-3 ПНЖК.

Список использованных источников

1. *Никонович, С. Н.* Функциональные свойства жировых продуктов нового поколения / С. Н. Никонович, Т. И. Тимофеенко, Н. Ф. Гринь // Пищевая промышленность. — 2010. — № 1. — С. 18-20.
2. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180 об утверждении Санитарных нормы и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь»
3. Прокопенко, Л. Г. Полиненасыщенные жирные кислоты в растительных маслах / Л. Г. Прокопенко, Л. И. Бойняжева, Е. В. Павлова // Масложировая промышленность. — 2009. — № 2. — С. 11-12.
4. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] — 15 декабря 2016. — Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>
5. *Ariel, A.* Resolvins and protectins in the termination program of acute inflammation / A. Ariel, C. Serhan // Trends Immunol. — 2011. — Vol. 28, № 4. — P. 176-183.
6. *Kazantsev, J.* Development of e-health network for in-home pregnancy surveillance based on artificial intelligence / J. Kazantsev, P. Ponomareva, R. Kazantsev, P. Digilov, Huang. // Proc. of the IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI 2012), Hong Kong and Shenzhen, China, 2-7 Jan 2012. P. 82-84.
7. *Godfrey, D.* The impact of fortified foods on total dietary consumption in Europe / D. Godfrey, D. Tennant, J. Davidson // Nutr. Bull., 2004, 29, p. 188-198.
8. Роль продуктов, обогащенных w-3 полиненасыщенными жирными кислотами, в детском питании / Т.Н. Степанова [и др.] // В помощь врачу. — 2010. — №4. — С. 169–173.
9. Resolution adopted by the General Assembly: S-27/2. A World Fit for Children. — United Nations General Assembly Twenty-seventh Special Session. — A/RES/S/27/2. — 2002.
10. *Усень, Ю. С.* Использование биопотенциала семян льна для создания пищевых концентратов функционального назначения / Ю. С. Усень, Л. В. Филатова, М. Ю. Уложинова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2017. — №2 (36). — С. 53–59.
11. *Уложинова, М. Ю.* Исследование качественных показателей пищевых концентратов функционального назначения / М. Ю. Уложинова, Ю. С. Усень // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2018. — №4 (42). — С. 53–62.
12. *Уложинова, М. Ю.* Оптимизация технологических режимов экструзионной обработки сухих завтраков с клетчаткой льняной / М. Ю. Уложинова, Ю. С. Усень // Вестник МГУП : научно-методический журнал. — 2019. — №2 (27). — С. 50–57.
13. *Оттавей, П.Б.* Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база / П. Б. Оттавей. — Перев. с англ. — СПб.: Профессия, 2012. — 312 с.
14. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory bowel disease / A. Belluzzi [et al.] // Am.J. Clin. Nutr. — 2000. — No. 71. — P. 339–342.
15. Reduced asthma symptoms with n-3 fatty acid ingestion are related to 5-series leukotriene production / K. S. Broughton [et al.] // Am. J. Clin. Nutr. — 1997. — No. 65. — P. 1011 — 1017.
16. *Carlsson, S. E.* Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children, in: Dietary fats in infancy and childhood / S. E. Carlsson // Annales of Nestle. — 1997. — No. 55: 2. P. 52–62.
17. Dietary supplementation with w-3-polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: Results of the GISSI-Prevenzione trial / GISSI Prevenzione Investigators. Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto miocardio // Lancet, 1999, 354, p. 447-455.
18. Essential dietary lipids in: Present knowledge in nutrition, 7th — ed by Ziegler E., Filer L. J. — ILSI Press, Wash., DC, 1996; 58-67.
19. Fat intake and composition of fatty acids in serum phospholipids / L. Hagfors, I. Nilsson, L. Skoldstam, G. Johansson // Nutrition & Metabolism. — 2005. — Vol. 2. — P. 2–26.
20. Impact of early dietary intake and blood lipid composition of long-chain polyunsaturated fatty acids on later visual development / D.R. Hoffman [et al.] // J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. — 2000. — No.31 (5). — P. 540–53.
21. Long chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA) and perinatal development / B. Koletzko [et al.] // Acta Paediatr Scand. — 2001. — No. 90. — P. 460–465.

22. *Richardson, D. P.* Nutrition, Healthy Ageing and Public Policy / D. P. Richardson // Brussels, Belgium: The International Alliance of Dietary/ Food Supplement Associations, 2007.
23. Health effects of omega-3 fatty acids on asthma. Evidence Report / H. Schachter [et al.] // Technical Assessment, no. 91. AHRQ Publication no. 04–E013–2, Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, Md. 2004.
24. *Voigt, R.* Relationship between omega-3 longchain polyunsaturated fatty acid status during early infancy and neurodevelopmental status at 1 year of age / R. Voigt, C. Jensen // *J. Hum. Nutr. Diet.* — 2003. — Vol. 15. — P. 111–120.
25. *Исаев, В. А.* Полиненасыщенные жирные кислоты и их роль в мозговом кровообращении / В. А. Исаев // *Технологии и качество.* — 2012. — № 1. — С. 9–13.
26. *Конь, И. Я.* Использование полиненасыщенных жирных кислот в питании здоровых детей / И. Я. Конь // *Лечащий врач.* — 2011. — № 1. — С. 42–47.
27. Пищевые продукты функциональные. Термины и определения : СТБ 1818-2007. — Введ. 29.12.2007. — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2007. — 10 с.
28. *Усеня, Ю.С.* Внедрение функциональных продуктов в систему питания современного человека / Ю. С. Усеня, М. Ю. Уложинова // *Молодежь в науке — 2017: сборник материалов Международной конференции молодых ученых (Минск, 30 октября — 2 ноября 2017 г.).* В 2 ч. Ч. 1. Аграрные, биологические науки / Нац. акад. наук Беларуси. Совет молодых ученых; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Беларуская навука, 2017. — С. 282–287.
29. *Усеня, Ю. С.* Развитие ассортимента пищевых концентратов функционального назначения на товарном рынке Республики Беларусь / Ю.С. Усеня, Л.В. Филатова, М.Ю. Уложинова // *Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XI Международной научн.-техн. конференции, 20-21 апреля 2017 г., Могилев / учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»;* редкол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. — Могилев: МГУП, 2017. — 507 с.
30. *Шилина, Н.М.* Современные представления о физиологических и метаболических функциях полиненасыщенных жирных кислот / Н.М. Шилина, И.Я. Конь // *Вопросы детской диетологии.* — 2004. — Т.2, №6. — С. 25–30.

References

1. Nikonovich S. Functional properties of new generation products. *Pishchевaya promyshlennost'*, 2010, no. 1, pp. 18–20 (in Russian).
2. Decree of health care of the Republic of Belarus 20.11.2012 No. 180 on the approval of Sanitary norms and rules «Requirements for nutrition of the population: norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Republic of Belarus»
3. Prokopenko L. Polyunsaturated fatty acids in vegetable oils. *Maslozhirovaya promyshlennost'*, 2009, no. 2, pp. 11–12 (in Russian).
4. National Statistical Committee of the Republic of Belarus. Available at: <http://www.belstat.gov.by/> (accessed 5 December 2016).
5. Ariel A. Resolvins and Protectins in the program for the termination of acute inflammation. *Trends in immunol*, 2011, T. 28, no. 4, pp. 176–183.
6. Kazantsev Y., Ponomareva P., Kazantsev R., Digilov P., Development of an e-health network for monitoring pregnancy at home based on artificial intelligence. *Tr. IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI 2012)*, Hong Kong and Shenzhen, China, January 2–7, 2012, pp. 82–84.
7. Godfrey D., Tennant D., Davidson J. The effect of fortified foods on total dietary intake in Europe. *Nutr. Bul.*, 2004, no. 29, p. 188–198.
8. Stepanova T. The role of foods enriched with w-3 polyunsaturated fatty acids in baby food. *To help the doctor*, 2010, no. 4, pp. 169–173 (in Russian).
9. Resolution adopted by the General Assembly: S-27/2. A world fit for children. — Twenty-seventh special session of the United Nations General Assembly. — A / RES / S / 27/2. — 2002.
10. Usenya Yu., Filatova L., Ulozhinova M. Use of the biopotential of flax seeds to create food concentrates for functional purposes. *Pishchевaya promyshlennost': nauka i tekhnologii: retsenziruyemyy nauchno-tekhnicheskij zhurnal*, 2017, no. 2 (36), pp. 53–59 (in Russian).
11. Ulozhinova, M., Usenya Yu. Research of qualitative indicators of functional concentrates. *Pishchевaya promyshlennost': nauka i tekhnologii: retsenziruyemyy nauchno-tekhnicheskij zhurnal*, 2018, no. 4 (42), pp. 53–62 (in Russian).
12. Ulozhinova, M., Usenya Yu. Optimization of technological modes of extrusion processing of dry breakfasts with flax fiber. *Vestnik MGUP: nauchno-metodicheskij zhurnal*. 2019, no. 2 (27), pp. 50–57 (in Russian).

13. Ottaway P.B. Food fortification and biologically active additives: technology, safety and regulatory framework. SPb, Profession, 2012, 312 p.
14. Belluzzi A., Boschi S., Brignola K., Munarini A., Cariani G., Miglio F. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory bowel disease. *Am.J. Clin. Nutr.*, 2000, no 71, pp. 339-342.
15. Broughton K., Johnson K., Pace B., Liebman M., Kleppinger K., Reducing asthma symptoms with n-3 fatty acids is associated with the production of leukotrienes 5- Series. *Am.J. Clin. Nutr.*, 1997, no 65, pp. 1011 – 1017.
16. Karlsson S. Long-chain polyunsaturated fatty acids in infants and children. *Edible fats in infancy and childhood. Annals of Nestle*, 1997, no. 55, pp. 52-62.
17. Food supplements with w-3-polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione. *GISSI Prevenzione Investigators study. Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto miocardio. Lancet*, 1999, no. 354, pp. 447-455.
18. Ziegler E., Feeler L. Essential Dietary Lipids in: Current Nutritional Knowledge. *ILSI Press*, Washington, DC, 1996, pp. 58-67.
19. Hagfors L., Nilsson I., Skoldstam L., Johansson G. Fat intake and fatty acid composition in serum phospholipids. *Nutrition and metabolism*, 2005, no. 2, pp. 2-26.
20. Hoffman D., Birch E., Birch D. other. Influence of early intake with food and lipid composition of long-chain polyunsaturated fatty acids in the blood on further visual development. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 2000. no. 31 (5), pp. 540–553.
21. Kolletsko B., Agostoni S., Karlsson S. et al. Long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA) and perinatal development. *Acta Paediatr Scand*, 2001, no 90, pp. 460-465.
22. Richardson D., Nutrition, healthy aging and public policy. *International Alliance of Dietetic and Food Supplement Associations*. Brussels, Belgium: 2007.
23. Schachter H., Reisman J., Tran K. Health effects of omega-3 fatty acids in asthma. Evidence Report. *Technical Assessment No. 91. AHRQ Publication No. 04-E013-2, Agency for Medical Research and Quality*, Rockville, Maryland, 2004.
24. Voigt R., Jensen C. Relationship between omega-3 longchain polyunsaturated fatty acid status during early infancy and neurodevelopmental status at 1 year of age. *Nutr. Diet.* 2003, no. 15, pp. 111–120.
25. Isaev V. Polyunsaturated fatty acids and their role in cerebral circulation. *Tekhnologii i kachestvo*, 2012, no. 1, pp. 9-13 (in Russian).
26. Kon' I. The use of polyunsaturated fatty acids in the nutrition of healthy children. *Lechashchiy vrach*, 2011, no. 1, pp. 42-47.
27. STB 1818-2007 Pishchevyye produkty funktsional'nyye. Terminy i opredeleniya [*State Standard 1818-2007 Food products are functional. Terms and definitions*]. Minsk, 2007. 10 p.
28. Usenya Y., Ulozhinova M. Vnedreniye funktsional'nykh produktov v sistemu pitaniya sovremennogo cheloveka [*The introduction of functional products into the nutritional system of a modern person*]. *Molodezh' v nauke — 2017 [Youth in Science — 2017]*. Minsk, 2017, pp. 282-287.
29. Usenya Y., Filatova L., Ulozhinova M. Razvitiye assortimenta kontsentratsionnykh funktsional'nykh produktov na tovarnom rynke Respubliki Belarus' [*Development of the range of functional food concentrates on the product market of the Republic of Belarus*]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: tezisy dokladov XI Mezhdunarodnoy nauchn.-tekhn. konferentsii [Technique and technology of food production: abstracts of the XI International scientific and technical conferences]*. Mogilev, 2017, 507 p.
30. Shilina N., Horse I. Modern concepts of physiological and metabolic functions of polyunsaturated fatty acids. *Questions of children's nutritionists*, 2004, no. 6, pp. 25-30 (in Russian).

Информация об авторах

Уложина Марина Юрьевна — младший научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037 г. Минск, Республика Беларусь), e-mail: ml0510@mail.ru

Усеня Юлия Сергеевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник — заместитель начальника отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037 г. Минск, Республика Беларусь), e-mail: yulia1484@mail.ru

Information about authors

Ulozhinova Marina Y. — Junior Researcher, RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Usenya Julia S. — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher — Deputy Head of the Department of Technology for production of root and tuber crops, RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com