

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 I_d — 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.

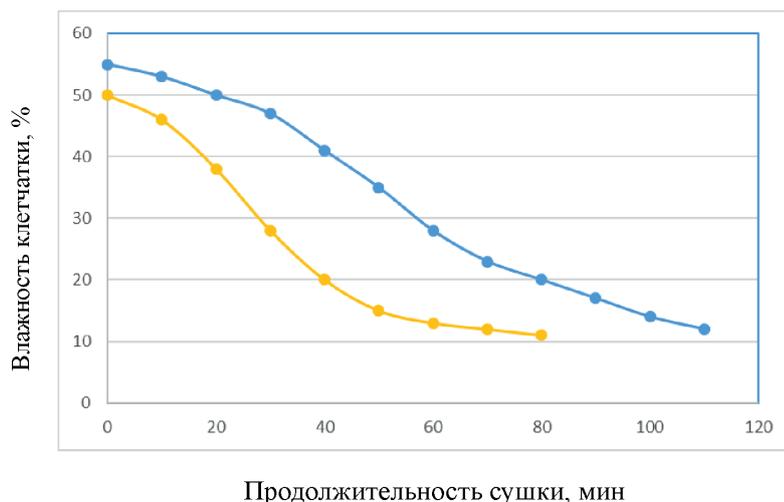


Рис. 2. Кривые сушки образцов смешанной клетчатки картофельной с удельным объемом: образец №1 — 1,3 дм³/кг, образец №2 — 1,9 дм³/кг
 Fig. 2. Drying curves of samples of mixed potato fiber with specific volume: sample No. 1 — 1.3 dm³ / kg, sample No. 2 — 1.9 dm³ / kg



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.

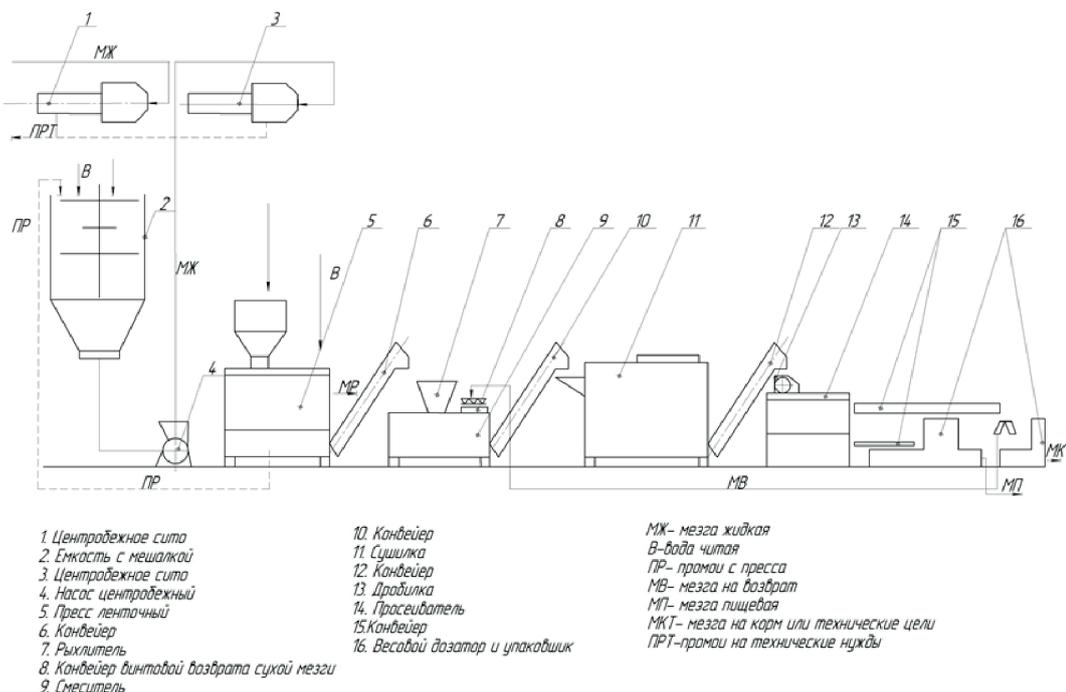


Рис. 4. Технологическая схема получения сухой картофельной клетчатки из влажной картофельной мякоти
Fig. 4. Technological scheme for obtaining dry potato fiber from wet potato pulp

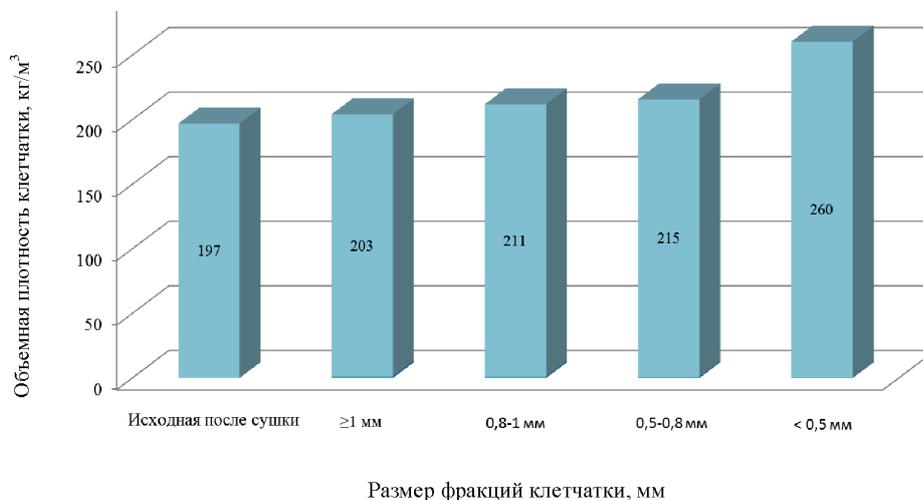


Рис. 5. Объемная плотность различных фракций сухой клетчатки картофельной
Fig. 5. Bulk density of various fractions of dry potato fiber

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.

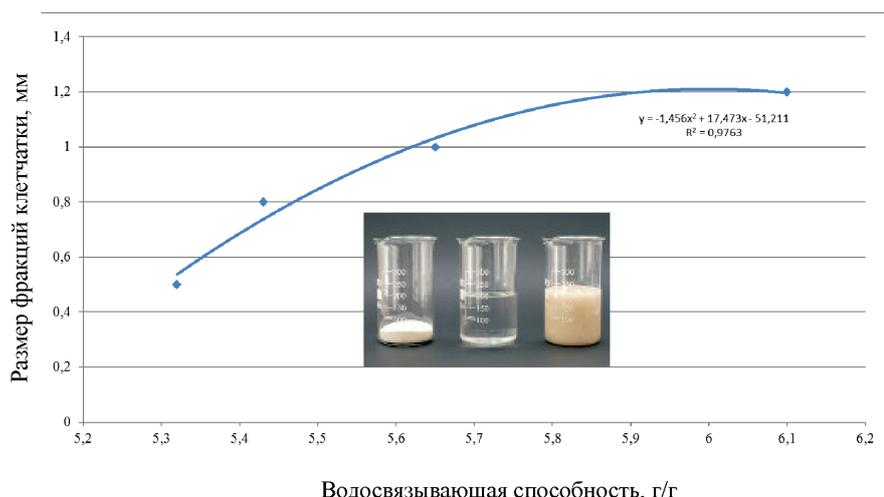


Рис. 6. Зависимость водосвязывающей способности сухой клетчатки картофельной от размера фракций
 Fig. 6. Dependence of the water-binding capacity of dry potato fiber on the size of fractions

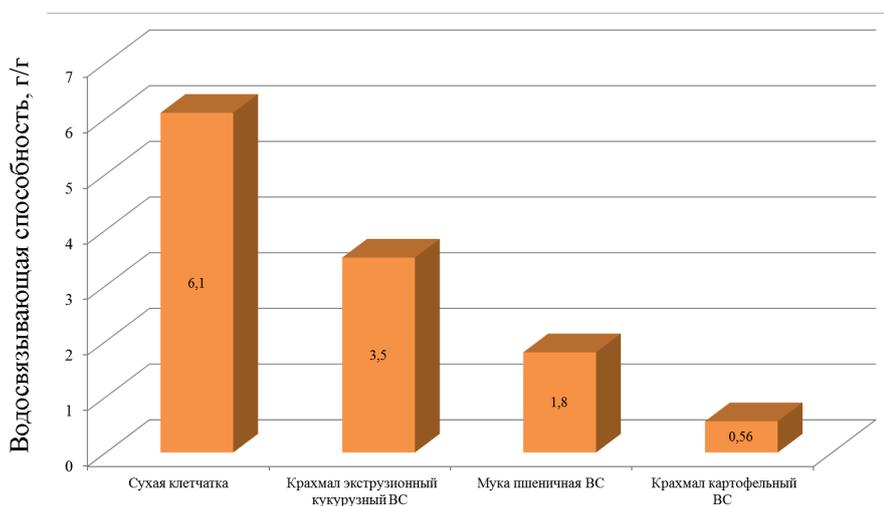


Рис. 7. Водосвязывающая способность различных компонентов в составе пищевых продуктов
 Fig. 7. Water binding capacity of various components in food products

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 отходообразования 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]. Pishchevaya 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