УДК 664.2.05:613.22

Поступила в редакцию 01.06.2020
Received 01.06.2020

З. В. Ловкис, А. В. Садовская, Ю. С. Усеня, Л. В. Филатова

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА НИЗКОБЕЛКОВЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЛЮДЕЙ С НАРУШЕНИЕМ ОБМЕНА ФЕНИЛАЛАНИНА

Аннотация. В статье представлены данные научно-исследовательской работы по разработке технологии производства низкобелковых макаронных изделий (вермишель, рожки, спираль, лапша) для питания людей с нарушением обмена фенилаланина, приведены результаты оценки разработанных низкобелковых макаронных изделий по органолептическим, физико-химических показателям. Значения пищевой ценности опытных образцов макаронных изделий, изготовленных по разработанной технологии, составили: белок – 0,4 г, фенилаланин – 22 мг. В составе макаронных изделий не содержится клейковина, уровень глютена не превышает 20 мг/кг, что позволяет рекомендовать их для употребления людям, страдающим целиакией.

Ключевые слова: фенилкетонурия, специализированные пищевые продукты, изделия макаронные низкобелковые, белок, фенилаланин, глютен, крахмал, пищевая ценность

Z. V. Lovkis, A. V. Sadouskaya, Y. S. Usenia, L. V. Filatova

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

DEVELOPMENT OF LOW-PROTEIN PASTA FOR PHENYLKETONURIA PATIENTS

Abstract. The article presents the data of research on the development of technology for the production of low-protein pasta (vermicelli, rigatoni, spiralli, noodles) for people with metabolic disorders of phenylalanine, the results of evaluating the developed low-protein pasta by organoleptic, physico-chemical indicators are presented. The nutritional values of the pasta prototypes made according to the developed technology were: protein – 0.4 g, phenylalanine – 22 mg. The pasta does not contain gluten, gluten does not exceed 20 mg / kg, which allows people with celiac disease to recommend them for consumption.

Keywords: phenylketonuria, specialty products, low-protein pasta, protein, phenylalanine, gluten, starch, nutritional value

Введение. Макаронные изделия пользуются постоянным потребительским спросом и являются важным продуктом, который присутствует в рационах питания людей. Они традиционно изготавливаются из пшеничной муки и воды с добавлением или без добавления различного дополнительного сырья и/или пищевых добавок. Однако употребление макаронных изделий из пшеничной муки запрещено либо ограничено людям, страдающим фенилкетонурией, из-за высокого содержания белка, а следовательно и фенилаланина в продукте. Так, в 100 г изделий содержится от 10,5 г белка (фенилаланина от 525 мг), а в порции отварных макарон массой 100 г содержание белка составляет от 3,5 г (фенилаланина от 175 мг).

Для больных фенилкетонурией основным методом лечения является диетотерапия, основанная на ограничении фенилаланина в рационах питания за счет исключения высокобелковых продуктов (мясо, мясопродукты, рыба, творог, яйцо, бобовые, орехи, шоколад и др.). Белок восполняется за счет специализированных продуктов, частично или полностью лишенных фенилаланина [1]. В Беларуси данное заболевание встречается с частотой 1:6000 новорожденных, в год выявляется примерно 15–20 новорожденных с такой патологией [2].

Не могут употреблять макаронные изделия с пшеничной мукой люди, страдающие целиакией, из-за наличия в составе продукта глютена (клейковины), а также пациенты с хронической почечной недостаточностью должны придерживаться малобелковой диеты.

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» в настоящее время выполняется научно-техническое задание по разработке социальных специализированных пищевых продуктов со сниженным содержанием белка и фенилаланина. Целью данной работы является разработка новых видов специализированных пищевых продуктов, в том числе макаронных изделий, для детей, страдающих фенилкетонурией.

При подборе сырья для низкобелковых макаронных изделий проведен широкий анализ ассортимента выпускаемых аналогичных видов продуктов, их пищевой ценности и состава. Также изучены результаты научно-исследовательских работ в данном направлении других странах [3, 4, 5, 6]. При разработке рецептур макаронных изделий определены состав и оптимальная дозировка компонентов.

Установлено, что основным сырьем для производства низкобелковых макаронных изделий является крахмал. Его использование обусловлено низким содержанием белка (не более 1 %), а также структурообразующими и стабилизирующими свойствами, которые позволяют придать продуктам требуемые свойства и структуру. Исследования физико-химических свойств и пищевой ценности макаронных изделий с низким содержанием белка, представленных на рынке страны и за рубежом, показали, что содержание крахмала в пересчете на сухое вещество в данных продуктах составляет от 77,1% до 85,3%, содержание белка – от 0,13% до 0,37%, фенилаланина – от 17,7 мг/100 г до 27 мг/100 г., что позволяет включать данные продукты в рацион питания взрослых и детей, страдающих фенилкетонурией.

Для производства макаронных изделий используется в основном кукурузный крахмал, но также вносятся дополнительно различные пищевые добавки, такие как карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), крахмалы различных модификаций (расщепленные, набухающие и др.), камеди, моно- и диглицериды жирных кислот, которые придают необходимые технологические свойства макаронному тесту, выступают как загустители и стабилизаторы для повышения вязкости теста, образования клейстеров, улучшения эластичности теста. Вносимые пищевые добавки являются безопасными, разрешены для производства пищевых продуктов, в том числе продуктов детского питания, придают продуктам необходимые структурно-механические свойства.

Для придания цвета макаронным изделиям возможно использование различных натуральных красителей (куркума молотая, бета-каротин, овощные порошки).

Объектами исследований в данной работе являлись кукурузный крахмал, модифицированный кукурузный крахмал, разработанный в Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, а также дополнительные компоненты для придания цвета и вкуса продукту.

Замес и прессование макаронного теста осуществляли на пресс-автомате для макаронных изделий с вакуумированием, установленном на опытном производстве (рис. 1). Изделия изготавливали в виде вермишели, лапши, рожков и спирали.

Рис. 1. Оборудование для производства короткорезанных макаронных изделий
Fig. 1. Equipment for the production of short cut pasta

Все компоненты согласно рецептурной закладке смешивали в течение 4-5 минут до достижения равномерного распределения ингредиентов. В макаронный пресс дозировалась подготовленная смесь, равномерно подавалась вода температурой до 50 °С в количестве, обеспечивающем влажность теста до 40%, и осуществлялось их перемешивание в бункере макаронного пресса в течение определенного времени до достижения равномерной влажности теста. Далее макаронное тесто формовалось через шнековую камеру макаронного пресса с созданием вакуума (разряжения) в бункере пресса для деаэрации теста на стадии замеса, оптимальная температура теста при выпрессовывании составляла 40–55 °С, макаронные изделия необходимой длины нарезали с помощью режущего механизма, обдували воздухом, раскладывали равномерным слоем на лотки для сушки и сушили при температуре 40–70 °С до влажности не более 13,5–14,5%, охлаждали до комнатной температуры и влажности не более 13% и упаковывали.

Полученные образцы макаронных изделий оценивали по органолептическим показателям (внешний вид, форма, цвет, вкус и запах), по физико-химическим показателям (влажность изделий, содержание белка, фенилаланина, глютена), а также определяли время варки, коэффициент увеличения массы изделий, процент сухих веществ, перешедших в варочную воду.

Внешний вид изделий, цвет оценивали визуально. Влажность изделий определяли по ГОСТ 31964 [7] высушиванием до постоянной массы лабораторной пробы макаронных изделий массой 4-5 г каждая. Для определения времени варки до готовности фиксировали время от момента погружения макаронных изделий в кипящую воду до момента исчезновения белого слоя внутри изделий.

Коэффициент увеличения массы (количество поглощенной воды) макаронных изделий во время варки вычисляли по формуле [8]:

$$K = \frac{M_2 - M_1}{M_1}, \quad (1)$$

где M_1 – масса сухих изделий, г; M_2 – масса сваренных изделий, г.

Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, определяли выпариванием при температуре 160 °С до постоянной массы. Процент сухого вещества, перешедшего при варке макаронных изделий в варочную воду (X, %), вычисляли по формуле:

$$X = \frac{m \cdot V_1}{M \cdot V_2} \cdot \frac{100}{100 - W} \cdot 100, \quad (2)$$

где m – масса сухого вещества, г; M – масса пробы макаронных изделий, взятых на варку, г; V_1 – общий объем варочной воды, см^3; V_2 – объем варочной воды, взятый на выпаривание, см^3; W – влажность испытуемой пробы макаронных изделий, %.

Показатели качества сваренных макаронных изделий представлены в табл. 1, внешний вид опытных образцов макаронных изделий сухих и сваренных представлен на рис. 2.

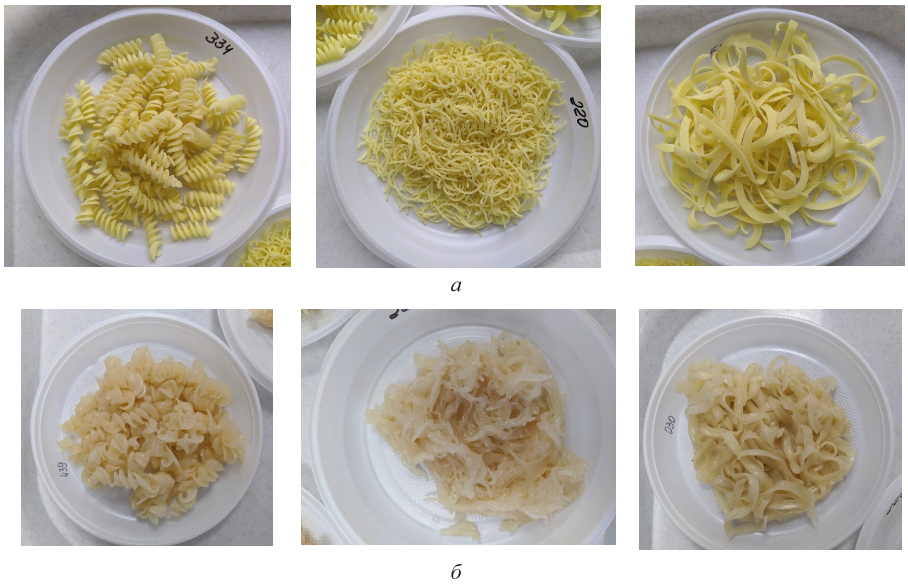

Рис. 2. Внешний вид опытных образцов сухих (а) и сваренных (б) макаронных изделий
Fig. 2. Appearance of prototypes of dry pasta (a) and cooked (b)

Таблица 1. Показатели качества сваренных макаронных изделий
Table 1. Quality indicators of cooked pasta

Показатели качества	Образцы макаронных изделий						
	Опытные образцы				Импортные		
	Вермишель	Лапша	Спираль	Рожки	Рожки (Россия)	Рифленая трубочка (Россия)	Фигурные макаронные изделия (Италия)
Внешний вид	Не плотные, глянцевые	Плотные, глянцевые					
Форма	Форму сохранили, слиплись, глянцевые	Хорошо сохранили форму, слегка слиплись, глянцевые, форма соответствует типу изделий					
Цвет	Бледно желто-оранжевый, светло-коричневый	Бледно желто-оранжевый, светло-коричневый с коричневыми вкраплениями			Кремовый	Ярко-желтый, с желтыми вкраплениями	Кремовый
Вкус и запах	Свойственный данным продуктам, без постороннего привкуса						
Текстура	Упругая, эластичная						
Длительность варки, мин	9	12	9	10	10	10	9
Влажность, %	3,1	5,1	5,6	3,0	6,9	6,1	4,4
Коэффициент увеличения массы	0,9	0,9	1,2	1,3	1,25	1,6	1,4
Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, %	42,3	25,9	19,2	15,7	15,5	6,6	2,4

В результате исследований установлено следующее: цвет макаронных изделий определялся цветом используемого сырья, в первую очередь, куркумы молотой. Сухие макаронные изделия имели кремово-желтый цвет, цвет сваренных макарон – оранжево-желтый, на поверхности были вкрапления куркумы оранжево-коричневого цвета. Импортные образцы макаронных изделий, в составе которых присутствовала куркума молотая в сваренном состоянии, также имели вкрапления куркумы – точки ярко-желтого цвета. В процессе смешивания и прессования макаронного теста куркума распределяется равномерно и определяет цвет готовых изделий. Аналогичные импортные фигурные макаронные изделия (производство Италия) содержали в составе бета-каротин, поэтому в сваренном состоянии имели равномерный кремовый цвет, без вкраплений.

Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, в опытных образцах макаронных изделий составляет от 15,7 % до 42,3%, что свидетельствует о потере сухих веществ при варке. Меньшее количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, наблюдается в опытных образцах в виде спирали и рожков, что можно объяснить их более сложной формой и большей толщиной.

Импортные макаронные изделия с низким содержанием белка и фенилаланина имели более низкие значения потерь сухих веществ, перешедших в варочную воду, что зависит от таких свойств сырья, в первую очередь, пищевых добавок (модифицированных крахмалов и других структурообразующих компонентов), как водосвязывающя способность и растворимость.

Средняя продолжительность варки изготовленных по разработанной технологии макаронных изделий составила 9-10 мин, коэффициент увеличения массы (количество поглощённой воды) опытных образцов составил 0,9-1,3, большее значение коэффициента имели рожки и спираль.

Способ приготовления разработанных изделий: макаронные изделия постепенно опустить в кипящую подсоленную воду с добавлением 1-2 ложек растительного масла и варить на медленном огне до 9 минут, слегка помешивая. Воды берется из расчета 1 литр на 100 г продукта, соль – по вкусу. Для предотвращения слипания сваренные макаронные изделия после процеживания через дуршлаг рекомендуется промыть небольшим количеством холодной воды.

Сравнение содержания белка и фенилаланина опытных и импортных образцах макаронных изделий представлено на рис. 3.

Значения пищевой ценности опытных образцов макаронных изделий составили: белок – 0,4 г, фенилаланин – 22 мг, жир – 0,6 г, углеводы – 83,0 г, энергетическая ценность – 1460 кДж/ 340 ккал, содержание глютена – не более 20 мг/кг. По сравнению с традиционными макаронными изделиями из пшеничной муки, содержание белка в разработанных образцах меньше на 96,2%, а фенилаланина на 95,8%, что позволяет рекомендовать их для употребления больным фенилкетонурией, так как

содержание белка в 100 г сухих макаронных изделий не превышает 1 г, а в порции сваренных макаронных изделий (100 г) расчетное содержание белка составляет 0,2 г, фенилаланина – 10,5 мг. В составе разработанных макаронных изделий не содержится пшеница, рожь, ячмень, овес и злаки, полученные путем их скрещивания, а уровень глютена не превышает 20 мг/кг. Такие макаронные изделия можно рекомендовать для употребления людям, страдающим целиакией.

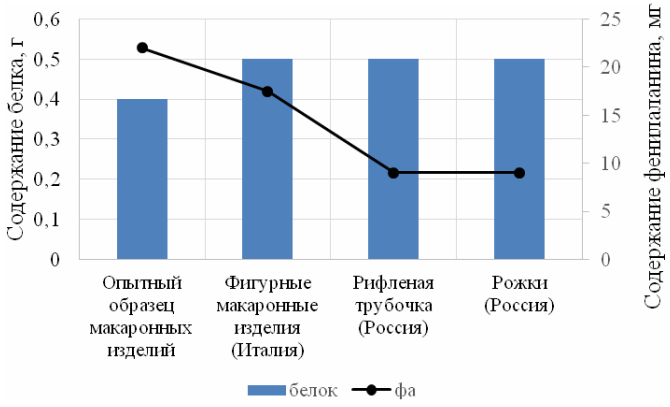

Рис. 3. Содержание белка и фенилаланина в 100 г сухих макаронных изделий
Fig. 3. The protein and phenylalanine content in 100 g of dry pasta

Таким образом, на основании полученных результатов исследований разработана технология производства макаронных изделий низкобелковых, нормативно-техническая и технологическая документация на их производство. Разработанные изделия содержат не более 1% белка и предназначены для реализации в торговой сети и в объектах общественного питания для людей больных фенилкетонурией, а также для употребления всеми категориями населения в качестве обычных изделий. Макаронные изделия изготавливаются их крахмала (более 85%) и воды с использованием дополнительного сырья. Проведена оценка опытных образцов макаронных изделий по органолептическим, физико-химических показателям и сравнение с импортными низкобелковыми макаронными изделиями российского и итальянского производства, а также традиционными макаронными изделиями из пшеничной муки. Установлено, что по пищевой ценности разработанные макаронные изделия не уступают аналогичным изделиям импортного производства: содержание белка составляет 0,4 г, фенилаланина – 22,0 мг, в их составе не содержится клейковина, а содержание глютена не более 20 мг/кг, что позволяет включать такие макаронные изделия в рационы людей с фенилкетонурией и целиакией.

Список использованных источников

1. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению фенилкетонурии / Матулевич, С.А. [и др.] // Электронный ресурс. – Режим доступа: http://www.rare-diseases.ru/images/Article/science-base/phenylketonuria.pdf. – Дата доступа : 26.05.2020.
2. *Воронович, С.А.* Проблемные вопросы заболеваемости фенилкетонурией / Воронович С. А., Ященко Д. С., Борсук С. В. // Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет». – 2019. – С. 21–23. Электронный ресурс. – Режим доступа: http://elib.gsmu.by/xmlui/bitstream/handle/GomSMU/5753/21-23.pdf?sequence=1. – Дата доступа : 26.05.2020.
3. Низкобелковые продукты на основе крахмала в лечебном питании детей с наследственной патологий обмена веществ / С.Т. Быкова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2018. – №12. – С. 96–99.
4. *Быкова, С.Т.* Применение пищевых волокон для обогащения продуктов питания с функциональными свойствами / С.Т. Быкова, Т.Г. Калинина, Т.Э. Боровик, Т.В. Бушуева // Пищевая промышленность. – 2015. – №12. – С. 48–50.
5. *Мадзиевская, Т.* Новые смеси для производства специализированных макаронных изделий / Т. Мадзиевская, Т. Шункевич, А. Белая // Наука и инновации. – 2014. – №5 (135) – С. 42–43.
6. *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.
7. Изделия макаронные. Правила приемки и методы определения качества : ГОСТ 31964-2012. – Введ. 01.01.2014. – Москва : Стандартинформ : 2014. – 17 с.
8. Исследование изменения рецептуры макаронных изделий как фактора, повышающего безопасность технологии / Солопова В.А. [и др.] // Вестник ОГУ. – 2020. – №9 (145). – С. 191–196.

References

1. Federal'nye klinicheskie rekomendatsii po diagnostike i lecheniju fenilketonurii / Matulevich [Federal clinical guidelines for the diagnosis and treatment of phenylketonuria], S.A. [i dr.] Available at: http://www.rare-diseases.ru/images/Article/science-base/phenylketonuria.pdf (accessed 26 May 2020).
2. Voronovich, S.A. Problemnye voprosy zabolevaemosti fenilketonuriej [Phenylketonuria incidence issues] / Voronovich S. A., Jaschenko D. S., Borsuk S. V. // Uchrezhdenie obrazovanija «Gomel'skij gosudarstvennyj meditsinskij universitet», 2019, pp. 21–23. Available at: http://elib.gsmu.by/xmlui/bitstream/handle/GomSMU/5753/21-23.pdf?sequence=1 (accessed 26 May 2020).
3. Bykova, S.T. Nizkobelkovye produkty na osnove krahmala v lechebnom pitanii detej s nasledstvennoj patologij obmena veschestv [Low-protein starch-based products in the clinical nutrition of children with hereditary metabolic pathologies]/ S.T. Bykova [i dr.] // Pischevaja promyshlennost'= Food Industry, 2018, no 12, pp. 96–99.
4. Bykova, S.T. Primenenie pischevyh volokon dlja obogaschenija produktov pitanija s funktsional'nymi svojstvami [The use of dietary fiber for the enrichment of food products with functional properties] / S.T. Bykova, T.G. Kalinina, T.`E. Borovik, T.V. Bushueva // Pischevaja promyshlennost'= Food Industry, 2015, no 12, pp. 48–50.
5. Madzievskaja, T. Novye smesi dlja proizvodstva spetsializirovannyh makaronnyh izdelij [New mixes for the production of specialized pasta] / T. Madzievskaja, T. Shunkevich, A. Belaja // Nauka i innovatsii= The Science and Innovations, 2014, no 5 (135), pp. 42–43.
6. Petjushev, N.N. Komponentnyj sostav nizkobelkovyh produktov pitanija dlja detej, stradajuschih fenilketonuriej [The composition of low-protein foods for children suffering from phenylketonuria] / N.N. Petjushev, A.V. Sadovskaja, Ju.S. Usenja // Nauka, pitanie i zdorov'e : materialy II Mezhdunarodnogo kongressa (Minsk, 3-4 oktjabrja 2019 g.), 2019. – pp. 179–184.
7. Izdelija makaronnye. Pravila priemki i metody opredelenija kachestva : GOST 31964-2012 [Macaroni products. Acceptance rules and methods of quality determination : State Standard 31964-2012], Moscow, 2014. 17 p.
8. Solopova V.A. Issledovanie izmenenija retseptury makaronnyh izdelij kak faktora, povyshajuschego bezopasnost' tehnologii [The study of changes in the recipe of pasta as a factor increasing the safety of technology] / Solopova V.A. [i dr.] // Vestnik OGU= Vestnik of the Orenburg State University, 2020, no 9 (145), pp. 191–196.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович – член-корреспондент НАН 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.

Садовская Анна Викторовна – канд. технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: potato@belproduct.com.

Усеня Юлия Сергеевна – заместитель начальника–старший научный сотрудник 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

Филатова Ленина Всеволодовна – старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: potato@belproduct.com.

Information about authors

Lovkis Zenon V. – corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor, General Director Republican Unitary Enterprise «The Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs» (29 Kozlova street, Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com.

Sadouskaya Anna V. – Ph.D. (Technical), senior researcher of the department of the technology of tuberous root products of RUE "Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus" (29 Kozlova street, Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: potato@belproduct.com.

Usenia Julia S. – Ph.D. (Technical), deputy head of the department of the technology of tuberous root products of RUE "Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus" (29 Kozlova street, Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: yulia1484@mail.ru

Filatova Lenina V. – senior researcher of the department of the technology of tuberous root products of RUE "Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus" (29 Kozlova street, Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: potato@belproduct.com.