

ISSN 2311-6447

**ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ
И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ АПК-
ПРОДУКТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ**

**TECHNOLOGIES FOR THE FOOD
AND PROCESSING INDUSTRY
OF AIC - HEALTHY FOOD**





УДК 664.6/.7

Профессор А.А. Оспанов, доцент А.К. Тимурбекова,
(Казакский национальный аграр. ун-т, г. Алматы) кафедра пи-
щевой инженерии, тел. 8-701-823-29-59

E-mail: ospanov_abdymanap@mail.ru

директор Н.Ж. Муслимов,

(Агробиологический научно-исследовательский ин-т Таразского
инновационно-гуманитарного университета, Республика Казах-
стан) тел. 8-701-716-70-95

E-mail: n.muslimov@inbox.ru

магистрант Г.Б. Джумабекова

(Таразский гос. ун-т им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан)
кафедра технологии продовольственных продуктов, перераба-
тывающих производств и биотехнологии, тел. 8-778-418-36-96

E-mail: gulnara.nur@mail.ru

Professor A.A. Ospanov, Associate Professor
A.K. Timurbekova,

(Kazakh national agricultural university, Almaty) chair of food engi-
neering, tel. 8-701-823-29-59

E-mail: ospanov_abdymanap@mail.ru

Director N. Zh. Muslimov,

(Agrobiological research institute of Tarazsky innovative humanities
university, Republic of Kazakhstan) tel. 8-701-716-70-95

E-mail: n.muslimov@inbox.ru

Undergraduate G.B. Dzhumabekova

(The Tarazsky state institute of M.H. Dulati, the Republic of Ka-
zakhstan) chair of technology of food products, processing indus-
tries and biotechnology, tel. 8-778-418-36-96

E-mail: gulnara.nur@mail.ru

Технология производства экструзионных полизлаковых продуктов питания высокой степени готовности

Method for manufacturing of extruded poly-cereal products of high degree of preparation

Реферат. Одним из приоритетных направлений современной пи-
щевой индустрии является разработка технологий и расширение ассор-
тимента функциональных пищевых продуктов, способствующих сниже-
нию риска развития хронических заболеваний и поддержанию здоровья
человека. Наиболее перспективное направление в решении проблемы
ликвидации дефицита макро- и микроэлементов - обогащение натураль-
ными биологически активными веществами пищевых
продуктов, что позволит проводить коррекцию рациона широких слоев
населения. В этой связи представляется актуальной разработка техноло-
гии получения продуктов высокой степени готовности на зерновой осно-
ве, т.е. зернопродуктов нового поколения с повышенным содержанием
важнейших натуральных минеральных и биологических нутриентов.



Были проведены экспериментальные исследования по определению оптимальных параметров функционирования технологической схемы производства полизлаковых продуктов питания высокой степени готовности с дальнейшей оценкой пищевых свойств и потребительских достоинств. В качестве объекта исследования определены две полизлаковые смеси «Фитнес» и «Здоровье», составленные при помощи программы для ЭВМ «Расчет рецептуры полизлаковой смеси для производства продуктов высокой степени готовности». По результатам проведенных исследований разработана технология производства экструдированного полизлакового продукта, которая, во-первых, позволяет сократить нерациональные энергетические затраты, обеспечивает расширение ассортимента продуктов питания, повышает питательную ценность путем комбинации нескольких видов муки из цельнозернового зерна злаковых культур; во-вторых, способствует модификации и клейстеризации крахмала, снижает содержание неусвояемых соединений и обсемененности полизлаковых смесей микроорганизмами; в-третьих, повышает степень готовности продуктов питания на полизлаковой основе, что значительно улучшает потребительские и органолептические показатели качества.

Summary. One of the priority directions of the modern food industry is development of technologies and expansion of the range of the functional foodstuff promoting decrease in risk of development of chronic diseases and maintenance of health of the person. The most perspective direction is a solution of the problem of elimination of deficiency macro - and microcells - enrichment by natural biologically active agents of food products that will allow to carry out correction of a diet of a general population. In this regard development of technology of receiving products of high degree of readiness on a grain basis, i.e. grain products of new generation with the raised content of the major natural mineral and biological nutrients is represented actual. Pilot studies by determination of optimum parameters of functioning of the technological scheme of production of polycereal food of high degree of readiness with a further assessment of food properties and consumer advantages of new food were conducted. As object of research two polycereal mixes «Fitness» and «Health» made by means of the computer program «Calculation of a compounding are defined polycerealsl mixes for production of products of high degree of readiness». As a result of the performed researches a method for manufacturing of a extruded poly-cereal product was developed, which, firstly, reduces irrational power consumptions, ensures food products expansion and improves nutritive quality by combining several types of coarse whole meals of grain crops; secondly, supports starch modification and gelatinization, lowers the ratio of unassimilable compounds and content of microorganisms in poly-cereal mixtures; thirdly, raises the degree of preparation of poly-cereal based food products, which significantly improves marketable and organoleptical properties of the quality.

Ключевые слова: полизлаковые смеси, экструзионная технология, измельчение, смешивание, экструдирование, цельнозерновая мука.

Keywords: poly-cereal mixtures, extrusion technology, blending, mixing, extrusion, coarse whole meal.

Дефицит макро- и микронутриентов приводит к снижению пищевой и биологической ценности продуктов питания и, как следствие, истощению адаптационных возможностей организма и возникновению широкого спектра алиментарнозависимых заболеваний. Поэтому одним из приоритетных направлений современной пищевой индустрии является разработка технологий и расширение ассортимента функциональных пищевых продуктов, способствующих снижению риска развития хронических заболеваний и поддержанию здоровья человека.

Наиболее перспективное направление в решении проблемы ликвидации дефицита макро- и микроэлементов - обогащение натуральными биологически активными веществами пищевых продуктов, что позволит проводить коррекцию рациона широких слоев населения.



В этой связи представляется актуальной разработка технологии получения продуктов высокой степени готовности на зерновой основе, т.е. зернопродуктов нового поколения с повышенным содержанием важнейших натуральных минеральных и биологических нутриентов.

Одним из способов повышения питательной ценности продуктов питания является производство расширенного ассортимента зернопродуктов, а также составление полизлаковых смесей, сбалансированных по аминокислотному, минеральному и витаминному составу. Также следует отметить необходимость применения новых подходов в технологии переработки зерна, которые дают возможность повысить степень готовности продуктов питания путем применения экструзионных технологий готовой зерновой полизлаковой смеси [1-4].

В этой связи в рамках государственного заказа (№ госрегистрации 01112РК01528) были проведены экспериментальные исследования по определению оптимальных параметров функционирования технологической схемы производства полизлаковых продуктов питания высокой степени готовности с дальнейшей оценкой пищевых свойств и потребительских достоинств новых продуктов питания.

В качестве объекта исследования определены две полизлаковые смеси (табл. 1-2), составленные при помощи программы для ЭВМ «Расчет рецептуры полизлаковой смеси для производства продуктов высокой степени готовности» (рис. 1) [5].

Таблица 1

Рецептура полизлакового продукта высокой степени готовности «Фитнес»

Наименование компонента	Содержание
Цельнозерновая ячменная мука, %	6,36
Цельнозерновая кукурузная мука, %	42,75
Цельнозерновая овсяная мука, %	20,00
Цельнозерновая гречневая мука, %	24,54
Цельнозерновая просяная мука, %	6,35
Расчетное значение пищевой и биологической ценности	
Содержание протеина в смеси, %	14,28
Содержание крахмала в смеси, %	62,32
Содержание клетчатки в смеси, %	7,46
Значение калорийности смеси, ккал	318,87
Значение энергетической ценности, кДж	1334,15

Таблица 2

Рецептура полизлакового продукта высокой степени готовности «Здоровье»

Наименование компонента	Содержание
Цельнозерновая кукурузная мука, %	16,66
Цельнозерновая овсяная мука, %	26,20
Цельнозерновая гречневая мука, %	50,00
Цельнозерновая просяная мука, %	7,14
Расчетное значение пищевой и биологической ценности	
Содержание протеина в смеси, %	14,040
Содержание крахмала в смеси, %	59,753
Содержание клетчатки в смеси, %	10,281
Значение калорийности смеси, ккал	318,780
Значение энергетической ценности, кДж	1333,77

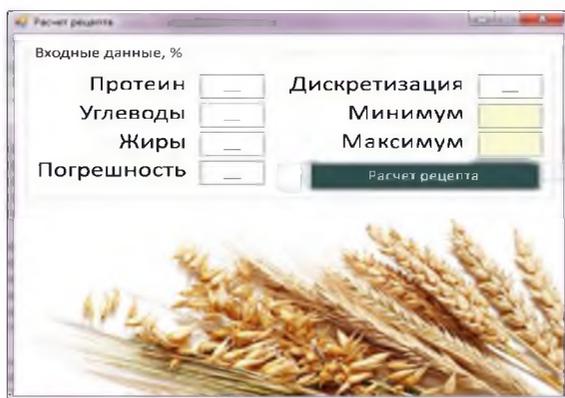


Рис. 1. Windows-интерфейс программы

Далее изучали технологические процессы производства полизлаковых продуктов высокой степени готовности. Основными технологическими процессами, определяющими качество и потребительские достоинства продуктов высокой степени готовности, являются: процесс измельчения зернового сырья; смешивания сыпучих компонентов до образования однородной по составу смеси; экструдирования полизлаковой смеси.

Экспериментальные исследования по определению оптимальных режимов измельчения зерна злаковых культур проводили на лабораторной дисковой мельнице типа LM-3600. Эффективность работы дисковой дробилки оценивали по следующим показателям: удельный расход электроэнергии и крупность измельченных частиц (рис. 2) [6].

Анализ рис. 2 показал, что затраты удельной энергии на дробление зависят только от линейных размеров продуктов измельчения. В этой связи представляется более рациональным считать удельную энергию зависящей от отклонений линейных размеров (X_1 и X_2) от их минимального (X_{\min}) значения.

Вместе с тем опыт показывает, что неограниченное количество увеличения линейного размера продукта измельчения требует неограниченного увеличения величины затрат удельной энергии дробления до размера $X_2 = X_{\min}$.

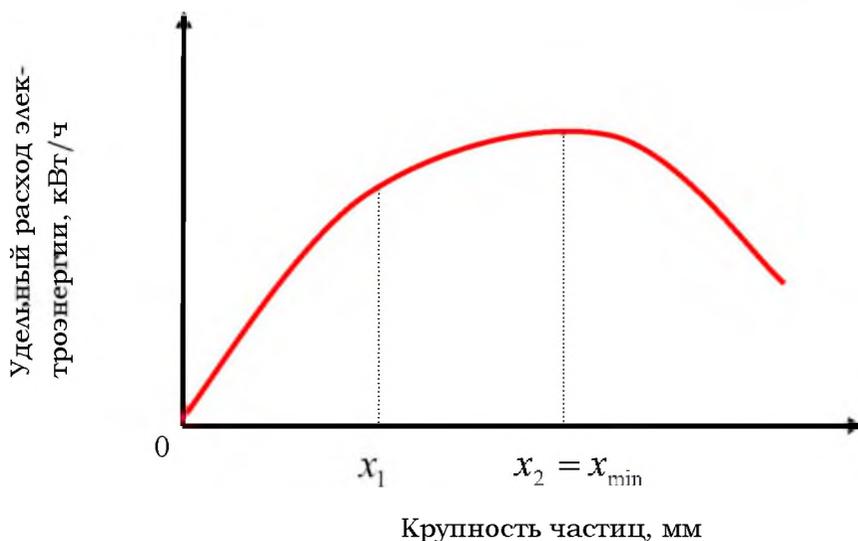


Рис. 2. Зависимость эффективности работы измельчающего устройства от крупности частиц



По этой причине А.А. Оспановым в результате некоторой коррекции законов Риттингера и Кика была предложена формула, выражающая рациональную зависимость удельной энергии от размеров X_1 и X_2 [6].

Далее изучали процесс смешивания, влияние продолжительности смешивания (t) на энергетическую ценность полизлаковой смеси при различной частоте вращения рабочего органа устройства для смешивания.

Различные компоненты полизлаковой смеси загружали в экспериментальную установку в емкость для смешивания и перемешивали. По истечении каждых 10 с отбирали пробы для оценки энергетической ценности полученной смеси. На основании экспериментальных данных строили график зависимости калорийности мучной полизлаковой смеси ($\mathcal{E}_ц$, ккал) от продолжительности времени смешивания (t , с) сыпучих компонентов при частоте вращения (2800 мин^{-1}) рабочего органа экспериментального смесителя (рис. 3). Оптимизацию полученных результатов проводили методом наименьших квадратов аппроксимации экспериментальных данных кубических функций: $\mathcal{E}_ц = 323,73 - 0,1421t + 1,34 \cdot 10^{-4}t^2 - 2,13 \cdot 10^{-6}t^3$, $R = 0,951$.

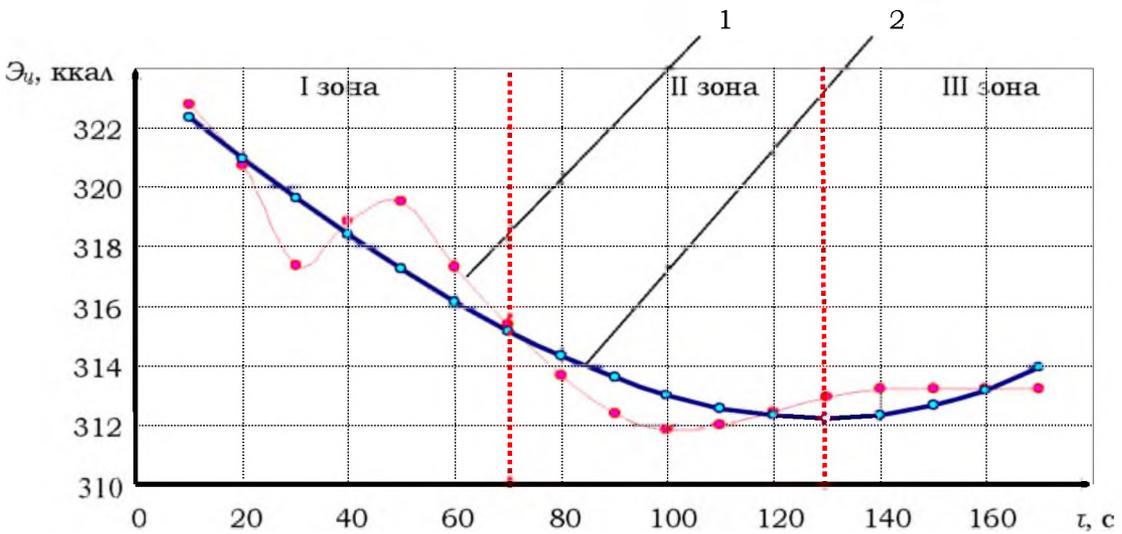


Рис. 3. Влияние продолжительности смешивания на энергетическую ценность полизлаковой смеси при частоте вращения рабочего органа смесителя 2800 мин^{-1} : 1 – экспериментальные значения; 2 – данные, полученные расчетным путем (уравнениями регрессии)

Анализ полученной зависимости (рис. 3) показывает наличие трех ярко выраженных зон протекания механического процесса смешивания. I зона – зона сдвигового смешивания, в результате которого происходит хаотичное распределение частиц полизлаковой смеси, характеризующееся резким снижением значений показателя $\mathcal{E}_ц$ от 322,78 до 315,35 ккал при фиксированных значениях времени $t = 70$ с и частоте вращения рабочего органа = 2800 мин^{-1} . II зона – замедленного снижения значений $\mathcal{E}_ц$, при котором показатель $\mathcal{E}_ц$ изменился от 317,28 до 312,95 ккал при значениях $t = 130$ с и $n = 2800 \text{ мин}^{-1}$. III зона – зона достижения заданных значений калорийности мучной полизлаковой смеси и проявления процесса сегрегации смеси. При этом энергетическая ценность смеси составила 313,2 ккал на 100 гр при значениях $t = 140$ с.

В этой связи за оптимальное время смешивания мучной полизлаковой смеси следует принимать частоту вращения рабочего органа $n = 2800 \text{ мин}^{-1}$, при $t = 140$ с, дальнейшее увеличение времени обработки мучной полизлаковой смеси приводит к нерациональным расходам электроэнергии.

Далее изучали процесс экструдирования полизлаковой смеси при производстве продуктов высокой степени готовности. Экспериментальные исследования проводили на промышленном экструдере. Изучали зависимость потребляемой мощности электропривода экструдера (N , кВт) от переменных значений влажности



мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки (рис. 4).

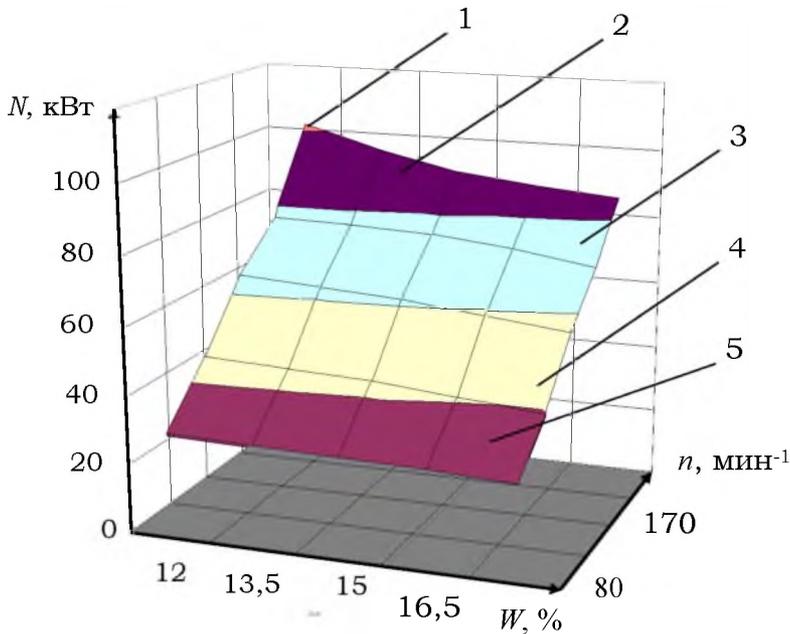


Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности электропривода экструдера ($N, \text{кВт}$) от влажности ($W, \%$) и частоты вращения рабочего органа ($n, \text{мин}^{-1}$). Область, характеризующаяся расходом электроэнергии ($N, \text{кВт}$): 1 – 100-120; 2 – 80-100; 3 – 60-80; 4 – 40-60; 5 – 20-40

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что увеличение частоты вращения рабочего органа (шнека) n с 80 до 250 мин^{-1} приводит к увеличению потребляемой мощности электропривода экструдера ($N, \text{кВт}$). При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси снижает значения N в процессе экструдирования.

Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12 % и частоте вращения шнека 80 мин^{-1} значение N составило 29,5 кВт. При $W = 13,5 \%$ и $n = 80 \text{ мин}^{-1}$ значение N составило 29,0 кВт. Увеличение влажности до 15 % привело к снижению значений N до 28,8 кВт. Дальнейшее увеличение влажности до 18 % при $n = 80 \text{ мин}^{-1}$ снижало потребляемую мощность электропривода устройства до 27,0 кВт. Аналогичные зависимости были получены при изменении значений частоты вращения рабочего органа с 120 до 250 мин^{-1} . При $n = 120 \text{ мин}^{-1}$ и $W = 12 \%$ потребляемая мощность электропривода устройства составила 45,5 кВт. Увеличение n до 170 мин^{-1} приводило к увеличению значений N до 64,5 кВт. Дальнейшее увеличение значений n до 250 мин^{-1} приводило к увеличению N до 102 кВт. Максимальное потребление мощности электропривода составило 102,0 кВт при частоте вращения рабочего органа $n = 250 \text{ мин}^{-1}$ и влажности обрабатываемого материала 12 %.

Полученная зависимость потребляемой мощности электропривода экструдера ($N, \text{кВт}$) от влажности ($W, \%$) и частоты вращения рабочего органа ($n, \text{мин}^{-1}$) позволяет с достаточной точностью раскрыть протекание процесса экструзии в исследованном диапазоне значений факторов, оказывающих влияние на эффективность ведения технологического процесса. Полученные данные положены в обоснование технологии производства продуктов высокой степени готовности (рис. 5).

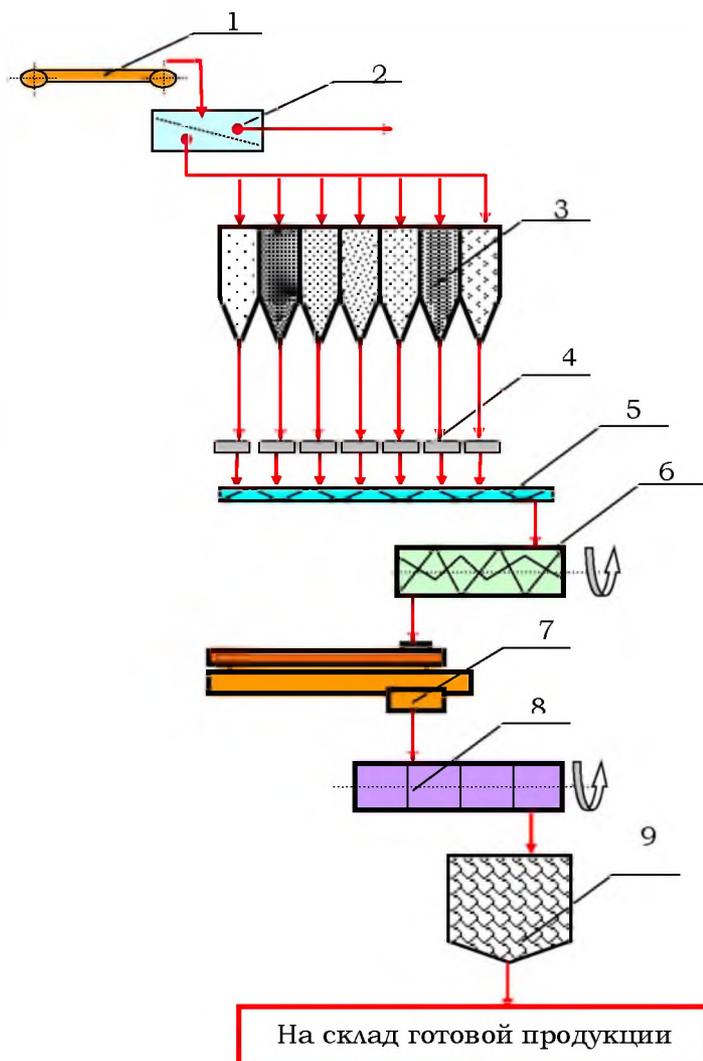


Рис. 5. Способ производства экструдированного полизлакового продукта питания

Предложенная технологическая схема производства полизлаковых продуктов высокой степени готовности по новому способу [2, 3] состоит из: транспортирующих механизмов 1, просеивателя муки 2, оперативных бункеров 3, дозаторов 4, цепного (или шнекового) транспортера 5, смесителя 6, экструдера 7, барабанной сушилки 8 и бункера для готовой продукции 9.

Исходное мучное сырье в соответствии с научно обоснованной рецептурой (см. табл. 1) подается с помощью транспортирующего устройства 1 в просеиватель муки 2. В процессе просеивания удаляется крупная примесь (слежавшиеся комочки муки и посторонние включения). При этом режим работы просеивателя должен обеспечивать максимальное отделение крупной примеси (слежавшихся комочков муки) и исключать попадание в отходы более 1 % муки. В просеивателях устанавливают металлотканые ситовые полотна размером 056.

Номера сеток проволочных тканых с квадратными ячейками принимают по ГОСТ 3826-66, ГОСТ 12184-66 и ГОСТ 3924-74.

Содержание посторонней примеси в очищенной муке, а также металломагнитной примеси (следы) не допускается.

Далее мучное сырье подается в оперативные бункера 3 для создания сырьевого запаса на технологической линии. После чего равномерным потоком в соответствии с заданной рецептурой сыпучее мучное сырье подается в автоматические дозаторы 4, отвешенные порции мучного сырья цепным (или шнековым) транспортером 5 подаются в лопастной смеситель 6 для получения однородной по составу



полизлаковой смеси. Полученная смесь загружается в пищевой экструдер 7. Полученные гранулы после экструдера охлаждаются в барабанной сушилке 8, при установленном режиме работы, который обеспечивает температуру выходящих гранул не более чем на 10 °С выше температуры окружающей среды. После охлаждения продукт поступает в бункер для готовой продукции 9, оборудованный выпускными устройствами, и далее в склад готовой продукции.

По результатам проведенных исследований разработана технология производства экструдированного полизлакового продукта, которая, во-первых, позволяет сократить нерациональные энергетические затраты, обеспечивает расширение ассортимента продуктов питания, повышает питательную ценность путем комбинации нескольких видов муки из цельнозернового зерна злаковых культур; во-вторых, способствует модификации и клейстеризации крахмала, снижает содержание неусвояемых соединений и обсемененности полизлаковых смесей микроорганизмами; в-третьих, повышает степень готовности продуктов питания на полизлаковой основе, что значительно улучшает потребительские и органолептические показатели качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оспанов, А.А. Технология производства полизлаковых продуктов [Текст] : учебник / А.А. Оспанов, Н.Ж. Муслимов, А.К. Тимурбекова, Г.Б. Джумабекова. – Алматы: «НурПринт», 2013. – 298 с.
2. Инновационный патент РК № 28102. Способ производства экструдированного полизлакового продукта питания «Фитнес» // Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Джумабекова Г.Б. – Бюл. № 2, 17.02.2014.
3. Инновационный патент РК № 28101. Способ производства экструдированного полизлакового продукта питания «Здоровье» // Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Джумабекова Г.Б. – Бюл. № 2, 17.02.2014.
4. Остриков, А.Н. Коэкструзионные продукты: новые подходы и перспективы [Текст] / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко, И.Ю. Соколов. – М.: ДеЛи Принт, 2009. – 232 с.
5. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Тимурбекова А.К., Джумабекова Г.Б. Расчет рецептуры полизлаковой смеси для производства продуктов высокой степени готовности // Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права № 1495 от 08.11.2013.
6. Ospanov, A.A. On a new relationship between the energy consumption and particle size in a processes of crushing and grinding // Journal of EcoAgriTourism, Brasov, Romania. – Vol. 10 (2014), № 1 (28). – P. 195-198.

REFERENCE

1. Ospanov, A.A. Process for manufacturing of poly-cereal products [Text] : manual / A.A. Ospanov, N.Zh. Muslimov, A.K. Timurbekova, G.B. Dhumabekova. – Almaty, 2013. – 298 p.
2. Innovation Patent of the Republic of Kazakhstan № 28102. Method of production of «Fitness» extruded poly-cereal food product // A.A. Ospanov, N.Zh. Muslimov, G.B. Dzhumabekova – Bul. № 2, 17/02/2014.
3. Innovation Patent of the Republic of Kazakhstan № 28101. Method of production of «Zdorovye» extruded poly-cereal food product // A.A. Ospanov, N.Zh. Muslimov, G.B. Dzhumabekova – Bul. № 2, 17/02/2014.
4. Ostrikov, A.N. Co-extruded products: new approaches and prospects [Text] / A.N. Ostrikov, V.N. Vasilenko, I.Yu. Sokolov. – M., 2009. – 232 p.
5. A.A. Ospanov, N.Zh. Muslimov, A.K. Timurbekova, G.B. Dhumabekova: Calculation of the formula for poly-cereal mixture for production of products of high degree of preparation // Certificate of State Registration of Copyrights № 1495 dated 08/11/2013.
6. Ospanov, A.A. On a new relationship between the energy consumption and particle size in a processes of crushing and grinding // Journal of EcoAgriTourism, Brasov, Romania. – Vol. 10 (2014), № 1 (28). – P. 195-198.