

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

УДК 664.71.012.013

А. А. ОСПАНОВ, А. К. ТИМУРБЕКОВА, Н. Ж. МУСЛИМОВ

ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ГОТОВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ЭКСТРУДИРОВАНИИ ПОЛИЗЛАКОВОЙ СМЕСИ

(Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы)

Приводятся результаты проведенных экспериментальных исследований процесса экструдирования полизлаковой смеси, приготовленной на основе муки из цельносмолотого зерна. Изучено изменение энергетической ценности полизлаковой смеси от переменных значений влажности полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа (шнека) экструдера.

Установлено преобладающее влияние частоты вращения рабочего органа экструдера на изменение энергетической ценности полизлаковой смеси. Влажность полизлаковой смеси оказывает незначительное влияние на изменение энергетической ценности продуктов высокой степени готовности "Фитнес" и "Здоровье".

Научной новизной является то, что производство полизлаковых продуктов быстрого приготовления "Фитнес" и "Здоровье" впервые осуществлено на основе полизлакового зернового сырья казахстанской селекции.

Введение. Современные способы формования сыпучих масс позволяют сократить технологический процесс производства продуктов высокой степени готовности. Одним из перспективных направлений развития техники и технологии является экструдирование полизлаковой смеси с целью получения готовых продуктов питания [1].

Сущность процесса экструзии заключается в том, что в зоне плавления экструдера под действием вращающегося прессующего шнека с возрастанием давления P (горячая экструзия – до 25 МПа), происходит разрушение полимерной структуры основных компонентов крахмалосодержащего сырья, клейстеризация, вызванная высокой температурой t (до 120÷250 °С), возникающей при переходе механической энергии (энергии трения материала о поверхность экструдера и внутреннего трения материала при его перемещении между рабочими поверхностями рабочего органа) в тепловую энергию, в результате чего происходит активная термомеханическая деструкция. Затем, при выходе массы из матрицы, происходит "взрывание" продукта и разрыхление его структуры в результате резкого падения давления и температуры [2-4].

Такая обработка приводит к различным по глубине химическим изменениям в полизлаковом сырье. В результате экструзии наблюдается сохранение белковых веществ наряду с превращением полисахаридов в более легкоусвояемые олигосахариды, при этом наблюдается повышение энергетической ценности пищевых продуктов.

Материалы и методы исследований. С целью изучения изменения энергетической ценности полизлаковых смесей на основе муки из цельносмолотого зерна злаковых культур при производстве продуктов высокой степени готовности в зависимости от влажности и частоты вращения рабочего органа нами проведены экспериментальные исследования по изучению процесса экструдирования на пищевом промышленном двухшнековом экструдере РЗ-КЭД-88.

В качестве объекта исследования определены полизлаковые смеси для производства продуктов высокой степени готовности "Фитнес" и "Здоровье", рецептура которых приведена в табл. 1-2.

Расчет рецептуры мучной полизлаковой смеси на основе муки из цельносмолотого зерна злаковых культур производили при помощи разработанного программного обеспечения [5].

Экспериментальные исследования по определению энергетической ценности проводили в соответствии с технологической схемой производства полизлакового продукта высокой степени готовности, которая приведена на рис. 1. Технологический процесс производства полизлаковых продук-

тов питания высокой степени готовности предусматривает эффективное ведение следующих технологических процессов: дозирование, смешивание, экструдирование, охлаждение, упаковка и складирование готовой продукции.

Для ведения технологического процесса производства полизлаковых продуктов высокой степени готовности применяют следующее технологическое оборудование: транспортирующие механизмы 1, просеиватель муки 2, оперативные бункера 3, дозаторы 4, цепной (или шнековый) транспортер 5, смеситель 6, экструдер 7, барабанная сушилка 8 и бункер для готовой продукции 9.

Таблица 1. Рецептúra полизлакового продукта высокой степени готовности "Фитнес"

№	Наименование компонента	Содержание
1	Цельнозерновая ячменная мука	6,36 %
2	Цельнозерновая кукурузная мука	42,75 %
3	Цельнозерновая овсяная мука	20,0 %
4	Цельнозерновая гречневая мука	24,54 %
5	Цельнозерновая просынная мука	6,35 %
Расчетные значения калорийности и энергетической ценности		
1	Расчетное содержание протеина в смеси, %	14,28
2	Расчетное содержание крахмала в смеси, %	62,32
3	Расчетное содержание клетчатки в смеси, %	7,46
4	Расчетное значение калорийности смеси, ккал	318,87
5	Расчетное значение энергетической ценности, кДж	1334,15
Фактические значения калорийности и энергетической ценности		
1	Фактическое значение калорийности смеси, ккал	313,11
2	Фактическое значение энергетической ценности, кДж	1310,05

Таблица 2. Рецептúra полизлакового продукта высокой степени готовности "Здоровье"

№	Наименование компонента	Содержание
1	Цельнозерновая кукурузная мука	16,66 %
2	Цельнозерновая овсяная мука	26,20 %
3	Цельнозерновая гречневая мука	50,0 %
4	Цельнозерновая просынная мука	7,14 %
Расчетные значения калорийности и энергетической ценности		
1	Расчетное содержание протеина в смеси, %	14,04
2	Расчетное содержание крахмала в смеси, %	59,753
3	Расчетное содержание клетчатки в смеси, %	10,281
4	Расчетное значение калорийности смеси, ккал	318,78
5	Расчетное значение энергетической ценности, кДж	1333,77
Фактические значения калорийности и энергетической ценности		
6	Фактическое значение калорийности смеси, ккал	313,81
7	Фактическое значение энергетической ценности, кДж	1312,98

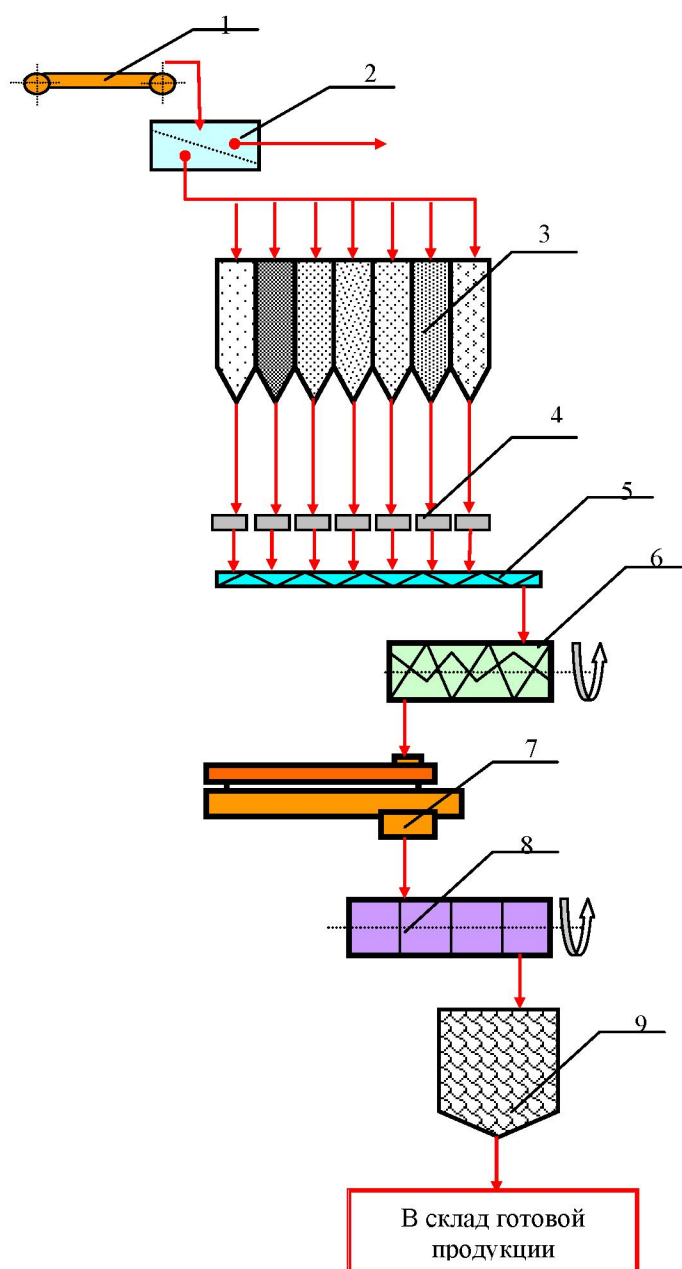


Рисунок 1. Технологическая схема производства экструдированных полизлаковых продуктов высокой степени готовности "Фитнес" и "Здоровье"

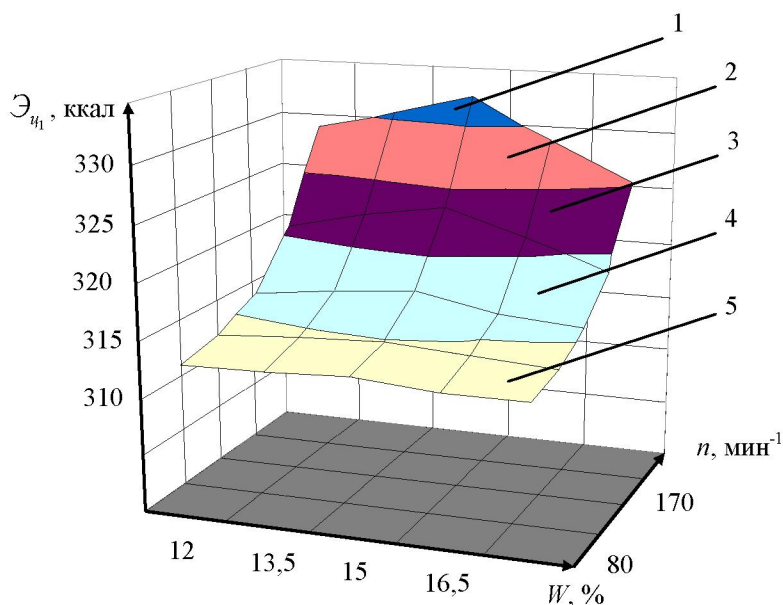
Технологический процесс производства полизлаковых продуктов питания высокой степени готовности "Фитнес" и "Здоровье" заключается в следующем. Полизлаковая смесь подается в оперативные бункера 3 для создания сырьевого запаса на технологической линии. После чего равномерным потоком в соответствии с заданной рецептурой (см. табл. 1-2) сыпучее мучное сырье подается в автоматические дозаторы 4. 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, где в результате высокотемпературной экструзии происходит разрушение полимерной структуры основных компонентов крахмалосодержащего сырья, клейстеризация, вызванная действием высокой температуры, возникающей при переходе механической энергии в тепловую энергию, вызывая при этом набухание крахмала в полизлаковой смеси. Экструдирование полизлаковой смеси осуществляется горячим способом. Технологические параметры для оптимизации процесса экструдирования приведены в табл. 3.

Таблица 3. Технологические параметры процесса экструзии

№	Наименование параметра экструзии	Значение	
		начальное	конечное
1	Виды экструзии	горячая	
2	Температура, °С (на выходе готовой продукции)	130	250
3	Давление, МПа	12	25
4	Число оборотов, мин ⁻¹	80	250

Результаты исследований. На основании экспериментальных данных строили график зависимости калорийности мучной полизлаковой смеси для производства продуктов высокой степени готовности "Фитнес" и "Здоровье" в зависимости от переменных значений влажности и частоты вращения рабочего органа.

Обсуждение исследований. На рис. 2 приведена трехмерная модель, характеризующая зависимость изменения значений энергетической ценности полизлаковой смеси на основе муки из цельнозернового зерна злаковых культур для производства продукта "Фитнес" от переменных значений влажности мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экструдера.



$$\mathcal{E}_{и} = 631,0161 - 38,4253 W - 0,3930 n + 0Wn + 1,2729 W^2 + 0,0015 n^2$$

область, характеризующаяся калорийностью:

1 – 330÷335 ккал; 2 – 325÷330 ккал; 3 – 320÷325 ккал; 4 – 315÷320 ккал; 5 – 310÷315 ккал

Рисунок 2. Зависимость энергетической ценности полизлакового продукта высокой степени готовности "Фитнес"

($\mathcal{E}_{и}$, ккал) от влажности (W , %) и частоты вращения рабочего органа (n , мин⁻¹)

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что увеличение частоты вращения рабочего органа (шнека) экструдера n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению значений энергетической ценности полизлакового продукта питания высокой степени готовности ($\mathcal{E}_{и}$, ккал). При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси незначительно повлияла на изменение значения $\mathcal{E}_{и}$ в процессе экструдирования.

Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12 % и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение $\mathcal{E}_{и}$ соответствовало 313,38 ккал. При $W = 13,5$ % и $n = 80$ мин⁻¹ значение $\mathcal{E}_{и}$ со-

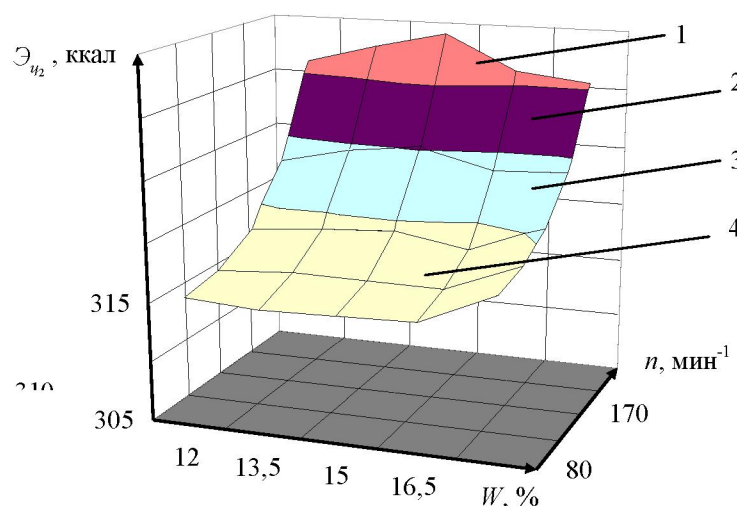
ставило 313,47 ккал. Увеличение влажности до 15 % приводило к увеличению значения энергетической ценности до 313,85 ккал. Дальнейшее увеличение влажности до 18 % снижало значения \mathcal{E}_{u_1} экструдата до 313,3 ккал.

Аналогичные зависимости были получены при изменении значений частоты вращения рабочего органа с 120 до 250 мин⁻¹. Так, например, при $n = 120$ мин⁻¹ и $W = 12$ % значение \mathcal{E}_{u_1} составило 314,0 ккал. Увеличение значений n до 170 мин⁻¹ приводило к увеличению \mathcal{E}_{u_1} до 316,01 ккал. Увеличение значений n до 210 мин⁻¹ также приводило к увеличению значения \mathcal{E}_{u_1} до 320,75 ккал. При дальнейшем увеличении частоты вращения рабочего органа до 250 мин⁻¹ значение энергетической ценности продукта высокой степени готовности "Фитнес" составило 328,75 ккал. В ходе экспериментальных исследований установлено максимальное значение $\mathcal{E}_{u_1} = 332,34$ ккал, которое достигается при частоте вращения рабочего органа $n = 250$ мин⁻¹ и $W = 15$ %.

На рис. 3 приведена трехмерная модель, характеризующая зависимость изменения значений энергетической ценности полизлаковой смеси на основе муки из цельносомлотого зерна злаковых культур для производства продукта "Здоровье" от переменных значений влажности мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экструдера.

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что увеличение частоты вращения рабочего органа (шнека) экструдера n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит также к увеличению значений энергетической ценности полизлакового продукта питания высокой степени готовности (\mathcal{E}_{u_2} , ккал). При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси также незначительно повлияла на изменение значения \mathcal{E}_{u_2} в процессе экструдирования.

Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12 % и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение \mathcal{E}_{u_2} соответствовало 315,72 ккал. При $W = 13,5$ % и $n = 80$ мин⁻¹ значение \mathcal{E}_{u_2} составило 315,33 ккал. Увеличение влажности до 15 % приводило к увеличению значения энергетической ценности до 315,6 ккал. Дальнейшее увеличение влажности до 18 % снижало значение \mathcal{E}_{u_2} полученного экструдата до 318,45 ккал.



$$\mathcal{E}_{u_2} = 589,0392 - 29,1706 W - 0,5388 n + 0,0037 Wn + 0,9436 W^2 + 0,0001 n^2$$

область, характеризующаяся калорийностью:

1 – 330÷335 ккал; 2 – 325÷330 ккал; 3 – 320÷325 ккал; 4 – 315÷320 ккал

Рисунок 3. Зависимость энергетической ценности полизлакового продукта высокой степени готовности "Здоровье"

(\mathcal{E}_{u_2} , ккал) от влажности (W , %) и частоты вращения рабочего органа (n , мин⁻¹)

Аналогичные зависимости были получены при изменении значений частоты вращения рабочего органа с 120 до 250 мин⁻¹. Так, например, при $n = 120$ мин⁻¹ и $W = 12$ % значение \mathcal{E}_{u_2} составило

316,36 ккал. Увеличение значений n до 170 мин^{-1} приводило к увеличению \mathcal{E}_{u_2} до 318,3 ккал. Увеличение значений n до 210 мин^{-1} также приводило к увеличению значения \mathcal{E}_{u_2} до 323,05 ккал. При дальнейшем увеличении частоты вращения рабочего органа до 250 мин^{-1} значение энергетической ценности продукта высокой степени готовности "Здоровье" составило 331,05 ккал. В ходе экспериментальных исследований установлено максимальное значение $\mathcal{E}_{u_2} = 334,9$ ккал, которое достигается при частоте вращения рабочего органа $n = 250 \text{ мин}^{-1}$ и $W = 15 \%$.

Выводы. Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований по исследованию процесса экструдирования полизлаковых смесей для приготовления продуктов высокой степени готовности "Фитнес" и "Здоровье" установлена зависимость изменения их энергетической ценности от переменных значений влажности полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экструдера. Полученные зависимости позволяют с достаточной точностью прогнозировать изменение энергетической ценности \mathcal{E}_{u_1} и \mathcal{E}_{u_2} (ккал) в исследованном диапазоне значений факторов W (%) и n (мин^{-1}). Анализ полученных трехмерных поверхностей позволяет сделать заключение о преобладающем влиянии частоты вращения рабочего органа экструдера на изменение энергетической ценности полизлаковых смесей для приготовления продуктов высокой степени готовности "Фитнес" и "Здоровье". Влажность полизлаковой смеси оказывает незначительное влияние на изменение энергетической ценности полизлаковых смесей для приготовления продуктов высокой степени готовности "Фитнес" и "Здоровье".

ЛИТЕРАТУРА

1. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Джумабекова Г.Б. и др. Пути повышения конкурентоспособности крупяной промышленности // Аналитический обзор. – Астана: ЦНТИ, 2006. – 42 с.
2. Платова Е.Ю. Разработка технологии экструзионных продуктов на основе комбинированного крупяного сырья: Дисс...канд. техн. наук: 05.18.02, Москва, 1993.
3. Рудась П.Г. Разработка экструзионной технологии получения новых видов и специальных форм пищевых продуктов на основе зернового сырья. Дисс...канд. техн. наук: 05.18.01, Москва, 1998.
4. Курцева В.Г. Разработка новых мучных продуктов для диетического и детского питания из зернового сырья. Дисс...канд. техн. наук: 05.18.01, Москва, 1997.
5. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Шарип М.Т. Расчет рецептуры композитной смеси (программа для ЭВМ) // Свидетельство о государственной регистрации объекта интеллектуальной собственности № 583 от 25 декабря 2007 г.

ПОЛИДЭНДІ ҚОСПАНЫ ЭКСТРУДИРЛЕГЕН КЕЗДЕГІ ДАЙЫН ӨНІМНІҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ ТУРАЛЫ Резюме

Толық түрде ұнтақталған астықтан жасалған ұн негізінде дайындалған полидэнді қоспаны экструдирлеу үдерісіне тәжірибелік зерттеулер жүргізудің қорытындылары келтірілген. Полидэнді қоспаның энергетикалық құндылығының полидэнді қоспа ылғалдылығының және экструдердің жұмыс тегінің (шнектің) айналу жиілігінің ауытқуына тәуелділігі зерттелген.

Экструдердің жұмыс тегінің айналу жиілігінің полидэнді қоспаның энергетикалық құндылығының өзгеруіне елеулі әсері дәлелденген. Полидэнді қоспа ылғалдылығы дайындығы жоғары дәрежелі "Фитнес" және "Здоровье" өнімдерінің энергетикалық құндылығының өзгеруіне аздаған әсер етеді.

Дайындығы жоғары дәрежелі "Фитнес" және "Здоровье" полидэнді өнімдерін өндіру бірінші рет қазақстандық селекциялы полидэнді астық шикізаты негізінде іске асқан, бұл жұмыстың ғылыми жаңалығы болып табылады.

OSPANOVA A. A., TIMURBEKOVA A. K., MUSLIMOV N. J.

THE ENERGY VALUE OF PREPARED FOODS IN EXTRUDING THE POLYCEREALS

Summary

The article presents the results of experimental studies of extruded poly-cereal mixture, prepared on the basis of flour from whole-milled grain. The change of energy value of poly-cereal mixtures depending on the variable humidity values of poly-cereal mixtures, and rotation frequency of the working body of the extruder (auger) are studied.

As a result it was found the predominant influence of the working body of the experimental setup to change the energy value of the poly-cereal mixtures. The humidity of poly-cereal mixtures has insignificant effect on the change of energy value of products of high readiness "Fitness" and "Health".

Scientific novelty is that the production of poly-cereal convenience food "Fitness" and "Health" was first performed on the basis of poly-cereal grain raw of Kazakhstan selection.