

ISSN 2414-9845 (Online)
ISSN 2410-0242 (Print)



ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY

№3 (08) 2016

Научно-теоретический и практический журнал

ISSN 2414-9845 (Online)
ISSN 2410-0242 (Print)



**ИННОВАЦИОННАЯ
ТЕХНИКА И
ТЕХНОЛОГИЯ**

INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

№3 (08) 2016

Научно-теоретический и практический журнал

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

№ 3 (08) 2016

Научно-теоретический и практический журнал
Издается с 2014 года

Главный редактор

Д. И. Фролов, канд. техн. наук, доцент
(Пензенский государственный технологический университет)

Зам. главного редактора

А. А. Курочкин, д-р техн. наук, профессор
(Пензенский государственный технологический университет)

Редакционная коллегия:

А. М. Зимняков, канд. хим. наук, доцент
(Пензенский государственный университет);

В. М. Зимняков, д-р экон. наук, профессор
(Пензенская государственная сельскохозяйственная академия);

В. В. Коновалов, д-р техн. наук, профессор
(Пензенский государственный технологический университет);

А. И. Купреенко, д-р техн. наук, профессор
(Брянский государственный аграрный университет);

В. И. Курдюмов, д-р техн. наук, профессор
(Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П. А. Столыпина);

О. Н. Кухарев, д-р техн. наук, профессор
(Пензенская государственная сельскохозяйственная академия);

В. А. Милюткин, д-р техн. наук, профессор
(Самарская государственная сельскохозяйственная академия);

В. Ф. Некрашевич, д-р техн. наук, профессор
(Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева);

С. В. Чекайкин, канд. техн. наук, доцент
(Пензенский государственный технологический университет);

Г. В. Шабурова, канд. техн. наук, доцент
(Пензенский государственный технологический университет)

Адрес редакции:

Фролов Дмитрий Иванович
г. Пенза, ул. Антонова, д.26 к.209
E-mail: surr@bk.ru
Издается 4 раза в год

Журнал «Инновационная техника и технология» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ):
<http://www.elibrary.ru>

Входит в международную информационную систему по сельскому хозяйству AGRIS.

INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

No. 3 (08) 2016

Scientific theoretical and practical journal
Issued since 2014

Editor-in-Chief

D. I. Frolov, candidate of technical sciences,
associate professor
(Penza State Technological University)

Deputy-chief editor

A. A. Kurochkin, doctor of technical sciences, professor
(Penza State Technological University)

Editorial board members:

A. M. Zimnyakov, cand. of chemical sciences, assoc. professor
(Penza State University);

V. M. Zimnyakov, doctor of economic sciences, professor
(Penza State Agricultural Academy);

V. V. Konovalov, doctor of technical sciences, professor
(Penza State Technological University);

A. I. Kupreenko, doctor of technical sciences, professor
(Bryansk State Agrarian University);

V. I. Kurdyumov, doctor of technical sciences, professor
(Ulyanovsk State Agricultural Academy
in honor of P.A. Stolypin);

O. N. Kuharev, doctor of technical sciences, professor
(Penza State Agricultural Academy);

V. A. Milutkin, doctor of technical sciences, professor
(Samara State Agricultural Academy);

V. F. Nekrashevich, doctor of technical sciences, professor
(Ryazan State Agrotechnological University
Named After P.A. Kostychev);

S. V. Chekaykin, cand. of technical sciences,
associate professor
(Penza State Technological University);

G. V. Shaburova, candidate of technical sciences,
associate professor
(Penza State Technological University)

The editorial office address:

Dmitry Ivanovich Frolov
Penza, st. Antonov 26-209
E-mail: surr@bk.ru
Issued 4 times a year

“Innovative machinery and technology” is included into the Russian Scientific Citation Index system:
<http://www.elibrary.ru>
Included in the international information system for agriculture AGRIS.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Использование грушевой выжимки в производстве пищевых продуктов <i>Гусакова Г. С., Евстафьев С. Н.</i>	5
Оптимизация планировочных решений производственных помещений предприятий общественного питания <i>Буланов Э. А., Курочкин А. А., Чекайкин С. В.</i>	12
Оптимизация смесей с сбалансированным биохимическим составом и возможностями для их экструзии <i>Фролов Д. И.</i>	18
Функциональный пищевой композит из смеси зерна пшеницы и семян льна <i>Курочкин А. А.</i>	27
Перспективные технические и технологические решения в производстве кваса <i>Шабурова Г. В., Воронина П. К., Курмаева Л. И.</i>	34

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Обоснование диаметра прикатывающих колец почвообрабатывающего катка гребневой сеялки <i>Курдюмов В. И., Зыкин Е. С., Хайбуллина Л. Н.</i>	41
Пути совершенствования управления процессом доения животных <i>Аткешев О. А., Доровских В. И.</i>	46
Моделирование мощности вертикального лопастного смесителя на основе статистических выражений <i>Фомина М. В., Коновалов В. В., Чупшев А. В., Терюшков В. П.</i>	50
Моделирование изменения качества смеси лопастного смесителя на основе технологических параметров <i>Коновалов В. В., Чупшев А. В., Фомина М. В.</i>	57

ТРИБУНА МОЛОДОГО УЧЕНОГО

Программа моделирования свойств экструдата овса в экструдере с вакуумной камерой <i>Денисов А. О.</i>	67
Перспективы применения экструдированного овса в технологии производства кваса <i>Курмаева Л. И.</i>	73

ИНФОРМАЦИЯ

Сведения об авторах. Требования к оформлению статей	77
--	----

CONTENTS

FOOD TECHNOLOGY

Use pomace pear in food production <i>Gusakova G. S., Evstaf'ev S. N.</i>	5
Optimization of planning decisions of industrial premises catering <i>Bulanov E. A., Kurochkin A. A., Chekaykin S. V.</i>	12
Optimization of mixtures with a balanced chemical composition and possibilities for their extrusion <i>Frolov D. I.</i>	18
Functional food composite from mix of grain of wheat and seeds of flax <i>Kurochkin A. A.</i>	27
Promising technical and technological solutions in the production of fermented beverages <i>Shaburova G. V., Voronina P. K., Kurmaeva L. I.</i>	34

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

Substantiation of diameter of the packer rings rink raised bed planter <i>Kurdyumov V. I., Zykin E. S., Khaybullina L. N.</i>	41
Ways to improve the management of milking animals <i>Atkeshev O. A., Dorovskih V. I.</i>	46
Modeling of power vertical paddle mixer based on statistical expressions <i>Fomina M. V., Konovalov V. V., Chupshev A. V., Teryushkov V. P.</i>	50
Modeling changes in the quality mix paddle mixer on the basis technological parameters <i>Konovalov V. V., Chupshev A. V., Fomina M. V.</i>	57

TRIBUNE OF YOUNG SCIENTISTS

Simulation program properties extrudate oats in an extruder with a vacuum chamber <i>Denisov A. O.</i>	67
Prospects of application of extruded oat kvass production technology <i>Kurmaeva L. I.</i>	73

INFORMATION

Information about the authors. Requirements for the articles	77
---	----

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

УДК 664.85

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУШЕВОЙ ВЫЖИМКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Гусакова Г. С., Евстафьев С. Н.

Работа посвящена изучению возможности использования выжимок уссурийской груши для получения пектиновых экстрактов и пищевых порошков. Целью работы являлась разработка принципиальной технологической схемы переработки грушевых выжимок. На сегодняшний день в России подобные производства отсутствуют. При проведении исследований использованы современные физические и физико-химические методы анализа. Приведены результаты изучения физико-химического состава выжимок. Определено содержание физиологически активных соединений, % на а. с. м.: эфирное масло – 0,4; водорастворимые соединения – 42,5; пектиновые вещества – 2,6; липиды – 3,9 (без восков), воска – 0,5, жирные кислоты 0,7. Выявлено, что основными сахарами являются глюкоза и фруктоза. Доля арабинозы, ксилозы и галактозы в общем составе сахаров составляет 2,2 %. Среди жирных кислот $C_8 - C_{28}$ преобладают пальмитолеиновая, олеиновая и линолевая кислоты. С помощью ренгенофлуоресцентного анализа определены 11 макро- и 9 микроэлементов. Разработана блок-схема получения пектинового экстракта из выжимок груши уссурийской. Приведена органолептическая характеристика, определены технологические показатели готовых продуктов. Выполнены расчеты получения чистого пектина с 1 га промышленного сада.

Ключевые слова: пектин, порошок, химический состав, эфирные масла, экстракт.

Введение

По распространению в садах груша является второй культурой после яблони. Несколько уступая по зимостойкости, обладает важным преимуществом: отсутствием периодичности плодоношения. Плоды обладают высокой лечебной и питательной ценностью. Широко используются предприятиями пищевой промышленности для производства соков, экстрактов, концентратов, безалкогольных и алкогольных плодово-ягодных напитков [1–7, 16]. При этом образуются выжимки, содержащие различные функциональные компоненты пищевые волокна, биофлавоноиды, эфирные масла, что обеспечивает перспективу их вторичной переработки [5]. При этом технологические режимы должны быть оптимизированы не только экономически, но и, прежде всего, обеспечивать сохранность биологически активных соединений. Наибольший интерес представляют пектиновые вещества, обладающие широким спектром лечебных свойств. И как показывают исследования наибольшей детоксикационной и радиопротекторной способностью обладают пектиновые экстракты, а не сухие пектины [7]. Учитывая отсутствие на территории России крупных предприятий по переработке выжимок и получению пектина, целесообразнее организовать переработку свежих выжимок в местах их получения, исключая дорогостоящие технологии очистки,

получать полуфабрикаты в виде пектинового экстракта и пищевых порошков.

Цель проведенных исследований – разработка принципиальной технологической схемы переработки грушевых выжимок.

Объекты и методы исследований

Для получения выжимок плоды груши уссурийской очищали от плодоножек и семян, измельчали, сок отделяли на лабораторном прессе. Выжимки сушили в вакуумном шкафу при 40 °C до постоянной массы и измельчали до крупности 0,3–0,5 мм.

Фракционирование порошка осуществляли по схеме последовательной обработки, включающей перегонку с паром для выделения эфирных масел и водорастворимых продуктов, из которых этанолом осаждали гидратопектин и протопектин по методике; этанольный экстракт получали исчерпывающей экстракцией этанолом в аппарате Сокслета. Из этанольного экстракта извлекали воск отстаиванием при температуре 0–6 °C в течение 12 ч с последующим фильтрованием [8], жирные кислоты [9] и гексанорастворимые соединения.

Состав эфирных масел и гексанового экстракта анализировали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975

Таблица 1 – Состав моносахаридов фракции водорастворимых соединений порошка выжимок груши

Фракция	Содержание, % масс.						
	Ara	Xyl	Gal	Glc	Fru	Rha	Gla
Исходная	0,8	1,2	0,2	31,7	8,1	-	-
Гидролизат	18,2	6,3	4,2	41,3	0,9	3,2	13,2

фирмы «Agilent Technologies». Энергия ионизации – 70 эВ. Температура сепаратора – 280°C, ионного источника – 230°C. Кварцевая колонка 30000×0,25 мм со стационарной фазой (95 % диметил-5 % дифенилполисилоксан). Условия анализа: 3 минуты изотермы при 60°C с последующим подъемом температуры до 250°C со скоростью 6°C в минуту с выдержкой в течение 20 мин при 250°C. Идентификация компонентов осуществлена с использованием библиотеки масс-спектров «NIST05». Относительное количественное содержание компонентов во фракции вычислено методом внутренней нормализации по площадям пиков без корректирующих коэффициентов чувствительности.

Условия количественного анализа моносахаридов: 3 минуты изотермы при 125°C с последующим подъемом температуры до 250°C со скоростью 6 градусов в минуту с выдержкой в течение 10 мин при 250°C. В качестве внутреннего стандарта использовали ксилит. Анализировали образцы после силилирования смесью триметилхлорсилана и гексаметилдисилазана в среде пиридина [10]. Кислотный гидролиз водорастворимых соединений осуществляли 2М раствором трифторуксусной кислоты [10].

Условия анализа кислот: 3 минуты изотермы при 50°C с последующим подъемом температуры до 200°C со скоростью 5°C в минуту, далее до 280°C со скоростью 10°C в минуту с выдержкой в течение 20 мин при 280°C. Идентификация компонентов осуществлена с использованием библиотеки масс-спектров «NIST05». Относительное количественное содержание компонентов во фракции вычислено методом внутренней нормализации по площадям пиков без корректирующих коэффициентов чувствительности.

Гидратопектин выделяли из водорастворимых продуктов осаждением этанолом, для его деминерализации использовали Н-катионит КУ-2-8.

Содержание редуцирующих сахаров в водорастворимых продуктах определяли фенол-сернокислотным методом [17], степень этерификации и комплексообразующую способность гидратопектина – по методикам [11], содержание клетчатки – азотно-спиртовым методом, общего азота – методом Кьельдаля. Содержание макро- и микроэлементов в порошке анализировали методом рентгенофлуоресцентного анализа.

Результаты и их обсуждение

В составе порошка из выжимок выделены компоненты, % на а. с. м.: водорастворимые продукты

– 42,5; воска 0,5; жирные кислоты – 0,7; липиды – 3,9; гидратопектин – 2,6; протопектин – 0,07; эфирное масло – 0,4.

Преобладающая часть выделенных из порошка растворимых продуктов представлена водорастворимыми соединениями с относительно высоким содержанием гидратопектина и редуцирующих веществ. Степень этерификации гидратопектина составила 88,9%. Согласно существующей классификации он является высокоэтерифицированным. Суммарное содержание моносахаридов во фракции водорастворимых соединений составляет 42%. Основными моносахаридами являются, прежде всего, глюкоза и фруктоза. На долю арабинозы, ксилозы и галактозы приходится лишь 2,2% (табл. 1).

После кислотного гидролиза их содержание возрастает до 28,7%, в большей степени за счет арабинозы. Снижение содержания фруктозы обусловлено, вероятно, ее изомеризацией в глюкозу. Появление в гидролизате рамнозы и галактуроновой кислоты вызвано гидролизом пектиновых веществ.

Основными компонентами липидов порошка являются, % отн.: кислоты – 40,8; сложные эфиры – 48,7; спирты $C_5 - C_{18}$ – 4,6 и алканы $C_{14} - C_{28}$ – 5,7.

В составе кислот липидов порошка найдены жирные кислоты $C_8 - C_{28}$ с доминирующим содержанием пальмитолеиновой, олеиновой и линолевой кислот. В следовых количествах присутствуют бензойная, салициловая, ванилиновая, малоновая, яблочная и лимонная кислоты.

Сложные эфиры представлены, в основном, этиловыми эфирами одноосновных предельных ($C_2 - C_{26}$), непредельных (пальмитоолеиновая, олеиновая, линолевая), двухосновных (янтарная) и ароматических (бензойная, фенилуксусная) кислот, оксикислот (молочная, яблочная) и оксокислот (левулиновая). Наряду с этиловыми эфирами обнаружены метил- и изопропилпальмитаты, бензилацетат, фенилэтилацетаты и 1-глицериллинолеат.

В составе алканов преобладают гомологи с четным числом атомов углерода в молекуле. Присутствуют также сесквитерпены – α - и β -фарнезены с содержанием 1,7 % на фракцию липидов.

В составе эфирных масел (табл. 2) около 40% от суммы идентифицированных соединений представлено алифатическими одноатомными ($C_4 - C_8$), двухатомными (C_4, C_8), монотерпеновыми (α -терпинеол), сесквитерпеновыми (неролидол, фарнезол), а также ароматическими (бензиловый, 2-фенилэтанол) спиртами.

Основным компонентом спиртов является 2-фенилэтанол, на долю которого приходится 35,7%

Таблица 2 – Компонентный состав эфирного масла выжимок грейпфрута

Компонент	Содержание, в % *	Компонент	Содержание, в % *
Спирты:	39,4	гамма-декалактон	0,27
2-метилбутанол-1	0,05	Кислоты:	4,6
2,3-бутандиол	0,32	изовалерьяновая	0,9
гексанол	0,56	капроновая	0,46
гептанол	0,07	энантовая	0,17
октанол	0,78	каприловая	0,51
2-октенон	0,05	каприновая	0,63
октандиол-2,3	0,36	пальмитиновая	0,66
октандиол-1,3	17,43	линолевая	0,61
бензиловый спирт	1,24	олеиновая	0,68
2-фенилэтанол	14,42	Сложные эфиры:	21,1
2-феноксизэтанол	0,05	этилацетат	0,41
α -терпинеол	0,1	гексилацетат	0,17
эвгенол	0,34	1-октенилацетат	2,11
неролидол	0,7	2-метоксипропилацетат	0,24
фарнезол	2,93	бензилацетат	0,58
Альдегиды:	3,6	2-фенилэтилацетат	10,25
гексаналь	0,41	моноацетат гександиола-1,5	0,1
гептаналь	0,68	диацетат 1,3-пропандиола	0,15
2-гептеналь	0,1	диацетат 2,3-бутандиола	0,58
октаналь	0,05	диацетат 1,3-бутандиола	0,07
2-октеналь	0,17	диацетат 1,2-гександиола	0,22
нонааль	0	триацетат бутантриола- 1,2,4	0,63
2-ноненаль	0,32	изопентилгексаноат	0,68
деканаль	0,05	этил-3-оксигексаноат	0,51
2,4-нонадиеналь	0,12	этилмиристат	0,12
2,4-декадиеналь	0,24	изопропилмиристат	0,17
фурфурол	0,29	этилпентадеканоат	0,24
бензальдегид	0,24	метилпальмитат	0,17
фенилэтаналь	0,07	этилпальмитат	0,58
ванилин	0,36	этилолеат	0,56
цис-фарнезаль	0,53	этилстеарат	0,66
Кетоны, лактоны:	0,6	ундецилдодеканоат	1,94
2-метилпентанон-3	0,1	Алканы $C_{12}-C_{28}$	16,6
гамма-капролактон	0,1	Неидентифицированные	14,1
геранилацетон	0,15		

* от суммы идентифицированных компонентов

от их общего содержания. Обнаружено также душистое вещество фенольной природы – эвгенол.

На долю сложных эфиров приходится 21,1% отн. В их составе присутствуют эфиры предельных одноосновных кислот C_2-C_6 , среди которых более 90% – ацетаты. Спиртовая составляющая эфиров представлена одноатомными (C_2-C_8) и двухатомными (C_4-C_6) спиртами.

На долю свободных одноосновных предельных карбоновых кислот C_5-C_{18} приходится 4,6%.

В составе альдегидов, с общим содержанием

3,6% отн., присутствуют предельные (C_6-C_{10}), непредельные (2-гептеналь, 2-октеналь, 2-ноненаль, 2,4-нонадиеналь и 2,4-декадиеналь) и ароматические (бензальдегид, фенилэтаналь, ванилин) соединения.

Обнаружены также сесквитерпеновый альдегид цис-фарнезаль и фурфурол.

Методом рентгенофлуоресцентного анализа в порошке было определено 11 макро- и 9 микроэлементов (табл. 3).

Из макроэлементов в наибольшем количе-

Таблица 3 – Содержание макро- и микроэлементов в порошке выжимок

Макроэлементы	Содержание, %	Микроэлементы	Содержание, мкг/г
Mn	0,001	Pb	н/о
Na	0,005	Ni	2,3
Al	0,007	Cr	<2,4
Cl	н/о	Sr	4,7
Fe	0,009	Ti	6,6
Si	0,02	Ba	7,5
S	0,05	Cu	17,8
Mg	0,032	Rb	6,9
Ca	0,07	Zn	29,4
P	0,106		
K	0,59		

стве порошки содержат калий, фосфор, кальций. Сто грамм продукта перекрывает треть суточной потребности взрослого организма в калии, который оказывает благотворное влияние на работу сердечной мышцы. Из микроэлементов в наибольшем количестве содержатся цинк и медь. Содержание токсичных элементов находится в допустимых пределах концентраций установленных СанПиН 2.3.2.560-96. Количество меди и свинца ниже ПДК в два раза, а цинка почти в три раза.

Полученные данные свидетельствуют о высоком содержании биологически активных соединений, что позволяет сделать вывод о необходимости дальнейшей переработки. Для этого была состав-

лена блок-схема получения пектинового экстракта и пищевого порошка (рис.1), включающая следующие операции: приемка сырья по количеству и качеству, экстракция пектиновых веществ, фильтрация, концентрирование пектинового экстракта, расфасовка. Оставшийся шрот поступает на сушку, дробление и расфасовку.

На основе литературных данных [12–16], подобраны технологические режимы. Предпочтительнее перерабатывать свежие выжимки, но при необходимости можно сульфитировать (дозировка SO_2 0,17–0,2%) или сушить. В зависимости от возможностей предприятия сушка может быть конвективной (50–55°C, 12–24 ч.) или сублимационной.

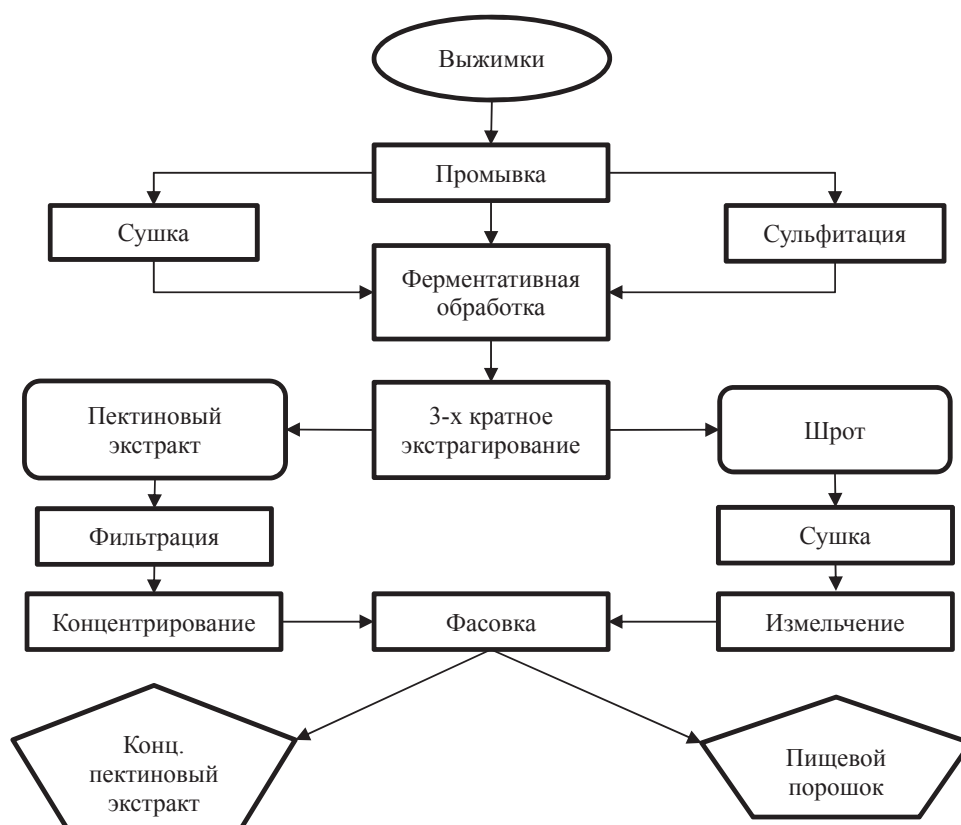


Рис. 1. Блок-схема получения пектинового экстракта

Вторая имеет преимущества т.к. оценка пищевой ценности продукта показывает, что по органолептическим и физико-химическим показателям имеет незначительные отличия от исходного сырья [20].

После приемки сырье промывается водой до содержания сухих веществ в сточной воде не более 0,3%. Если есть необходимость понизить содержание тяжелых металлов воду подщелачивают до pH 8,0. Далее обрабатывают ферментным препаратом цитолитического действия, для освобождения протопектина и увеличения выхода целевого продукта.

Основным технологическим процессом является экстракция, эффективность которой зависит от следующих факторов: диффузионного сопротивления сырья (в основном сопротивления клеточной оболочки растительной ткани), температуры и продолжительности процесса. При температуре 65°C проводится трехкратное экстрагирование подкисленной (pH 3,5–4,0) водой. После фильтрации центрифугированием пектиновый экстракт концентрируется при температуре 50°C в роторно-пленочном аппарате до содержания пектиновых веществ 1,5–1,7% и направляется на фасовку.

Твердая фаза, представленная в основном пищевыми волокнами, сушится, дополнительно измельчается и идет в производство хлебобулочных и кондитерских изделий.

Разработанная схема апробирована в лабораторных условиях. Полученный пектиновый экстракт представлял из себя слегка вязкую, светло коричневого цвета жидкость, со слабо выраженным ароматом и вкусом сырья. Содержание, в%: сухих веществ–6,9; пектиновых веществ–0,6; pH–3,8.

На основе полученных данных выполнены расчеты по выходу целевого продукта. При содержании в сухих выжимках пектиновых веществ 2,6% из одного килограмма с учетом потерь можно получить около 20 г чистого пектина. Исходя из содержания сухих веществ в плодах груши 30%, выход пектина из 1 кг груш составит 6 г или 6 кг из 1 тонны. При средней урожайности 10 т/га с 1 га промышленного сада можно получить 60 кг чистого пектина.

Выводы

На основе изучения физико-химического состава порошка из плодов груши уссурийской, произрастающей в Иркутской области установлено, что он имеет относительно высокое содержание сахаров, определяющих его энергетическую ценность, и широкий состав биологически активных соединений: кислот, пектиновых, ароматобразующих соединений, макро- и микроэлементов. Получены новые данные по содержанию и соотношению компонентов эфирного масла. Разработана блок-схема получения пектинового экстракта и пищевого порошка из выжимок груши уссурийской. Приведена органолептическая характеристика, определены технологические показатели готовых продуктов. На основе полученных данных проведены расчеты получения чистого пектина с 1 га промышленного сада.

Список литературы

- [1] Гусакова Г.С. Химический состав плодов уссурийской груши (*Pyrus ussuriensis* Maxim) // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2012. – № 2. – С. 53–57.
- [2] Гусакова Г.С. Биопродукты комплексной переработки плодов уссурийской груши // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2013. – № 4 (1). – С. 53–57.
- [3] Пикулева Е.Н., Типсина Н.Н. Пищевая ценность Сибирской груши // Инновационные тенденции развития российской науки мат. VI Международной науч.-практ. конф. молодых ученых. – Красноярск: 2013. – С. 204–206.
- [4] Типсина Н.Н., Пикулева Е.Н., Туманова А.Е. Порошок из Сибирской груши для производства кексов // Пищевая промышленность. – 2014. – № 2. – С. 34–35.
- [5] Чередниченко К.В. Разработка технологии функциональных пищевых продуктов из различных сортов груши // Дис. канд. тех. н-к. – Краснодар, 2001. – 169 с.
- [6] Lokvanets O. V., Litovchenko O. M. A study of the effect of technological approach on the quality of pear wine materials / O. V. Lokvanets, O. M. Litovchenko // Виноградарство и виноделие. – 2011. – Т. 41. – № 2. – С. 117–119.
- [7] Влащик Л.Г. Виноградный пектиновый экстракт для напитков // Виноделие и виноградарство. – 2002. – № 4. – С. 20–21.
- [8] Рошин В.И. Групповой состав экстрактивных веществ листьев и побегов осины (*Populus tremula* L) // Химия древесины. – 1986. – № 4. – С. 106–109.
- [9] Рошин В.И. Состав экстрактивных веществ хвои и побегов ели европейской // Химия древесины. – 1983. – № 4. – С. 56–61.
- [10] Костенко В.Г. Хроматографический анализ сахаров, получаемых в процессе переработки растительного сырья. – М., 1984. – 44 с.

- [11] Донченко, Л. В. Технология пектина и пектинопродуктов. – М.: ДеЛи, 2000. – 251 с.
- [12] Косарева О. И. Ферментная обработка в технологии получения пектинопродуктов. // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 12. – С. 132–134.
- [13] Донченко Л. В., Нелина В. В., Карпович Н. С., Лысянский В. М. Влияние температуры на экстрагирование пектина // Пищевая промышленность. – 1988. – № 6. – С. 31.
- [14] Донченко Л. В., Фирсов Г. Г., Красносельова Е. А. Особенности процесса гидролиза протопектина из растительной ткани // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – № 1. – С. 288–297.
- [15] Донченко Л. В., Нелина В. В., Карпович Н. С. О влиянии размера частиц сырья на выход пектиновых веществ в производстве // Пищевая промышленность. – 1987. – № 2. – С. 21.
- [16] Williams R. R. The modern perry pears orchards / Perry pears. Bristol, 1963. P. 173–184.
- [17] Dubois M., Gilles K. A. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // Analyt. Chem. 1956. V.28, –P. 350–356.

USE POMACE PEAR IN FOOD PRODUCTION

Gusakova G. S., Evstaf'ev S. N.

The work is devoted to study the possibility of using the pomace of Ussuri pear for obtaining pectin extracts and food powders. The aim of this work is to develop a fundamental technological scheme of pear pomace processing. Up to date such productions are not available in Russia. In the research modern physical and physicochemical methods of analysis were used. The project presents the findings of the pomace physico-chemical composition research. The content of physiologically active compounds was determined, % a.s.m.: essential oil–0,4; water-soluble compounds–42,5; pectic substances–2,6; lipids–3,9 (without wax), wax–0,5; fatty acids–0,7. It is revealed that the main sugars were glucose and fructose. The share of arabinose, xylose and galactose in general composition of sugars was 2,2%. Among C₈–C₂₈ fatty acids palmitoleic, oleic and linoleic acids prevailed. The X-ray fluorescent analysis determined 11-macro and 9 minerals. The flowchart of pectic extract receipt from a pomace of Ussuri pear was developed. The organoleptic characteristics were registered, technological indicators of final products were determined. On the basis of the received data the calculations of net pectin receipt from 1 hectare of industrial garden were carried out.

Keywords: *pectins, powders, chemical compounds, essential oils, extracts.*

References

- [1] Gusakova G. S. Himicheskij sostav plodov ussurijskoj grushi (Pyrusussuriensis Maxim) [Chemical Composition of Ussuri Pear Fruits] Proceeding of Higher School Applied Chemistry and Biotechnology, 2012, no. 2. pp. 53–57.
- [2] Gusakova G. S. Bioproducty kompleksnoi pererabotki plodov ussurijskoj grushi [Complex processing of ussuri pear fruits.]. Proceeding of Higher School Applied Chemistry and Biotechnology, 2013, no. 4 (1), pp. 127–129.
- [3] Pikuleva E. N., Tipsina N. N. Pishchevaya tsennost' Sibirskoi grushi [Nutrition value of Siberian pear] Innovative trends in the development of Russian science. VI International scientific-practice. conf. young scientists, Krasnoyarsk: 2013, pp. 204–206.
- [4] Tipsina N. N., Pikuleva E. N., Tumanova A. E. Poroshok iz Sibirskoi grushi dlya proizvodstva keksov [Siberian Pear Powder for the Production of Muffins]. Food processing industry, 2014, no. 2. pp. 34–35.
- [5] Cherednichenko K. V. Razrabotka tekhnologii funktsional'nykh pishchevykh produktov iz razlichnykh sortov grushi [Development of technology of the functional foodstuff from various grades of pear]. PhD technical sciences. Dis. Krasnodar, 2001. 169 p.
- [6] Lokvanets O. V., Litovchenko O. M. A study of the effect of technological approach on the quality of pear wine materials. Wine-making and viticulture, 2011. T. 41, no. 2, pp. 117–119.
- [7] Vlashchik L. G. Vinogradnyi pektinovyi ekstrakt dlya napitkov [Grape pectinaceous extract for drinks]. Wine-making and viticulture, 2002, no 4, pp. 20–21.
- [8] Roshhin V. I. Gruppovoi sostav ekstraktivnykh veshchestv list'ev i pobegov osiny (Populus tremula L). [Group composition of extractives leaves and shoots Aspen (Populus tremula L)] Wood chemistry. 1986, no 4, pp. 106–109

- [9] Roshhin V.I. Sostav ekstraktivnykh veshchestv khvoi i pobegov eli evropeiskoi [Composition of extractives of pine and spruce shoots] Wood chemistry. 1983, no. 4, pp. 56–61.
- [10] Kostenko V.G. Khromatograficheskii analiz sakharov, poluchaemykh v protsesse pererabotki rastitel'nogo syr'ya [Chromatographic analysis of sugars obtained from plant raw material processing] Moscow, Publ. 1984. 44 p.
- [11] Donchenko, L.V. Tekhnologiya pektina i pektino produktov [Technology of pectin and pectic products]. Moscow, DeLi, Publ. 2000. 251 p.
- [12] Kosareva O.I. Fermentnaya obrabotka v tekhnologii polucheniya pektinoproduktov. [Bacterial treatment in technology of pectic products receipt]. Base and applicable researches in the modern world, 2015, no. 12–1, pp. 132–134.
- [13] Donchenko L.V. Vliyanie temperatury na ekstragirovanie pektina [Temperature influence on pectin's extraction] Food processing in dusty. 1988, no 6, pp. 31.
- [14] Donchenko, L.V. Osobennosti protsessa gidroliza protopektina iz rastitel'noi tkani [Distinctions of protopectin hydrolysis from plant tissue]. Works of Kubanskii Agricultural University, 2006, no 1, pp 288–297.
- [15] Donchenko L.V. O vliyani razmera chastits syr'ya na vykhod pektinovykh veshchestv v proizvodstve [About the influence of a size of raw material partical on the pectin substance output in manufacturing] Food processing in dusty. 1987, no 2, pp. 21.
- [16] Williams R.R. The modern perry pears orchards. Perry pears. Bristol, 1963. pp. 173–184.
- [17] Dubois M., Gilles K.A. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analyt. Chem. 1956. V.28, pp. 350–356.

УДК 642.5.001(07)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Буланов Э. А., Курочкин А. А., Чекайкин С. В.

Планировочные решения производственных помещений предприятий общественного питания в первую очередь зависят от вида технологического оборудования, способа его расстановки и монтажной привязки к коммуникациям цехов. В работе предложены рекомендации по оптимизации таких решений на основе минимизации площади, а также сокращения расстояния, которое преодолевают работники холодного цеха в процессе своей работе.

Ключевые слова: предприятия общественного питания, производственные помещения, технологическое оборудование, планировочные решения.

Введение

Рациональные планировочные решения производственных помещений предприятий общественного питания (ПОП) основаны на учете целого ряда факторов. Основная их часть зависит от перечня технологических процессов, осуществляемых в том или ином цехе, а также способов расстановки основного и вспомогательного оборудования и его монтажной привязки к коммуникациям помещений. С другой стороны планировка помещений ПОП с учетом эргономических требований к технологическому оборудованию позволит улучшить организации труда в цехах, обеспечить выполнение санитарных норм и правил, а также безопасных методов проведения работ и, в конечном итоге – повышению качества производимой продукции.

Еще одной задачей планировочных решений помещений является четкое разделение процессов обработки сырья и реализации готовой продукции; исключение встречных, совместных и перекрещивающихся потоков сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов; чистой и грязной посуды, а также разобщение потоков перемещений персонала и потребителей.

Целью работы являлась обоснование рекомендаций по оптимизации планировочных решений производственных помещений предприятий общественного питания, позволяющих минимизировать их площадь и улучшить условия труда обслуживающего персонала.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись производственные помещения предприятий общественного питания. Предметом исследования выступают подходы к выбору и расстановке оборудования, которые позволяют учесть последовательность выполнения и функциональную взаимосвязь технологических операций, выполняемых в помещении, а также минимизировать время на выполнение вспомо-

гательных рабочих движений обслуживающим персоналом.

Результаты и их обсуждение

В основе определения размеров производственных помещений ПОП лежат выбор и расстановка оборудования. При расстановке оборудования необходимо учитывать последовательность выполнения технологических операций в том или ином производственном помещении и их функциональную взаимосвязь. Однако если учитывать только данные рекомендации, то в некоторых случаях это приведет к тому, что проектируемое производственное помещение будет иметь завышенную площадь и сильно вытянутую форму.

В общем случае площади помещений различного назначения можно определить несколькими способами. Например, в перерабатывающих отраслях рассчитывают площадь основного цеха; площадь остальных помещений (лабораторий, различных камер и отделений, а также складов и комнат бытового назначения) определяют по нормативным данным. При этом в зависимости от мощности проектируемого предприятия, площадь помещений основного производственного назначения может быть определена следующим образом.

Для крупных перерабатывающих предприятий на основе справочных материалов определяется состав и мощность основных цехов и отделений по готовому продукту или перерабатываемому сырью. На основании этих данных и удельной нормы площади на единицу готового продукта, вычисляется площадь проектируемых цехов и отделений.

Для перерабатывающих предприятий небольшой мощности более приемлемы два других способа. Оба они связаны с определением площади, занимаемой технологическим оборудованием.

В первом случае вначале определяют структуру производственных помещений. По каждому из этих помещений определяют площадь, занимаемую технологическим оборудованием. Затем по спра-

вочной литературе принимают коэффициент запаса площади в зависимости от её производственного назначения. Зная площадь, занимаемую оборудованием и коэффициент запаса площади на проходы и обслуживающие площадки, рассчитывают площади цехов и отделений. В учебных целях указанный коэффициент может приниматься равным 4...6 [1, 2].

Во втором случае применяют метод моделирования, при котором технологическое оборудование в определенном масштабе представляют в виде прямоугольников, квадратов или кружков и обозначают номерами согласно спецификации. Затем на миллиметровой бумаге или с помощью компьютерных технологий вычерчивают взаимно перпендикулярные оси продольной и поперечной стен цеха и располагают оборудование в соответствии с технологическими процессами проектируемого предприятия.

Рациональное расположение оборудования позволяет определить необходимые габаритные размеры цеха или отделения и рассчитать их площадь.

Метод моделирования имеет некоторые преимущества перед описанными выше способами определения площадей, так как одновременно с расчетом площади цеха решается и вопрос рациональной компоновки оборудования в проектируемом помещении.

Площадь цехов и других производственных помещений может быть выражена в строительных квадратах или прямоугольниках, размер которых зависит от сетки колонн. При сетке колонн 6х6 м площадь строительного квадрата равняется 36 м², а при сетке колонн 6х12 м площадь строительного прямоугольника составляет 72 м² и т.д. [1, 2].

При проектировании производственных помещений ПОП их площадь рассчитывается по формуле

$$S = \frac{S_0}{\varphi}, \quad (1)$$

где S_0 – площадь, занимаемая всеми видами оборудования;

φ – коэффициент использования площади, полученный на основании обобщения опыта проектирования аналогичных помещений. В зависимости от вида проектируемого помещения этот коэффициент принимается равным 0,3-0,4 [1, 2].

Значительную часть площади цехов предприятий общественного питания обычно занимают производственные столы. При этом количество столов для холодного и горячего цехов определяется числом работников в часы их наибольшей загрузки.

Размеры стола в плане проектируют и изготавливают по результатам эргономических исследований [3], согласно которым рациональная зона досягаемости при работе стоя в глубину равна 600 мм, а в ширину – 800 мм (рис. 1).

При наклоне работника зона в глубину может достигать 800 мм, поэтому длина производствен-

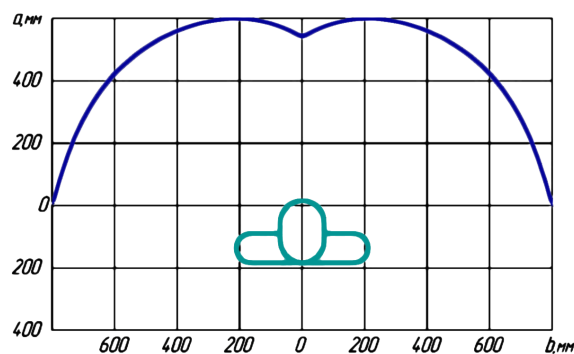


Рис. 1. Рациональная зона досягаемости при работе стоя в глубину

ных столов, применяемых на предприятиях общественного питания, не должна превышать 1600 мм, а ширина должна находиться в пределах 600-800 мм. При этом размеры выпускаемых различными фирмами столов, как правило, соответствуют этим рекомендациям.

С другой стороны, длина применяемого стола лимитируется видом операций, выполняемых с помощью этого оборудования, и составляет от 700 мм (доочистка картофеля и корнеплодов, очистка репчатого лука) до 1500 мм (обвалка мяса, ручная обработка рыбы, нарезание на порции вареного мяса и рыбы) [3]. Таким образом уменьшить площадь производственного помещения можно за счет правильного подбора столов с размерами, удовлетворяющими требованиям того или иного технологического процесса.

Наряду с этим рациональные планировочные решения должны способствовать сокращению времени вспомогательных перемещений, так как кроме основных рабочих движений при приготовлении блюд работник совершает и вспомогательные: подходы к холодильнику, стеллажу, загрузка сырья, выгрузка готового продукта и т.д. Таким образом, время, затрачиваемое на переходы от стола к другим видам оборудования, также зависит от планировки и расстановки оборудования.

Рассмотрим применение вышеприведенных доводов к планировке холодного цеха столовой на 100 мест. Примем условно, что число блюд, вырабатываемых в данном цехе за день равно 620.

Количество работников с учетом норм времени на приготовление блюд можно вычислить с помощью упрощенной формулы (не принимая во внимание коэффициент, учитывающий рост производительности труда) [1, 2]

$$N_0 = \frac{n \cdot K \cdot 100}{3600 \cdot T}, \quad (2)$$

где n – количество блюд, изготавливаемых за день, шт.;

K – коэффициент трудоемкости;

100 – норма времени, необходимого для приготовления блюда, коэффициент трудоемкости которого равен 1;

Таблица 1 – Исходные данные к расчету площади холодного цеха

Наименование оборудования	Кол-во	Габариты, м		Площадь, м ²	
		длина	ширина	одного	всех
Стол производственный	3	1,25	0,75	0,94	2,82
Холодильный шкаф	1	0,63 (глубина)	0,58	0,36	0,36
Стол для средств малой механизации	1	1,05	0,75	0,8	0,8
Стеллаж стационарный	1	1	0,4	0,4	0,4
Мойка для рук	1	0,5	0,6	0,3	0,3
Тележка-бак для отходов	1	0,45 (диаметр)		0,2	0,2
Сумма площадей, занимаемых оборудованием цеха (A_0)					4,9

T – продолжительность смены, ч.

Примем коэффициент трудоемкости равным 1,1 и продолжительности смены 8 ч. Тогда получим $N_0 = 2,37$, т.е. в часы наибольшей загрузки цеха в

нем должны работать три работника. Следовательно, потребуется три производственных стола.

Ориентировочно площадь холодного цеха определим по формуле (1) на основе исходных данных, приведенных в табл. 1.

$$S = \frac{S_0}{\varphi} = \frac{4,9}{0,35} = 14 \text{ м}^2,$$

где φ – коэффициент использования площади. Для холодного цеха примем $\varphi = 0,35$ [12].

Рассмотрим различные варианты планировки цеха: с параллельным размещением столов (рис. 2) и с последовательным в две линии (рис. 3) [4-11].

Для расстановки и привязки оборудования холодного цеха примем следующие значения расстояний: между единицами оборудования – 0,2 м;

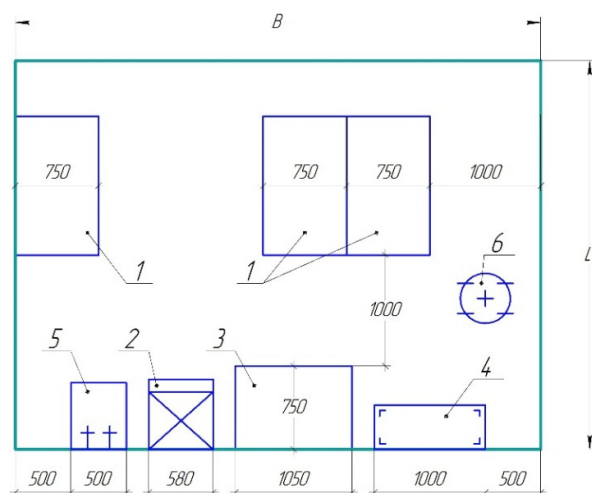


Рис. 2. Вариант планировки цеха с параллельным размещением столов: 1 – стол производственный; 2 – холодильный шкаф; 3 – стол для средств малой механизации; 4 – стеллаж стационарный; 5 – мойка для рук; 6 – тележка-бак для отходов

между стеной и оборудованием – 0,5 м, со стороны работника – 1 м; между линиями оборудования – 1,3 м. Определим размеры и площадь холодного цеха для планировки, представленной на рис. 2.

$$L = 0,75 + 1 + 1,25 + 0,5 = 3,5 \text{ м.}$$

$$B = 0,5 + 0,5 + 0,2 + 0,58 + 0,2 + 1,05 + 0,2 + 1 + 0,5 = 4,73 \text{ м.}$$

Таким образом площадь данного цеха равна $S = 16,56 \text{ м}^2$.

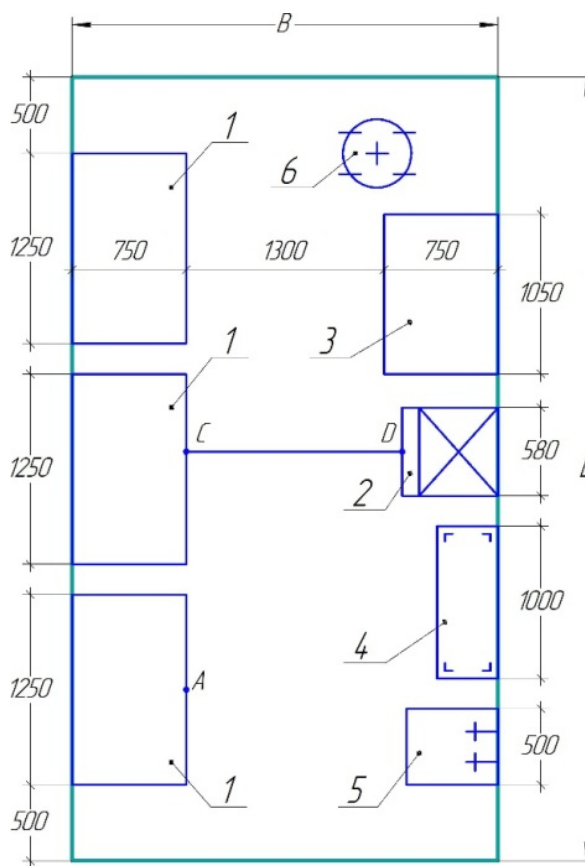


Рис. 3. Вариант планировки с последовательным размещением столов в две линии: 1 – стол производственный; 2 – холодильный шкаф; 3 – стол для средств малой механизации; 4 – стеллаж стационарный; 5 – мойка для рук; 6 – тележка-бак для отходов

Для варианта планировочного решения холодного цеха с последовательным размещением столов в две линии (рис. 3) длина помещения, определенная по его левой стороне, а также ширина, соответственно равны

$$L = 0,5 + 1,25 + 0,2 + 1,25 + 0,2 + 1,25 + 0,5 = 5,15 \text{ м.}$$

$$B = 0,75 + 1,3 + 0,75 = 2,8 \text{ м.}$$

Площадь холодного цеха для данной планировки равна $S = 5,15 \cdot 2,8 = 14,42 \text{ м}^2$.

Сравнение этих двух планировочных решений показывает, что с точки зрения минимальной площади цеха следует признать вариант планировки с последовательным размещением столов в две линии более предпочтительным.

Рассмотрим еще один вариант размещения столов в холодном цехе. При этом в качестве критерия оптимизации планировочного решения примем расстояние, которое вынуждены преодолевать работники цеха в процессе своей работы.

Такой критерий может быть принят во внимание в том случае, когда число подходов работников к какому-либо оборудованию (например, к холодильному шкафу) значительно превышает число подходов к другим видам оборудования.

Одним из вариантов планировочного решения, удовлетворяющего требованиям указанного кри-

терия, может быть планировка, представленная на рис. 4. Определим размеры и площадь холодного цеха для данного случая. Длина цеха равна

$$L = 0,5 + 0,5 + 0,2 + 1,25 + 0,2 + 0,58 + 0,2 + 1,25 + 0,5 = 5,18 \text{ м}$$

Ширина цеха равна

$$B = 0,75 + 1,3 + 0,75 = 2,8 \text{ м.}$$

Тогда площадь помещения цеха по этому варианту планировочного решения будет равна

$$S = 5,18 \cdot 2,8 = 14,5 \text{ м}^2.$$

Таким образом, с точки зрения рациональной площади помещения цеха этот вариант планировки занимает промежуточное место между двумя ранее рассмотренными планировочными решениями.

Оценим эффективность принятых решений с позиции минимального расстояния, преодолеваемого обслуживающим персоналом в процессе своей работы. Ориентировочно это расстояние для планировочного решения, приведенного на рис. 4 можно определить с помощью следующей формулы

$$L = 2m \cdot (2 \cdot ABC + 0,37 \cdot CD), \quad (3)$$

где m – число подходов работника к холодильному шкафу в течение смены;

0,37 – коэффициент, учитывающий, что один работник работает не полную смену ($0,37 \cdot 8 \text{ ч}$).

Первую часть расстояния можно определить следующим образом

$$ABC = \frac{1,25}{2} + \left[(0,75 - 0,63)^2 + (0,2 + 0,58 / 2)^2 \right]^{0,5} = 1,13 \text{ м.}$$

Вторая часть пути равна

$$CD = 1,3 + (0,75 - 0,63) = 1,42 \text{ м.}$$

Тогда расстояние, которое необходимо преодолеть работникам цеха в процессе своей работы определяется выражением

$$L = 2m \cdot (2 \cdot 1,13 + 0,37 \cdot 1,42) = 2m \cdot 2,78 \text{ м.}$$

Для планировочного решения по второму варианту (рис. 3) расстояние равно

$$L = 2m \cdot (1,37 \cdot AD + CD).$$

Путь

$$AD = \left[(1,25 + 0,2)^2 + (1,3 + 0,75 - 0,63)^2 \right]^{0,5} = 2,03 \text{ м.}$$

$$\text{Путь } CD = 1,3 + (0,75 - 0,63) = 1,42 \text{ м.}$$

Тогда

$$L = 2m \cdot (1,37 \cdot 2,03 + 1,42) = 2m \cdot 4,2 \text{ м.}$$

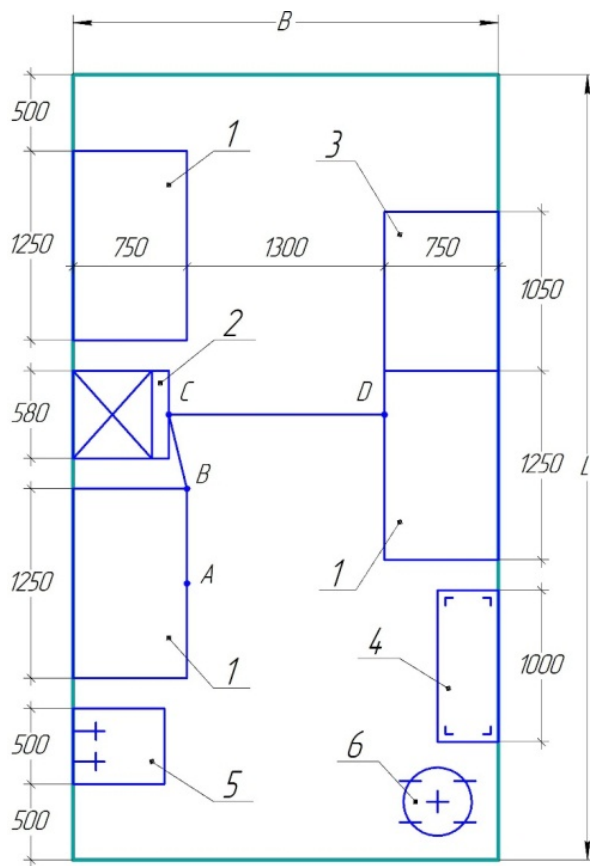


Рис. 4. Вариант планировки с минимальным расстоянием перемещений обслуживающего персонала

Проведя аналогичные расчёты по планировке, приведенной на рис. 2, получим, что расстояние, которое должны преодолевать работники холодного цеха в процессе своей работы выражается формулой

$$L = 2m \cdot 4,92 \text{ м.}$$

Таким образом, расстояние, которое должны преодолевать работники холодного цеха в процессе своей работы в течение рабочей смены при третьей планировке (рис. 4) примерно в 1,5 раза меньше чем при второй и на 77 % меньше чем для планировки цеха с параллельным размещением столов.

Список литературы

- [1] ГОСТ 12.2.033–78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов.–М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
- [2] Дипломное проектирование предприятий общественного питания: Учебное пособие /Т.В. Шленская, Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, Е.В. Петросова, З.А. Бочкарева. М., 2009.– 148 с.
- [3] Курочкин, А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки продукции животноводства. / А.А. Курочкин, В.М. Зимняков, В.В. Ляшенко, В.С. Парфенов, И.А. Спицын: Учебное пособие.– Пенза: Пензенская ГСХА, 1998.– 250 с.
- [4] Курочкин, А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции. / А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков, Г.В. Шабурова, А.Ю. Сергеев. Под ред. А.А. Курочкина.–М.: КолосС, 2006.– 424 с.
- [5] Никуленкова, Т.Т. Проектирование предприятий общественного питания. /Т.Т. Никуленкова, Г.М. Ястина.–М.: КолосС, 2006.– 247 с.
- [6] Основы проектирования и строительства перерабатывающих предприятий /А.С. Гордеев, А.И. Завражнов, А.А. Курочкин и др. Под ред. А.И. Завражного.–М.: Агроконсалт, 2002.– 492 с.
- [7] Проектирование предприятий общественного питания. /Т.В. Шленская, Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, Е.В. Петросова.–СПб.: Троицкий мост, 2011.– 288 с.
- [8] Проектирование предприятий общественного питания. / Т.В. Шленская, Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, Е.В. Петросова, Э.А. Буланов.–Пенза: Изд. Типография ИП Поповой, 2012.– 314 с.
- [9] Проектирование предприятий общественного питания в вопросах и ответах. /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Е.В. Петросова, В.М. Зимняков.–Пенза: Типография ИП Поповой М.Г. «Копи-Riso», 2012.– 64 с.
- [10] Санитарные правила для предприятий общественного питания. СанПиН 42–123–5774–91
- [11] Сергеев, А.Ю. Основы проектирования и строительства перерабатывающих предприятий. /А.Ю. Сергеев, В.М. Зимняков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова: Учебное пособие.–Пенза:–РИО ПГСХА, 2004.– 285 с.
- [12] Ястина, Г.М. Проектирование предприятий общественного питания с основами AutoCAD. /Г.М. Ястина, С.В. Несмелова.–СПб.: Троицкий мост, 2012.– 288 с.

OPTIMIZATION OF PLANNING DECISIONS OF INDUSTRIAL PREMISES CATERING

Bulanov E. A., Kurochkin A. A., Chekaykin S. V.

Planning decisions of production facilities catering primarily depend on the type of technological equipment, its method of placement and mounting of bindings to the communications workshops. Proposed guidelines for optimizing such decisions on the basis of minimizing the square, as well as reducing the distance that workers have to overcome the cold shop in the course of their work.

Keywords: catering companies, production facilities, technological equipment, planning decisions.

Выводы

Таким образом, обоснованные в работе рекомендации по оптимизации планировочных решений производственных зданий ПОП позволят обеспечить в процессе их проектирования уменьшение площади до рациональных значений, а также сокращение расстояния, которое преодолевают работники холодного цеха при своей работе.

References

- [1] GOST 12.2.033–78 SSLS. Workplace while performing work while standing. General ergonomic requirements. System safety standards are: Sat. Standards.–M.: IPK Publishing house of standards, 2001.
- [2] Diploma design of public catering enterprises: textbook /T. V. Shlyonsky, G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, E. V. Petrosova, Z. A. Bochkareva.–M., 2009.– 148 p.
- [3] Kurochkin, A. A. Diploma engineering for mechanization of processing of livestock products. / A. A. Kurochkin, V. M. Zimnyakov, V. V. Lyashenko, V. S. Parfenov, I. A. Spitsyn: a Training manual.– Penza: Penza state agricultural Academy, 1998.– 250 p.
- [4] Kurochkin, A. A. Diploma engineering for mechanization of processing of agricultural products. / A. A. Kurochkin, A. I. Spitsyn, V. M. Zimnyakov, G. V. Shaburova, A. Yu. Ed. by A. A. Kurochkin.–M.: Koloss, 2006.– 424 p.
- [5] Nikulenkova, T. T. Design of public catering enterprises. / T. T. Nikulenkova, G. M. Astina.–M.: Koloss, 2006.– 247 p.
- [6] Basics of designing and building processing plants /A. S. Gordeev, A. I. Zavrazhnov, A. A. Kurochkin et al., Ed. A. I. Zavrazhnov.–M.: Agrokonsalt, 2002.– 492 p.
- [7] The design of public catering enterprises. /T. V. Shlyonsky, G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, E. V. Petrosova.–SPb.: Trinity bridge, 2011.– 288 p.
- [8] The design of public catering enterprises. /T. V. Shlyonsky, G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, E. V. Petrosova, E. A. Bulanov.–Penza: Izd. Typography I. P. Popova, 2012.– 314 p.
- [9] The design of the caterers in questions and answers. /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. E. Petrosova, V. M. Zimnyakov.–Penza: Printing of IP Popova, M. G., «Copy-Riso», 2012.– 64 p.
- [10] Sanitary regulations for catering. SanPiN42–123–5774–91.
- [11] Sergeev, A. Y. Foundations of proektirovanii construction of processing plants. /A. Y. Sergeev, V. M. Zimnyakov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova: a Training manual.–Penza: RIO PGSKHA, 2004.– 285 p.
- [12] Astina, G. M. Design of public catering enterprises with the basics of AutoCAD. / G. M. Astina, S. V. Nesmelova.–SPb.: Trinity bridge, 2012.– 288 p.

ОПТИМИЗАЦИЯ СМЕСЕЙ С СБАЛАНСИРОВАННЫМ БИОХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ И ВОЗМОЖНОСТЯМИ ДЛЯ ИХ ЭКСТРУЗИИ

Фролов Д. И.

Были изучены сочетания различного сырья (фасоль, пшеница и гречиха) для получения композиций с высоким содержанием белка и сбалансированного аминокислотного состава с использованием симплекс-решетчатых планов. В качестве целевых функций для оптимизации выступали: содержание белка, серосодержащие аминокислоты метионин и цистеин, лизин и триптофан. В ходе решения была получена оптимальная площадь сочетаний сырья в пищевых формулах с сбалансированным биохимическим составом. Оптимизированная троичная смесь, состоящая из 50% бобов, 40% пшеницы и 10% гречихи с различным содержанием влаги (16,22 и 28%) была экструдирована в одношнековом экструдере. Параметры экструзии были следующими: частота вращения шнека 160 оборотов в минуту, диаметр фильеры 3 мм, степень сжатия шнеком 2:1, температурный режим 100/140/160 °С. Полученные три вида экструдата, с различной исходной влажностью, оценивали по индексу расширения, индексу водопоглощения, индексу растворимости в воде и плотности, с целью выбора наилучшего варианта. Результаты показали, что при исходном содержании влаги 22% получен экструдат с хорошими физико-химическими характеристиками в целом, но необходимо провести еще несколько исследований по оптимизации в дальнейшем, чтобы подтвердить это.

Ключевые слова: фасоль, пшеница, гречиха, белок, аминокислоты, экструзия.

Введение

Известно, что белки семян бобовых в значительной степени сбалансированы с точки зрения незаменимых аминокислот. Они богаты лизином, аргинином, а также лейцином. При этом серосодержащие аминокислоты (метионин и цистеин) являются детерминирующими аминокислотами. Содержание лизина и триптофана являются решающим фактором для пшеницы. Вот почему нехватка входящих незаменимых аминокислот в бобовых может быть компенсирована путем объединения их с зерновыми культурами.

Экструзионная обработка представляет собой современный, высокоэффективный метод, с доказанными техническими и экономическими преимуществами по переработке сырья [1–10]. Он используется в семенах бобовых культур, из-за того, что они не сильно увеличиваются при экструзии. В последние годы, при обогащении сырьевой базы и ассортимента происходит увеличение экструдированных пищевых продуктов, поэтому и их потребление также возрастает. Индекс расширения является важным параметром [11–18], определяющим процесс экструзии. Он характеризует структурно-механические изменения, которые происходят в результате обработки материала экструзией и может управляться путем изменения типа и состава компонентов, а также путем изменения условий процесса в экструдере [19–22].

В последнее время наблюдается возрастание

интереса к бобовым культурам, что с одной стороны связано с их питательной ценностью, а с другой с неиспользованными возможностями для создания новых продуктов с ними. Растущая популярность гречихи приведет к большему разнообразию ее как компонента в всевозможной продукции. Одним из возможных решений является экструзия гречихи, чтобы получать новые продукты, готовые к употреблению, такие как экструдированные чипсы и многие другие. Для получения таких экструдированных продуктов со сбалансированным биохимическим составом правильного подбора сырья и его соотношения не требуется. Новым в исследовании является сочетание бобовых с другими культурами растительного происхождения, что является целесообразным подходом для получения экструдатов с очень хорошими функциональными характеристиками [23, 24]. Основной гипотезой исследования является отсутствие данных в литературе по экструзионной обработке трехкомпонентной смеси из бобовых культур, пшеницы и гречихи.

Целью исследования является оптимизация составов с сбалансированным биохимическим составом и исследование возможности их экструзионной обработки.

Объекты и методы исследований

В качестве образцов сырья были взяты пшеница и гречиха, а также семена фасоли. Состав и аминокислотный профиль для каждого из компонентов

Таблица 1 – Информация о составе компонентов, используемых для экструдирования

	фасоль	гречиха	пшеница
Белок	22,3	12,6	16,3
Метионин	1,1	0,19	1,75
Лизин	6,5	0,67	2,6
Цистеин	1,1	0,23	2,86
Триптофан	1,3	0,19	2,58

были получены из литературы, как показано в таблице 1.

Пшеницу, гречиху, и семена фасоли измельчали с помощью молотковой мельницы и пропускали через стандартные сита. Полученный размер частиц пшеницы, гречихи и бобов крупа был в диапазоне от 0,4–0,5 мм.

Фасоль, пшеницу и гречневую крупу смешивали в соотношении 50:40:10. Воду медленно добавляли к образцам для получения различного содержания влаги (16, 22 и 28%). Влажные компоненты были помещены храниться в запечатанных пластиковых пакетах в течение 12 часов в холодильнике при температуре 5°C. Образцы выдерживались в течение 2 ч при комнатной температуре перед экструзией. Они были экструдированы в одношнековом экструдере. Параметры экструзии были следующими: частота вращения шнека 160 оборотов в минуту, отверстие фильеры диаметром 3 мм, степень сжатия шнеком 2: 1, температурный режим 100/140/160°C. Полученные экструдаты сушили на воздухе при температуре окружающей среды в течение приблизительно недели. Индекс расширения экструдата, измеряли как отношение диаметра экструдата к головке экструдера. Диаметр экструдата определяли как среднее из 10 измерений с использованием штангенциркуля.

Плотность (ρ , г / см³) экструдатов определяли путем измерения веса и диаметра того же количества экструдатов (10 штук) одинаковой длины в каждой точке эксперимента. Образец взвешивали с использованием весов, в то время как его диаметр и длину измеряли с помощью штангенциркуля. Были сделаны десять повторений для каждого образца. Объем каждого экструдата, вычисленный в предположении, что его форма приближается к цилиндрической. Плотность рассчитывали по формуле:

$$\rho = \frac{M \left(1 - \frac{W}{100} \right)}{V - M \left(1 - \frac{W}{100} \right)} \quad (1)$$

где M – вес образца, г;

V – объем образца, см³;

W – содержание влаги в образце, %

Содержание влаги в экструдатах были получены, при трехкратных измерениях с вычислением усредненного результата. Изменение плотности продукта в значительной степени зависит от доли пустот или пузырьков, которые были пойманы в ловушку в экструдированных продуктах, а затем затвердевших из экструдера. Плотность продукта будет коррелировать с летучей фракцией продуктов, твердостью и общей потребительской приемлемостью продукта.

Для определения водопоглощения и индекса растворимости экструдатов экструдат тонко измельчали с использованием лабораторной молотковой дробилки и просеивали через сито с ячейкой 500 мкм. Образец массой 0,2 г помещали в центрифужную пробирку и добавляли 5 мл дистиллированной воды. После выдерживания в течение 30 мин при 30°C (с прерывистым встряхивая каждые 5 мин), образец центрифугировали при 3000 оборотах в минуту в течение 20 мин с помощью центрифуги СН 90-2А. Жидкость над осадком декантировали в тарированный алюминиевый поддон и увеличение веса в геле было отмечено. Супернатант выпаривали досуха при 105°C до постоянного веса.

Индекс водопоглощения (WA, г/г) и индекс растворимости в воде (WS, %) рассчитывали как:

$$WA = \frac{m_g}{m_0} \quad (2)$$

$$WS = \frac{m_{dc}}{m_0} 100 \quad (3)$$

где m_g – мг увеличение веса геля, г;

m_0 – вес сухого образца, г;

m_{dc} – вес высушенного супернатанта, г.

Симплекс-решетчатый план для составления трехкомпонентной смеси использовали для разработки рецептур со сбалансированным биохимическим составом (высокое содержание белка и заметно активным участием незаменимых аминокислот). Компонентная смесь состояла из бобов фасоли (X1), гречневой крупы (X2), и пшеницы (X3). Компонентные пропорции были выражены в виде

Таблица 2 – Смеси композиций в составах со сбалансированным биохимическим составом в трехкомпонентном симплекс-центроидном плане с ограничениями

Номер рецептуры	Пропорции ингредиентов		
	X1 (фасоль)	X2 (гречиха)	X3 (пшеница)
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0,5	0,5	0
5	0,5	0	0,5
6	0	0,5	0,5
7	0,33	0,33	0,33

фракций смеси с суммой ($X1 + X2 + X3$) (таблица 2).

На рисунке 1 изображена схема семиточечного симплекс-центроидного плана смеси, где три отдельных компонента, три двухкомпонентных смеси и одна трехкомпонентная смесь.

Было составлено каноническое кубическое уравнение для трех компонентов для данных, собранных на каждой экспериментальной точке с использованием обратного пошагового множественного регрессионного анализа. Эта каноническая модель отличается от полных полиномиальных моделей в том, что она не содержит постоянный член (перехватывающие равен нулю). Переменные в модели регрессии, которые представляют собой два ингредиента или три ингредиента в условиях взаимодействия, называются «нелинейными» условиями. Запишем каноническое специальное кубическое уравнение:

$$Y = a_1X1 + a_2X2 + a_3X3 + a_{12}X1X2 + a_{13}X1X3 + a_{23}X2X3 + a_{123}X1X2X3 \quad (4)$$

где Y – предсказание зависимой переменной

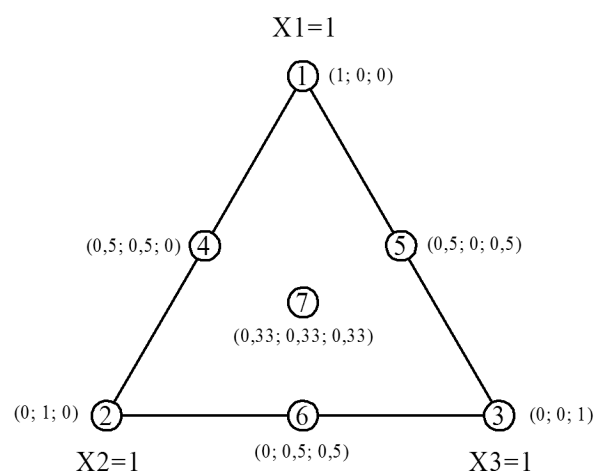


Рис. 1. Семиточечный симплекс-центроидный план смеси фасоли ($X1$), гречневой крупы ($X2$) и пшеницы ($X3$) в композициях со сбалансированным биохимическим составом

(белок, серосодержащие аминокислоты метионин и цистеин, лизин, триптофан);

$a_1, a_2, a_3, a_{12}, a_{13}, a_{23}, a_{123}$ – соответствующие оценки параметров для каждого линейного и смешанного компонента, произведенный для моделей прогнозирования для фасоли, гречихи и пшеницы, соответственно.

Дисперсионный анализ был проведен на поверхностях данных и реагирования были сгенерированы для каждого ответа с использованием прогнозных моделей. Подобранные модели содержания белка, метионина и цистеина, лизина и триптофана были использованы для оптимизации рецептов со сбалансированным биохимическим составом.

Термины в канонической смеси полинома имеют простую интерпретацию. Обычный способ суммировать пропорции смеси с помощью треугольных (тройных) графов. Можно добавить четвертое измерение в треугольнике, перпендикулярной к первым трем, чтобы построить значение зависимой переменной, или оно может быть указано, в двумерном участке, где контур постоянной высоты графически проецируется на треугольник.

Результаты и их обсуждение

С помощью симплекс-метода и процедуры моделирования и оптимизации с помощью программы STATISTICA [25, 26], после обработки результатов уравнений для белка (Pr), серосодержащих аминокислот метионина и цистеина ($Me + Cs$), лизина (Ls) и триптофана содержание (Tr) были получены, уравнения регрессии:

$$Pr = 22,3X1 + 12,6X2 + 16,3X3 + 0,02X1X3 + 0,02X2X3 - 0,12X1X2X3 \quad (5)$$

$$Me + Cs = 2,2X1 + 0,42X2 + 4,61X3 + 0,02X1X2 + 0,04X1X3 + 0,02X2X3 - 0,24X1X2X3 \quad (6)$$

$$Ls = 6,5X_1 + 0,67X_2 + 2,6X_3 + 0,02X_1X_3 + 0,02X_2X_3 - 0,03X_1X_2X_3 \quad (7)$$

$$Tr = 1,3X_1 + 0,19X_2 + 2,58X_3 + 0,02X_1X_2 + 0,02X_1X_3 - 0,12X_1X_2X_3 \quad (8)$$

Полученные уравнения с высокой точностью описывают изменение зависимой переменной ($R^2 > 0,9$). Двумерные контурные тернарные графики показаны на рисунке 2.

Для оптимизации трехкомпонентной смеси, полученной из бобов фасоли, пшеницы и гречихи были приняты следующие ограничения: содержание белка $> 20\%$, содержание метионина и цистеина $> 2,5\%$, содержание лизина $> 4\%$, и содержание триптофана $> 1,5\%$. Оптимизация была выполнена наложением контурных графиков для предсказанных содержаний белка, метионина и цистеина,

лизина и триптофана в композициях со сбалансированным биохимическим составом. Оптимальная площадь для ингредиентов в смеси составов представлена на рисунке 3 (затемненная область). Для каждой точки этой области соответствующие ингредиенты в смеси, значения которых оптимизированы по отношению к содержанию в них белка, аминокислот метионина и цистеина, лизина и триптофана.

На основе определенной оптимальной площади и в результате полученных математических моделей выбран следующий состав трехкомпонентной смеси фасоли, пшеницы и гречихи: белок (20,3), метионин и цистеин (2,98), лизин (4,35), триптофан (1,7).

Оптимизированная троичная смесь, полученная из бобов фасоли, пшеницы и гречихи с различным содержанием влаги (16, 22 и 28%) экструдировали в одношнековом экструдере. Полученные экструдаты с различной исходной влажностью оценивали по индексу расширения экструдата, индексу водопоглощения (WA), индексу растворимости в воде (WS) и плотности (ρ), с целью выбора наилуч-

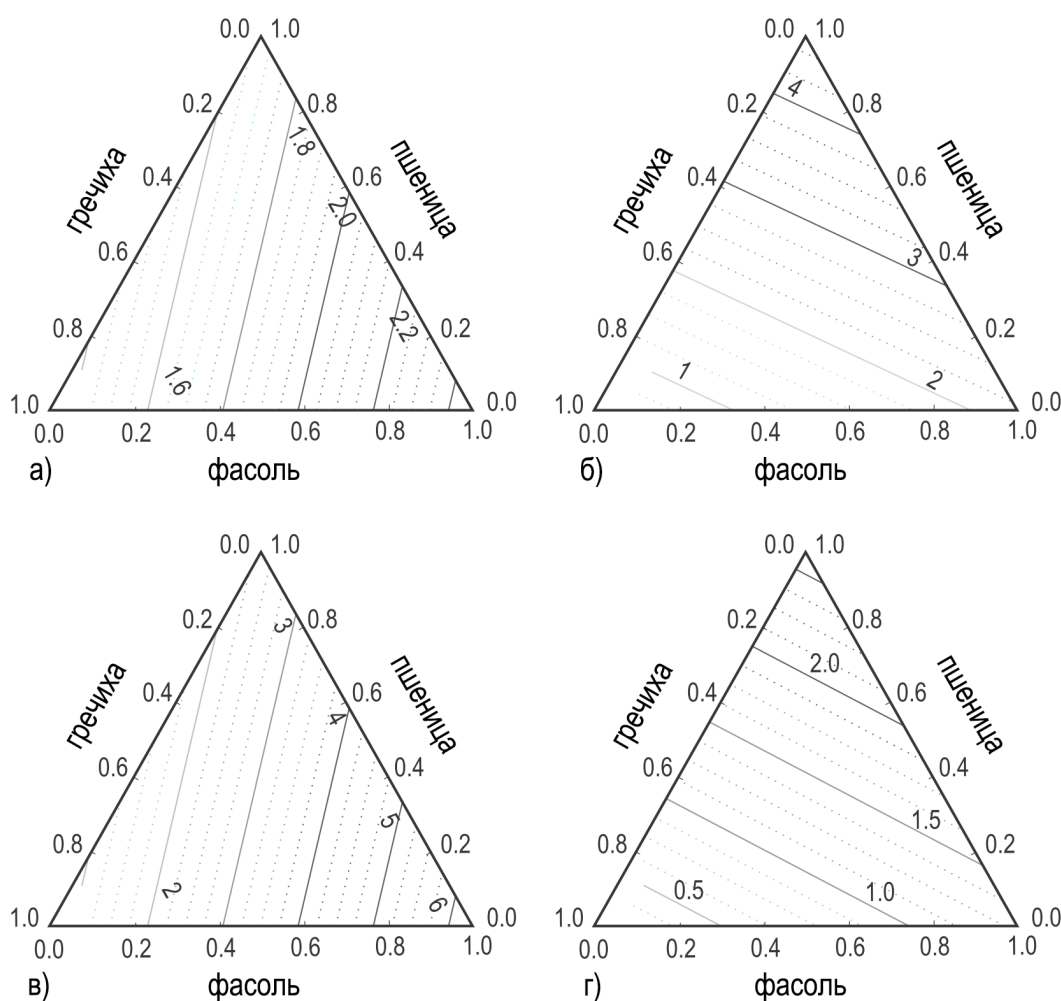


Рис. 2. Тернарный график, показывающий содержание белка (а), метионина и цистеина (б), лизина (в) и триптофана (г) в исследуемой смеси

Таблица 3 – Функциональные свойства экструдированной смеси фасоли, пшеницы и гречихи с различным содержанием влаги

Параметр	Содержание влаги, %		
	16	22	28
Индекс расширения экструдата	1,56 ± 0,03	1,78 ± 0,08	1,53 ± 0,12
Плотность (ρ), г/см ³	0,74 ± 0,06	0,58 ± 0,05	0,73 ± 0,07
WA, г/г	7,62 ± 0,08	7,83 ± 0,15	10,12 ± 0,12
WS, %	14,54 ± 0,11	14,34 ± 0,08	11,76 ± 0,18

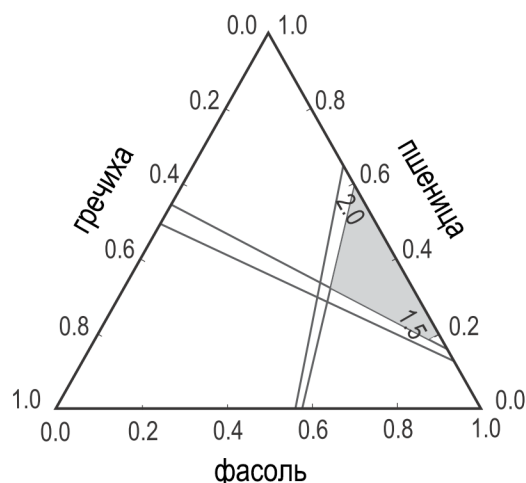


Рис. 3. Тернарный график смеси с оптимизированным содержанием белка, метионина и цистеина, лизина и триптофана

шего решения. Результаты этой оценки представлены в таблице 3.

Расширение экструдата, определяется индексом расширения и плотностью, используется для выражения характеристики продукта после экструзии. Значения индекса расширения экструдата и плотности зависят от подачи влаги, скорости шнека и температуры экструзии. Эти значения также зависят от всех ингредиентов, содержащихся в экструдированных продуктах, таких как крахмал, белок, жир, сахар, волокна, и так далее. Все эти компоненты оказывают различное влияние на расширение экструдата. Экструдированные из бобов фасоли имеют другой внешний вид от экструдированных из злаков. В целом, жгуты из бобов имеют значительно более низкие показатели расширения по сравнению с экструдатами из кукурузной муки. Высокий коэффициент расширения при низком содержании влаги сырье характерно для зерновых культур и их расширение зависит от степени клейстеризации крахмала.

Так известно что индекс расширения уменьшается с увеличением количества белка и липидов. В таблице 3 показано, что индекс расширения экструдированных смесей увеличивался с увеличением содержания влаги в сырье, прежде чем она достигла критического уровня (22%), после чего стал снижаться. Индекс расширения принимал наибольшее

значение, когда экструзию проводили при содержании влаги 22%. Эти изменения в характеристиках продукта, являются результатом модификации крахмала и белковых компонентов при высокой температуре и давлении в цилиндре экструдера. Увеличение индекса расширения экструдата, когда содержание влаги возросло от 16 до 22%, может быть связано с уменьшением вязкости, что привело к уменьшению механического повреждения крахмала, тем самым позволяя смеси расширяться все больше и быстрее. При 180°C и 22% влажности, индекс расширения уменьшается, вероятно, потому, что при высоких температурах крахмала произошла декстринизация.

Плотность экструдата уменьшается с увеличением содержания влаги от 16 до 22%, а затем она увеличивается, что связано с возрастанием индекса расширения экструдата. Это может происходить из-за разложения крахмала при высоких температурах, что приводит к уменьшению расширения.

Индекс водопоглощения экструдата зависит от наличия гидрофильных групп и от способности гелеобразования макромолекул. Это является результатом поврежденного крахмала вместе с денатурацией белка и образованием новых макромолекулярных сложных образований. Индекс водопоглощения увеличивается при увеличении начальной влажности. Наши результаты показывают, что WA экструдированной смеси бобов фасоли, пшеницы и гречихи возрастает от 7,62 до 10,12 г/г с повышением содержания влаги от 16 до 28%.

Индекс растворимости в воде уменьшается с увеличением содержания влаги. Этот факт можно объяснить большим разрывом гранул крахмала при более низкой начальной влажности. Низкое содержание влаги в исходном материале при экструзии повышает трение и диссипацию энергии в продукте, в результате чего происходит декстринизация крахмала и, в то же время, увеличивается индекс растворимости в воде. По многочисленным исследованиям он является параметром, который указывает на деградацию гранул крахмала.

Индекс расширения экструдата, индекс водопоглощения экструдата, индекс растворимости в воде и плотность, полученные в результате анализа смеси с исходным содержанием влаги 22% дали экструдат с хорошими физико-химическими характеристиками в целом.

Выводы

Определение функциональных характеристик, таких как насыпная плотность, индекс расширения, индекс водопоглощения и индекс растворимости в воде позволяют сделать оптимизацию в отношении содержания белка, серосодержащих аминокислот метионина и цистеина, лизина и триптофана. Оптимизирована трехкомпонентная смесь состоящая из 50% бобов фасоли, 40% пшеницы и 10% гречихи с различным содержанием влаги (16, 22 и 28%). Получены смеси с высоким содержанием белка и сбалансированным аминокислотным составом. С помощью экструзии была исследована и оптимизи-

рована трехкомпонентная смесь и определены параметры: объемная плотность, индекс расширения, индекс водопоглощения и индекс растворимости в воде. Выявлена обратная зависимость между объемной плотностью и индексом расширения экструдата с линейной корреляцией ($R = 0,98$, $p < 0,05$).

Наиболее важным в результате проведенного исследования является то, что полученные экструдаты после измельчения могут быть успешно использованы для приготовления растворимого продукта с сбалансированным биохимическим составом и хорошими характеристиками, такими как насыпная плотность, индекс расширения, индекс водопоглощения и индекс растворимости в воде.

Список литературы

- [1] Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, В. М. Зимняков, А. Л. Мишанин, В. В. Новиков, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов. – Пенза, 2015. – 181 с.
- [2] Курочкин, А. А. Научно-технологическое обоснование энергоэффективной технологии экструдирования сельскохозяйственного сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова / редкол.: Сенин П. В. [и др.] – Саранск: 2016. – С. 338–344.
- [3] Курочкин, А. А. Регулирование функционально-технологических свойств экструдатов растительного сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 86–91.
- [4] Курочкин, А. А. Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 94–99.
- [5] Курочкин, А. А. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Нива Поволжья. – 2014. – № 30. – С. 70–76.
- [6] Курочкин, А. А. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 76–81.
- [7] Шабурова, Г. В. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской ГСХА. – 2014. – № 4. – С. 79–83.
- [8] Пат. 2579488 Российская Федерация, МПК А 21 D8/02. Способ производства хлебобулочных изделий / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, Н. Н. Шматкова. – 2014146596/13; заявл. 19.11.2014; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 10.
- [9] Шабурова, Г. В. Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного суслу с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та. – 2014. – № 06(22). – С. 104–110.
- [10] Курочкин, А. А. Функциональный композит на основе экструдированной смеси пшеницы и семян тыквы / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 2 (03). С. 5–11.
- [11] Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 15–20.
- [12] Курочкин, А. А. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4 (32). – С. 172–177.

- [13] Фролов, Д. И. Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 1 (02). С. 29–34.
- [14] Фролов, Д. И. К вопросу совершенствования экструзионных технологий / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 2 (03). С. 18–23.
- [15] Курочкин, А. А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 70–74.
- [16] Курочкин, А. А. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья с заданной пористостью // А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6 (22). – С. 109–114.
- [17] Курочкин, А. А. Технология производства кормов на основе термо-вакуумной обработки отходов с/х производства / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4. С. 36–40.
- [18] Курочкин, А. А. К вопросу повышения декомпрессионного эффекта в рабочем процессе одношнекового экструдера / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 3 (04). С. 51–57.
- [19] Фролов, Д. И. Оптимизация компонентного состава функциональных продуктов питания, оказывающих благотворное влияние на сердечно-сосудистую систему / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 2 (03). С. 12–15.
- [20] Курочкин, А. А. Применение компьютерных средств разработки программ для автоматизации расчета индекса расширения экструдата овса / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 300–302.
- [21] Фролов, Д. И. Информатизация процесса экструдирования овса с помощью программы расчета индекса расширения экструдата / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции / под общ. ред. М. П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2016. – С. 253–255.
- [22] Фролов, Д. И. Повышение питательности экструдированных кормов для животных / Д. И. Фролов, В. А. Никишин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 7. № 4. С. 98–101.
- [23] Фролов, Д. И. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания. Лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие / Д. И. Фролов. – Пенза: Пензенская государственная технологическая академия., 2015. – 144 с.
- [24] Фролов, Д. И. Безопасность продовольственного сырья: Учебно-методическое пособие / Д. И. Фролов. – Пенза: Пензенский государственный технологический университет., 2012. – 77 с.
- [25] Фролов Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
- [26] Ларюшин Н. П., Сущёв С. А., Фролов Д. И., Ларюшин А. М. Ботвоудаляющая машина // Патент России № 2339208. – 2008. Бюл. № 33.

OPTIMIZATION OF MIXTURES WITH A BALANCED CHEMICAL COMPOSITION AND POSSIBILITIES FOR THEIR EXTRUSION

Frolov D. I

A combination of different raw materials (beans, einkorn wheat and buckwheat) were studied to obtain compositions with high protein and balanced amino acid composition using the simplex lattice plans. The target function for optimization performed: a protein content of sulfur-containing amino acids methionine and cysteine, lysine and tryptophan. In the course of solving the optimal area of raw material combinations has been received in food formulas with a balanced biochemical composition. Optimized ternary mixture consisting of 50% bean odnoznovovoy 40% wheat and 10% buckwheat with different moisture contents (16,22 and 28%) was extruded in a single screw extruder. extrusion parameters were as follows: screw rotation speed of 50 rpm, die diameter 3 mm, screw compression ratio 2: 1, temperature 100/140/160 ° C, screw speed 160 rpm. These three extrudate with different initial moisture content was evaluated by the index extension index of water absorption, index of solubility in water and density, in order to select the best option. The results showed that with an initial moisture content of 22% turned extrudate with good physical and chemical characteristics as a whole, but it is necessary to spend a few studies on the optimization further to confirm this.

Keywords: *beans, einkorn wheat, buckwheat, protein, amino acids, extrusion.*

References

- [1] Nauchnoe obespechenie aktual'nogo napravleniya v razvitii pishchevoi termoplasticheskoi ekstruzii / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, V.M. Zimnyakov, A.L. Mishanin, V.V. Novikov, G.V. Shaburova, D.I. Frolov.–Penza, 2015.– 181 p.
- [2] Kurochkin, A.A. Nauchno-tekhnologicheskoe obosnovanie energoeffektivnoi tekhnologii ekstrudirovaniya sel'skokhozyaistvennogo syr'ya / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, P.K. Voronina, D.I. Frolov // Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati doktora tekhnicheskikh nauk, professora F.Kh. Burumkulova / redkol.: Senin P.V. [i dr.]–Saransk: 2016.–PP. 338–344.
- [3] Kurochkin, A.A. Regulirovanie funktsional'no-tekhnologicheskikh svoystv ekstrudatov rastitel'nogo syr'ya / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, P.K. Voronina// Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii.– 2012.– № 4.–PP. 86–91.
- [4] Kurochkin, A.A. Regulirovanie struktury ekstrudatov krakhmalsoderzhashchego zernovogo syr'ya / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina// Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii.– 2013.– № 4.–PP. 94–99.
- [5] Kurochkin, A.A. Modelirovanie protsessa polucheniya ekstrudatov na osnove novogo tekhnologicheskogo resheniya / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Niva Povolzh'ya.– 2014.– № 30.–PP. 70–76.
- [6] Kurochkin, A.A. Polikomponentnyi ekstrudat na osnove zerna pshenitsy i semyan rastoropshi pyatnistoi /A.A. Kurochkin, D.I. Frolov //Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii.–2015.–№ 4.–PP. 76–81.
- [7] Shaburova, G.V. Perspektivy ispol'zovaniya ekstrudirovannoi grechikhi v pivovarenii i khlebopechenii / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Izvestiya Samarskoi GSKhA.– 2014.– № 4.–PP. 79–83.
- [8] Pat. 2579488 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A 21 D8/02. Sposob proizvodstva khlebobulochnykh izdelii / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkova.– 2014146596/13; zayavl. 19.11.2014; opubl. 10.04.2016, Byul. № 10.
- [9] Shaburova, G.V. Optimizatsiya sostava zernoproduktov pri poluchenii pivnogo susla s ispol'zovaniem ekstrudirovannogo yachmenya / G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, D.I. Frolov // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus: Periodicheskoe nauchnoe izdanie.–Penza: Izd-vo Penz. gos. tekhnol. un-ta.– 2014.– № 06(22).–PP. 104–110.
- [10] Kurochkin, A.A. Funktsional'nyi kompozit na osnove ekstrudirovannoi smesi pshenitsy i semyan tykvy / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Innovative machinery and technology.– 2015.– № 2 (03). PP. 5–11.
- [11] Kurochkin, A.A. Teoreticheskoe obosnovanie termovakuumnogo effekta v rabochem protsesse modernizirovannogo ekstrudera /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, P.K. Voronina, D.I. Frolov //Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii.–2015.–№ 3.–S. 15–20.

- [12] Kurochkin, A.A. Opredelenie osnovnykh parametrov vakuumnoi kamery modernizirovannogo ekstrudera / A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – 2015. – № 4 (32). – S. 172–177.
- [13] Frolov, D.I. Teoreticheskoe opisanie protsessa vzryvnogo ispareniiya vody v ekstrudere s vakuumnoi kameroi / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, P.K. Voronina // Innovative machinery and technology. – 2015. – № 1 (02). Pp. 29–34.
- [14] Frolov, D. I. K voprosu sovershenstvovaniya ekstruzionnykh tekhnologii / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin // Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. – 2015. – № 2 (03). Pp. 18–23.
- [15] Kurochkin, A.A. Ekstrudaty iz rastitel'nogo syr'ya s povyshennym soderzhaniiem lipidov / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – 2014. – № 4. – Pp. 70–74.
- [16] Kurochkin, A.A. Poluchenie ekstrudatov krakhmalsoderzhashchego zernovogo syr'ya s zadannoi poristost'yu // A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // KhKhI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. – 2014. – № 6 (22). – PP. 109–114.
- [17] Kurochkin, A.A. Tekhnologiya proizvodstva kormov na osnove termo-vakuumnoi obrabotki otkhodov s/kh proizvodstva / A. A. Kurochkin, D.I. Frolov // Innovative machinery and technology. – 2014. – № 4. Pp. 36–40.
- [18] Kurochkin, A. A. K voprosu povysheniya dekompressionnogo effekta v rabochem protsesse odnozhnekovogo ekstrudera / A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Innovative machinery and technology. – 2015. – № 3 (04). Pp. 51–57.
- [19] Frolov, D.I. Optimizatsiya komponentnogo sostava funktsional'nykh produktov pitaniya, okazyvayushchikh blagotvornoe vliyanie na serdechno-sosudistuyu sistemu / D. I. Frolov // Innovative machinery and technology. – 2015. – № 2 (03). Pp. 12–15.
- [20] Kurochkin, A.A. Primenenie komp'yuternykh sredstv razrabotki programm dlya avtomatizatsii rascheta indeksa rasshireniya ekstrudata ovsa / A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Informatsionnye tekhnologii v ekonomicheskikh i tekhnicheskikh zadachakh: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Penza, 2016. – Pp. 300–302.
- [21] Frolov, D.I. Informatizatsiya protsessa ekstrudirovaniya ovsa s pomoshch'yu programmy rascheta indeksa rasshireniya ekstrudata / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin // Pishchevye innovatsii i biotekhnologii: materialy IV Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii / pod obshch. red. M.P. Kirsanova; FGBOU VO «Kemerovskii tekhnologicheskii institut pishchevoi promyshlennosti (universitet)». – Kemerovo, 2016. – Pp. 253–255.
- [22] Frolov, D.I. Povysenie pitatel'nosti ekstrudiruemyykh kormov dlya zhivotnykh / D.I. Frolov, V.A. Nikishin // Sbornik nauchnykh trudov Sworld. 2014. T. 7. № 4. PP. 98–101.
- [23] Frolov, D.I. Bezopasnost' prodovol'stvennogo syr'ya i produktov pitaniya. Laboratornyi praktikum: Uchebno-metodicheskoe posobie / D. I. Frolov. – Penza: Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya., 2015. – 144 p.
- [24] Frolov, D.I. Bezopasnost' prodovol'stvennogo syr'ya: Uchebno-metodicheskoe posobie / D.I. Frolov. – Penza: Penzenskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet., 2012. – 77 p.
- [25] Frolov D.I. Opredelenie optimal'nykh parametrov botvoudalyayushchei mashiny na posevakh luka / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – 2015. – № 1 (29). – Pp. 120–126.
- [26] Laryushin N.P., Sushchev S.A., Frolov D.I., Laryushin A.M. Botvoudalyayushchaya mashina // Patent Rossii № 2339208. – 2008. Byul. № 33.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПИЩЕВОЙ КОМПОЗИТ ИЗ СМЕСИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ И СЕМЯН ЛЬНА

Куручкин А. А.

В работе представлены результаты исследований функционального композита из смеси зерна пшеницы и семян льна. Полученные данные свидетельствуют о том, что для получения поликомпонентного экструдата на основе семян льна в качестве наполнителя следует использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14,0%, соответствующей по ГОСТ Р 52554–2006 базисным кондициям для этой культуры. При этом условии наиболее высокую пористость экструдата можно получить при содержании в нем 20% семян льна с массовой долей влаги 40,0–42,0%. При этих условиях влажность экструдированной смеси будет составлять 19,2–19,6%.

Ключевые слова: растительное сырье, функциональный композит, экструдат, семена льна, липиды, влажность, пористость.

Введение

В процессе производства пищевых продуктов, наиболее часто потребляемых человеком, формируются условия для известного противоречия между технологиями переработки сырья и потребностями организма человека. Во многих случаях эти технологии направлены на получение рафинированных продуктов, свободных от так называемых «балластных веществ», в состав которых незаслуженно включают целый ряд весьма ценных пищевых ингредиентов.

Например в мукомольном производстве из цельного зерна в процессе выработки муки высшего сорта удаляется большая часть биологически активных компонентов, диетической клетчатки, витаминов группы В и минеральных веществ. В угоду повышению сроков хранения и улучшения ее внешнего вида, мука по существу превращается в источник рафинированных углеводов. В свою очередь такая мука зачастую применяется в качестве основного сырья для продуктов, которые человек потребляет ежедневно и в достаточно значимых количествах.

Примерно такое же положение сложилось и с производством рафинированных растительных масел, из которых в процессе очистки с целью увеличения их срока хранения, удаляют часть биологически активных веществ, тем самым существенно снижая ценность готового продукта.

Приведенные выше сведения объясняют тот известный факт, что во многих регионах России рацион питания жителей в той или иной мере дефицитен в отношении белка, полиненасыщенных жирных кислот (омега-3, омега-6), растворимых и нерастворимых пищевых волокон (пектин, камеди, слизи, целлюлоза и др.), витаминов (А, Е, D, группы В и др.), а также целого ряда минеральных веществ.

Следует признать, что данная проблема достаточно многогранна, она характеризуется сложной зависимостью от целого ряда факторов, и не решается каким-либо единым способом.

Одним из эффективных и экономически обоснованных направлений решения этой проблемы может быть разработка натуральных функциональных композитов, с помощью которых регулярно потребляемые в пищу продукты обогащались бы недостающими для нормального питания людей ингредиентами. В многочисленных работах, выполненных в последние годы, показано, что в качестве основы для таких композитов может быть использовано растительное сырье с высоким содержанием липидов, белков и клетчатки (семена льна, расторопши пятнистой, тыквы, кунжута и др.) [1, 6–8, 11].

Семена льна с оболочкой являются хорошим источником липидов (содержат примерно 40%), углеводов (30% и меньше), а также полноценного белка (25% и больше). При этом белок и незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты в этих семенах достаточно хорошо сбалансированы.

В отличие от других семян масличных культур, в оболочке семян льна содержится незначительное количество целлюлозы (не более 18% в пересчете на сухое вещество) и до 62% других углеводов, в первую очередь слизей – легко диспергирующихся в воде углеводов, состоящих, в основном из нередуцирующих сахаров [13, 17].

В качестве пищевой добавки функционального назначения семена льна применяются в виде муки, масла, шрота, а также в нативном виде.

Основываясь на практике применения экструдата семян тыквы и расторопши при разработке функциональных пищевых добавок, можно предположить, что разработка пищевого функционального композита на основе целых семян льна может быть весьма актуальной. При этом следует отметить, что

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Кодированное обозначение фактора	Уровни варьирования фактора			Интервалы варьирования фактора
		нижний	нулевой	верхний	
Содержание семян льна в экструдированной смеси %	M	20	25	30	5
Массовая доля влаги в зерне пшеницы, %	B1	12	14	16	2
Массовая доля влаги в семенах льна, %	B2	30	35	40	5

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Система опытов	№ опыта	Кодированные факторы			Натуральные факторы			Пористость (POR)
		X ₁	X ₂	X ₃	M	B1	B2	
Полный факторный эксперимент типа 2 ³	1	-1	-1	-1	20	12	30	65,1
	2	-1	-1	1	20	12	40	69,8
	3	-1	1	-1	20	16	30	74,1
	4	-1	1	1	20	16	40	80,2
	5	1	-1	-1	30	12	30	62,2
	6	1	-1	1	30	12	40	72,5
	7	1	1	-1	30	16	30	70,1
	8	1	1	1	30	16	40	69,6
Опыты в «звездных» точках	9	-1,68	0	0	16,59	14	35	75,5
	10	1,68	0	0	33,41	14	35	70,3
	11	0	-1,68	0	25	10,64	35	60
	12	0	1,68	0	25	17,36	35	65,5
	13	0	0	-1,68	25	14	26,59	62
	14	0	0	1,68	25	14	43,41	79,8
Опыты в центре плана	15	0	0	0	25	14	35	78,4
	16	0	0	0	25	14	35	78,5
	17	0	0	0	25	14	35	78,5
	18	0	0	0	25	14	35	78,7
	19	0	0	0	25	14	35	78,5
	20	0	0	0	25	14	35	78,6

экструдирование растительного сырья с относительно высоким содержанием липидов и клетчатки в чистом виде без добавления каких-либо наполнителей затруднено [5, 9, 12].

Как показывает наш опыт, получить функциональный композит хорошего качества на основе сырья с высоким содержанием липидов и пищевых волокон можно путем его совместного экструдирования с высококрахмалистым сырьем, например, зерном пшеницы. Такие экструдаты с содержанием в них воды не больше 10...14% сохраняют практически все полезные свойства ингредиентов, из которого они выработаны и хорошо хранятся в обычных условиях [9, 11].

При этом следует особо отметить, что получение таких экструдатов связано как с совершенствованием технологических параметров экструзи-

онного процесса, так и с разработкой технических средств для его реализации [2–5, 10, 14].

Целью работы является обоснование рациональных технологических параметров сырья при получении функционального композита из смеси зерна пшеницы и семян льна.

Объекты и методы исследований

Объект исследования – смесь неизмельченных зерен пшеницы и семян льна, которую подвергали экструдированию в течение 15–20 с при температуре 100–105°C с последующим воздействием на выходящее из фильеры матрицы экструдера сырье пониженным давлением, равным 0,05 МПа. Частота вращения шнека пресс-экструдера составляла 7,5 с⁻¹, диаметр фильеры матрицы экструдера – 4 мм.

На выходе из фильеры матрицы машины экструдат разрезался на частицы длиной 0,8–1,0 мм.

Перечисленные технологические и технические параметры эксперимента выбраны в соответствии с запатентованным способом производства экструдатов и техническим средством для его реализации [15, 16].

В качестве исследуемых были выбраны следующие факторы: содержание семян льна в экструдированной смеси – М (%), массовая доля влаги в зерне пшеницы – В1 (%) и массовая доля влаги в семенах льна – В2 (%). За критерий качества полученного экструдата была принята его пористость POR (%).

Известно, что при поиске оптимальных условий протекания процесса экструдирования и получения экстремума критерия качества в почти стационарной области, где поверхность отклика имеет значительную кривизну, рекомендуется применять модели в виде полинома второй степени. В связи с этим программа эксперимента была реализована с помощью центрального композиционного униформ-ротатабельного планирования, состоящего из трех уровней: факторного плана типа 2³, составляющего «ядро» центрального композиционного плана; звездных точек на осях факторного пространства, а также дополняющих опытов в центре плана.

Эксперимент проводился в трехкратной повторности. В таблице 1 представлены уровни и интервалы варьирования факторов.

Матрица планирования и результаты эксперимента для смеси зерна пшеницы и семян льна представлены в таблице 2.

Методика определения пористости получаемых экструдатов заключается в следующем [12]: образцы экструдата длиной 10 мм покрывались водостойким лаком и после высыхания помещались в цилиндр с водой.

С учетом объема воды, вытесненной из цилиндра, определялся объем образца экструдата с порами. Затем образец экструдата деформировался с помощью ручных тисков, после вновь замерялся его объем. Пористость экструдата (%) определялась по формуле

$$POR = \left(1 - \frac{V_6}{V_n}\right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где V_n – объем экструдата с порами, мм³;

V_6 – объем экструдата после сжатия образца, мм³.

Результаты и их обсуждение

Реализация эксперимента и обработка полученных результатов позволили получить математическую модель второго порядка (2), описывающую зависимость пористости получаемого экструдата (POR) от содержания семян льна в экструдированной смеси (М), а также массовой доли влаги в перерабатываемом зерне пшеницы (В1) и семенах льна (В2):

$$POR = -479,71 + 5,41 \cdot M - 0,06 \cdot M^2 + 45,68 \cdot B1 - 1,28 \cdot B1^2 + 8,77 \cdot B2 - 0,08 \cdot B2^2 - 0,18 \cdot M \cdot B1 - 0,005 \cdot M \cdot B2 - 0,12 \cdot B1 \cdot B2 \quad (2)$$

Полученная модель характеризуется следующими показателями качества (табл. 3).

Анализ приведенных данных позволяет оценить качество полученной модели следующим образом:

- множественный коэффициент корреляции $R=0,96$, свидетельствует о весьма высокой силе связи между переменными (по шкале Чеддока);
- коэффициент детерминации $R^2=0,92$, позволяет утверждать, что в полученной модели 92 % изменчивости объясняется исследуемыми факторами (доля дисперсии зависимых переменных) и лишь 8 % – ошибками модели (доля необъясненной дисперсии);
- статистическая значимость составляет $p<0,000187$, что соответствует высокому уровню доверия к полученной модели.

Первичный анализ модели может быть проведен по следующему алгоритму:

1. Выявление факторов, наиболее существенно влияющих на параметр оптимизации, а также оценка меры воздействия каждого из них на процесс формирования пористой структуры экструдата.
2. Проверка гипотезы о механизме взаимодействия факторов и возможном синергизме влияния исследуемых факторов на параметр оптимизации.

Абсолютная величина коэффициентов при изучаемых факторах позволяет сделать вывод о том, что наибольшее влияние на пористость получаемого экструдата оказывает массовая доля влаги в зерне пшеницы, а наименьшее – количество льна в экструдированной смеси. При этом обращает на себя внимание то, что все коэффициенты при квадратичных значениях параметров имеют отрицательный знак. Это говорит о том, что исследуемые параметры влияют на параметр оптимизации криволинейно (параболически) с направлением ветвей, характерным для параболы с максимумом.

Таблица 3 – Показатели качества полученной модели

Множест. - R	Множест. - R ²	SS - Модель	сс - Модель	MS - Модель
0,96	0,92	779,689	9	86,632
SS - Остаток	сс - Остаток	MS - Остаток	F	p
65,341	10	6,534	13,259	0,000

Для изучения свойств поверхности отклика в окрестностях оптимума выполнено каноническое преобразование полученной математической модели. Анализ поверхности отклика проводили с помощью двумерных сечений.

Уравнение (3), описывающее поверхность отклика и характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания в экструдированной смеси семян льна (M) и массовой доли влаги в зерне пшеницы (B1), имеет вид

$$\text{POR} = -267,62 + 4,79 \cdot M + 40,01 \cdot B1 - 0,05 \cdot M^2 - 0,18 \cdot M \cdot B1 - 1,22 \cdot B1^2 \quad (3)$$

Графическая интерпретация данного уравнения представлена на рис. 1 (цифры показывают численные значения пористости экструдата в рассматриваемых областях поверхности отклика). Как видно из рисунка, область с высокими значениями пористости получаемого экструдата находится для первого фактора в интервале 16–25%, для массовой доли влаги в зерне пшеницы – 14,0–15,6%.

Уравнение (4), описывающее поверхность отклика и характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания в экструдированной смеси семян льна (M) и массовой доли влаги в них (B2), имеет вид

$$\text{POR} = -57,65 + 1,87 \cdot M + 5,71 \cdot B2 - 0,04 \cdot M^2 - 0,005 \cdot M \cdot B2 - 0,07 \cdot B2^2 \quad (4)$$

Графический вид данного уравнения приведен на рис. 2.

Анализ уравнения (4) и поверхности отклика показывает, что пористость экструдата (POR) находится на достаточно высоком уровне при содержании в смеси семян льна в интервале 16,0–26,0% и их влажности, равной 37,0–44,0%.

Уравнение (5), описывающее поверхность отклика и характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания массовой доли влаги в зерне пшеницы (B1) и семенах льна (B2), имеет вид

$$\text{POR} = -369,06 + 40,11 \cdot B1 + 8,22 \cdot B2 - 1,24 \cdot B1^2 - 0,12 \cdot B1 \cdot B2 - 0,08 \cdot B2^2 \quad (5)$$

В графическом виде уравнение представлено на рис. 3.

Анализ уравнения (5) показывает, что пористость экструдата (POR) существенно увеличивается при повышении влажности обрабатываемого сырья и имеет значение, близкое к максимальному, полученному в эксперименте (80, 2%) при содержании массовой влаги в зернах пшеницы 13,5–15,2% и семенах льна 36,0–42,5%.

Результаты экспериментальных исследований показывают весьма важную в практическом плане закономерность: с уменьшением массовой доли влаги в семенах льна (примерно с 36,0%), процесс экструдирования смеси ухудшается, и соответ-

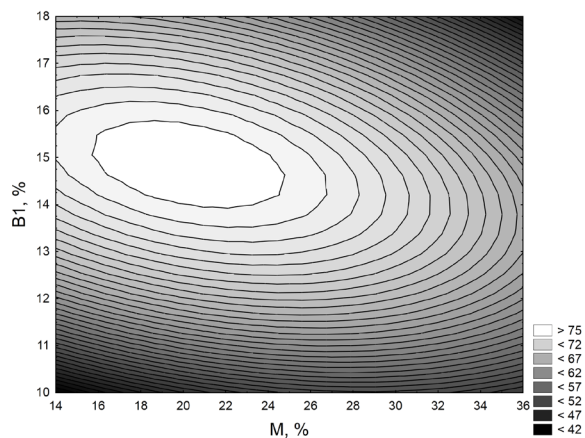


Рис. 1. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания в экструдированной смеси семян льна (M) и массовой доли влаги в зерне пшеницы (B1)

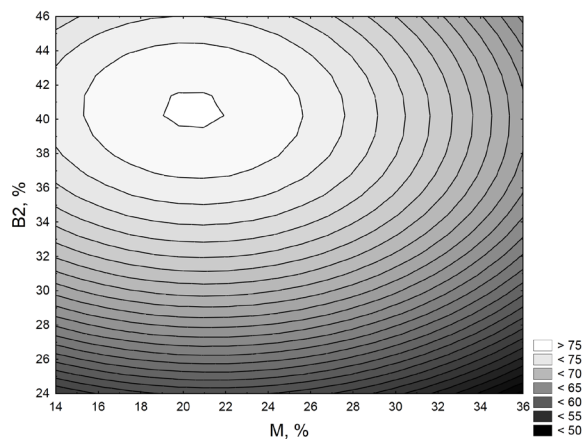


Рис. 2. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания в экструдированной смеси семян льна (M) и массовой доли влаги в них (B2)

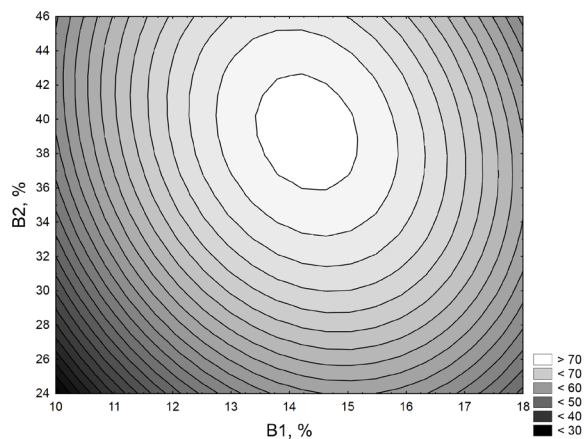


Рис. 3. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания массовой доли влаги в зерне пшеницы (B1) и семенах льна (B2)

ственно пористость получаемого экструдата уменьшается.

Координаты центральной точки зон с пористостью свыше 75% для трех построенных двумерных сечений (рис. 1, рис. 2 и рис. 3) соответственно равны ($M = 20,0\%$; $B1 = 15,0\%$); ($M = 20,0\%$; $B2 = 40,0\%$); ($B1 = 14,2\%$; $B1 = 39,0\%$).

Значение пористости экструдата, полученного из смеси, в которой семена льна с содержанием воды 41,0% составляют 80% от общей массы, а влажность зерна пшеницы равна 14,0%, рассчитанное по формуле (1), равно 94,8%.

В связи с тем, что зона с оптимальными значениями пористости экструдата позволяет использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14%, соответствующей по ГОСТ Р 52554–2006 базисным кондициям для этой культуры, можно сделать вы-

вод о том, что для получения высокопористого поликомпонентного экструдата на основе семян льна массовая доля воды в этом ингредиенте должна находится в пределах 40,0–42,0%.

Выводы

Для получения поликомпонентного экструдата на основе семян льна в качестве наполнителя следует использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14%, соответствующей по ГОСТ Р 52554–2006 базисным кондициям для этой культуры. При этом условии наиболее высокую пористость экструдата можно получить при содержании в нем 20% семян льна с массовой долей влаги 40,0–42,0%. При этих условиях влажность экструдированной смеси будет составлять 19,2–19,6%.

Список литературы

- [1] Воронина, П.К. Полифункциональный композит с повышенным содержанием пищевых волокон /П.К. Воронина, А.А. Куручкин, Г.В. Шабурова //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2015.– № 4.–С. 65–71.
- [2] Куручкин, А.А. Обоснование рациональных параметров шнека пресс-экструдера в зоне загрузки /А.А. Куручкин, В.В. Новиков //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– 2013.– № 06 (10).–С. 123–127.
- [3] Куручкин, А.А. Методологические аспекты теоретических исследований пресс-экструдеров для обработки растительного крахмалсодержащего сырья /А. А. Куручкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков, С.В. Денисов //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– 2013.– № 06 (10).–С. 46–55.
- [4] Куручкин, А.А. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья с заданной пористостью /А. А. Куручкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– 2014.– № 06 (22).–С. 109–114.
- [5] Куручкин, А.А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата /А.А. Куручкин //Инновационная техника и технология.– 2014.– № 4 (01).–С. 17–21.
- [6] Куручкин, А.А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов /А.А. Куручкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина// Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2014.– № 4.–С. 70–74.
- [7] Куручкин, А.А. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения /А. А. Куручкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина //Нива Поволжья.– 2014.– № 30.–С. 70–76.
- [8] Куручкин, А.А. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой /А.А. Куручкин, Д.И. Фролов //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2015.– № 4.–С. 76–81.
- [9] Куручкин, А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов /А.А. Куручкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова //Монография.–Пенза, 2015.– 182 с.
- [10] Куручкин, А.А. Теоретическое обоснование термовакуумного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера /А.А. Куручкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2015.– № 3.–С. 14–20.
- [11] Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии /А.А. Куручкин, П.К. Воронина, В.М. Зимняков, А.Л. Мишанин, В.В. Новиков, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов.–Пенза, 2015.– 181 с.
- [12] Куручкин, А.А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон /А.А. Куручкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов //Техника и технологии пищевых производств.– 2016. Т. 42.– № 3.–С. 104–111.
- [13] Миневиц, И.Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.18.01 /Миневиц Ирина Эдуардовна.–М., 2009.– 27 с.

- [14] Новиков, В. В. Определение объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера /В.В. Новиков, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Н. А. Харыбина, Д. Н. Азиаткин //Вестник Алтайского ГАУ.–Барнаул, 2011.– № 1.–С. 91–94.
- [15] Патент 2460315 Российская Федерация МПК7 A23L1/00. Способ производства экструдатов / заявители: Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Авроров, П. А. Ерушов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенская ГТА.– № 2011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.– 6 с.
- [16] Патент 2561934 Российская Федерация МПК7 B29C47/12. Экструдер с вакуумной камерой / заявители: Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Р. В. Шабнов, А. А. Курочкин, В. А. Авроров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГТУ.– № 2014125348; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25.– 7 с.
- [17] Щербаков, В. Г. Биохимия и товароведение масличного сырья /В. Г. Щербаков, В. Г. Лобанов; Кубанский государственный технологический университет.–М.: КолосС, 2012.– 392 с.

FUNCTIONAL FOOD COMPOSITE FROM MIX OF GRAIN OF WHEAT AND SEEDS OF FLAX

Kurochkin A. A.

The paper presents research results of the functional composite of a mixture of grain of wheat and flax seeds. The data obtained indicate that a low value of the porosity is produced by pre-heating of the extrudate can be obtained by using as filler wheat wet-STU 14-15% in the amount of 75-80% of the extruded mass. The humidity of the processed flax seeds must be maintained in the range of 35-38%, in order to ensure that the moisture content of the extruded mixture is equal to 19-21%.

Keywords: *vegetable raw materials, functional composite extrudate, flax seeds, lipids, moisture content, porosity.*

References

- [1] Voronina, P. K. Multifunctional composite with a high content of dietary fiber / P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2015.–No. 4.– P. 65–71.
- [2] Kurochkin, A. A. Substantiation of rational parameters of the screw press-extruder /A. A. Kurochkin, V. V. Novikov //XXI century: the past and challenges of the present plus.– 2013.–No. 06 (10).–P. 123–127.
- [3] Kurochkin, A. A. Methodological aspects of theoretical research press extruders for processing starchy vegetable raw materials /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov, S. V. Denisov //XXI century: the past and challenges of the present plus.– 2013.–No. 06 (10).–P. 46–55.
- [4] Kurochkin, A. A. Obtaining extrudates starchy grain material with a predetermined porosity /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov //XXI century: the past and challenges of the present plus.– 2014.–No. 06 (22).–P. 109–114.
- [5] Kurochkin, A. A. A systematic approach to the development of thermal vacuum extruder for processing of the extrudate /A. A. Kurochkin //Innovative machinery and technology.– 2014.–No. 4 (01).–P. 17–21.
- [6] Kurochkin, A. A. Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. C. Voronina //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2014.–No. 4.–P. 70–74.
- [7] Kurochkin, A. A. Modeling of the process of extrudates based on new technological solutions / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina //Niva Povolzhya.– 2014.–No. 30.–P. 30–35.
- [8] Kurochkin, A. A. Multicomponent extrudate on the basis of wheat and Thistle seed /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2015.–No. 4.–P. 76–81.
- [9] Kurochkin, A. A. The theoretical rationale for the use of the extruded raw material in food technology / A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, G. V. Shaburova // Monograph, 2015.– 182 p.
- [10] Kurochkin, A. A. Theoretical justification for the thermal vacuum effect in the workflow of the upgraded extruder /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2015.–No. 3.–P. 14–20.

- [11] Scientific support for current trends in the development of the edible thermoplastic extrusion /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, V.M. Zimnyakov, A.L. Mishanin., V.V. Novikov, G.V. Shaburova, D.I. Frolov.– Penza, 2015.– 181 p.
- [12] Kurochkin, A.A. The extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and dietary fibers /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov //Equipment and technologies for food production.– 2016. Vol. 42.–No. 3.–P. 104–111.
- [13] Minevich, I E. Development of technological solutions for the processing of flax seed for the creation of functional food products: author. dis... cand. tech. sciences: 05.18.01 /Minevich Irina Eduardovna. St. M., 2009.– 27 p.
- [14] Novikov, V.V. Determination of volumetric flow of extruded articles in the zone of single screw extrusion press extruder/V.V. Novikov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, N.A. Harybina, D.N. Aziatkin //Herald of the Altai HAU.–Barnaul, 2011.–No. 1.–P. 91–94.
- [15] Patent 2460315 The Russian Federation, IPC7 A23L1/00. Method for the production of extrudates / applicants: G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Avrorov, P.A. Urusov; patentee GOU VPO Penza GTA. No. 2011107960; Appl. 01.03.2011; publ. 10.09.2011, bull. No. 25.– 6 p.
- [16] Patent 2561934 Russian Federation, IPC7 B29C47/12. Extruder with vacuum chamber /applicants: G.V. Shaburova, P.K. Voronina, R.V. Shanov, A.A. Kurochkin, V.A. Avrorov; applicant and patentee of the Federation IN the Penza state technical University. No 2014125348; Appl. 23.06.2014; publ. 10.09.2015, bull. No. 25.– 7 p.
- [17] Shcherbakov, V.G. Biochemistry and commodity oilseed raw materials /V. G. Shcherbakov, V.G. Lobanov; Kuban state technological University.–M.: KolosS, 2012.– 392 p.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КВАСА

Шабурова Г. В., Воронина П. К., Курмаева Л. И.

На основе анализа технических и технологических решений при производстве напитков брожения обосновано перспективное направление в совершенствовании технологии производства кваса. Показано, что актуальное направление в развитии данной технологии основывается на решении следующих задач: оптимизация параметров технологических процессов производства; поиск новых видов сырья, позволяющего заменить или повысить эффективность применения «классического» сырья; внесение в рецептуру напитков добавок с высокой биологической ценностью; совместная обработка нескольких видов сырья, взаимно дополняющих или синергирующих действие друг друга по своим свойствам или химическому составу; изменение химического состава и функционально-технологических свойств сырья путем целевого воздействия на его отдельные ингредиенты.

Ключевые слова: технология, растительное сырье, напитки брожения, квас, экстрадат.

Введение

К основополагающим факторам здорового образа жизни современного человека наряду с правильным питанием существенная роль отводится качеству напитков.

Согласно многочисленным исследованиям в области физиологии питания, одной из перспективных форм лечебно-профилактических продуктов можно считать безалкогольные напитки. При этом особенное место в их ассортименте занимают напитки, полученные путем сбраживания углеводного сырья. Напитки этой группы обладают достаточно высокой пищевой ценностью за счет наличия в их составе продуктов метаболизма микроорганизмов, накапливающихся в процессе сбраживания сырья, в основном растительного происхождения.

Известно, что многие виды растительного сырья по своему составу являются уникальными, поскольку содержат в себе большое количество разнообразных питательных и функциональных веществ. Вот почему на протяжении нескольких последних десятилетий отечественными учеными уделяется большое внимание разработке научных основ технологии безалкогольных напитков на основе растительного сырья. В то же время, следует отметить, что зерновые напитки в общей группе безалкогольной продукции занимают не заслуженно малую часть и представлены в основном различными видами кваса (хлебный, фруктовый, ягодный).

Хлебный квас, составляющий основу этой группы безалкогольных напитков, делят на хлебный квас брожения и газированный, полученный купажированием.

Хлебные квасы брожения – хлебный и окрошечный – составляют более половины от общего количества квасов и напитков, приготовленных на хлебном сырье.

К газированным квасам относят не только квасы, полученные на основе концентрата квасного сусла (ККС), а также вкусовых и ароматических добавок, но и квасы, вырабатываемые на основе специфических концентратов.

В качестве сырья для производства хлебного кваса служат рожь, используемая в виде солода и муки, ячменный солод, кукурузная мука, квасные хлебцы, сухой квас, концентрат квасного сусла, концентрат кваса, дрожжи, молочнокислые бактерии, вода. При этом сырье в виде сложенных материалов, применяют для осахаривания заторов кваса (сухой ячменный солод), а также с целью придания напитку специфического вкуса и аромата (ржаной солод) [11, 25].

Квасные хлебцы выпекают из смеси ржаного и ячменного солодов, ржаной муки и воды. Они не предназначены для длительного хранения, в связи с этим их высушивают и дробят. Полученный полуфабрикат называется сухим квасом.

Концентрат квасного сусла, как правило, вырабатывается на специализированных предприятиях и представляет собой вязкую густую жидкость темно-коричневого цвета с кисловато-сладким вкусом без выраженной горечи и ароматом ржаного хлеба. Концентрат полностью растворим в воде.

Концентрат кваса получают из концентрата квасного сусла путем добавления сахарного сиропа, молочной кислоты или затиранием ржаного и ячменного солода с водой с последующим сгущением полученного сусла.

Дрожжи, применяемые в технологии кваса, служат для проведения спиртового брожения.

Молочнокислые бактерии при производстве кваса используют совместно с дрожжами с целью получения продукта с незаконченным спиртовым и молочнокислым брожением.

Производственный процесс производства ква-

сов брожения включает следующие стадии: разведение культур микроорганизмов, приготовление квасного сусла, сбраживание сусла, купажиrowание и розлив готового продукта.

Наиболее трудоемкой стадией производства кваса является приготовление квасного сусла, которое может быть получено настoйным или рациональными способами, а также из концентрата квасного сусла.

Настoйным способом квасное сусло получают из квасных хлебцев и сухого кваса. Он заключается в извлечении горячей водой экстрактивных веществ сырья и отделении не растворившейся части квасной гущи в настoйном чане. Такой способ в силу целoго ряда своих недостатков (трудоемкость, длительность процесса, потери сухих веществ, значительные отходы в виде квасной гущи) применяется в основном на небольших предприятиях.

Рациональный способ приготовления квасного сусла предусматривает перед затиранием проводить разваривание ржаного солода и муки с водой под давлением. Такой технологический прием повышает клейстеризацию крахмала ржаной муки и способствует образованию ароматических и красящих веществ. Практическая реализация этого способа в силу своей сложности затруднена, поэтому он не нашел на практике широкого применения.

Наиболее прогрессивным способом приготовления квасного сусла считается его приготовление из квасного концентрата [21, 22].

Целью исследований является анализ и обобщение информационных данных отечественных исследователей о применяемых технологических приемах совершенствования производства кваса.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись научные данные отечественных источников информации. В качестве методов исследования использовали методы анализа и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Анализ и обобщение научных работ отечественных ученых и патентной информации показывает, что прогресс в технологических решениях при производстве кваса обусловлен следующими факторами:

- оптимизация параметров технологических процессов производства;
- поиск новых видов сырья, позволяющего заменить или повысить эффективность применения «классического» сырья;
- внесение в рецептуру напитков добавок с высокой биологической ценностью;
- совместная обработка нескольких видов сырья, взаимно дополняющих или синергирующих действие друг друга по своим свойствам или химическому составу;

– изменение химического состава и функционально-технологических свойств сырья путем целевого воздействия на его отдельные ингредиенты.

При этом каждое из этих направлений может быть реализовано как отдельно, так и в комплексе.

В части оптимизации параметров технологических процессов производства наиболее значимая роль отводится совершенствованию конструктивно-технологических показателей оборудования, с помощью которого реализуется технология кваса. Сюда в первую очередь относятся работы по снижению наиболее энергоемких механических, тепловых и массообменных процессов, применяемых при производстве сухого кваса, концентрата квасного сусла и концентрата кваса.

Существует запатентованный способ производства кваса, отличительной особенностью которого является приготовление ингредиентов сусла для сбраживания при определенной температуре смеси (32–35°C) и купажиrowание кваса в трубопроводе.

Обработка сырья в трубопроводе осуществляется при выходе его из теплообменника, а купажиrowание – в потоке кваса, поступающего на охлаждение. Предложенный способ производства кваса позволяет интенсифицировать процесс получения продукта в 4–5 раз, снизить энергетические затраты до 30% и устранить трудоемкий процесс купажиrowания в отдельной емкости. Необходимо отметить, что данное техническое решение позволяет полностью автоматизировать весь процесс приготовления кваса [15].

Заслуживает внимания еще один пример в реализации данного направления, когда для достижения необходимого эффекта применяются специальные устройства, которыми дополнительно оснащается серийно выпускаемое оборудование. В цитируемом изобретении предложены способ и установка для производства кваса, позволяющие снизить количество технологических операций, ускорить процесс получения квасов брожения в 2–3 раза и полностью исключить пенообразование в процессе приготовления напитка. Заявленный эффект достигается применением гидроакустических излучателей, обеспечивающих смешивание всех компонентов (гомогенизацию) в двух плоскостях (горизонтальной и вертикальной) в заторно-бродительной и купажной емкостях [14].

Поиск новых видов сырья, позволяющего заменить или повысить эффективность применения «классического» сырья следует проанализировать в разрезе задач, решаемых при этом. Например, к таким задачам можно отнести следующие:

1. Сокращение длительности технологического процесса (в основном за счет ускорения сбраживания сырья).
2. Повышения срока хранения продукта.
3. Повышение вкусовых качеств кваса.
4. Стабилизация цветности напитка.
5. Повышение стойкости пены кваса.

6. Улучшение микробиологических показателей напитка.

7. Расширение ассортиментной линии выпускаемого продукта.

В настоящее время известно достаточно много работ, в которых решаются как отдельные из перечисленных задач, так и несколько задач совместно, с той или иной степенью завершенности.

При этом большинство перечисленных задач, как показывают многочисленные исследования, можно решить за счет повышения эффективности спиртового и молочнокислого брожения в процессе приготовления кваса [1, 16, 19, 20].

В исследованиях, выполненных Степановым С.В., разработаны рецептуры и технологии кваса и полисолодовых напитков с использованием овсяного солода. Автором диссертационной работы определены пропорциональные ингредиентные соотношения зернопродуктов в напитках. При этом доля овсяного солода, по его мнению, может составлять до 25% от общей массы используемого сырья. Разработанная рецептура позволяет получить напитки с высокими органолептическими показателями, а также с максимальным сохранением в них ряда полезных веществ, переходящих в продукт из сырья [23].

Идея включения в состав сырья при производстве напитков нетрадиционных ингредиентов достаточно популярная и получила значительное число сторонников.

Ряд из них предлагают использовать такое сырье в качестве основного. По мнению Макушина А.Н. таким сырьем может быть просо [9].

Квасенковым О.И. при производстве диетического кваса предлагается использовать тописолнечник. Способ предполагает подготовку рецептурных компонентов следующим образом. Подготовленный тописолнечник нарезают и сушат в поле СВЧ до остаточной влажности около 20%. Мощность поля СВЧ подбирают таким образом, чтобы обеспечить температуру внутри кусочков сырья 80–90 °С, а сам процесс обработки осуществлять в течение не менее 1 часа. Затем тописолнечник обжаривают, дробят и подают на заливку кипятком в количестве около 15% от массы пшеничных отрубей.

Пшеничные отруби заливают кипятком и доводят их до кипения, после чего охлаждают до температуры 18–20 °С, добавляют сахар, отвар цедры лимона и закваску. В качестве закваски используют смесь чистых культур квасных дрожжей расы М и молочнокислых бактерий рас 11 и 13. Завершающей стадией технологии является сбраживание и разделение фаз.

Способ обеспечивает сокращение длительности технологического процесса в результате ускорения сбраживания, а также стабилизацию цветности и повышение стойкости пены [20].

В другом своем патенте автор предлагает по подобной технологии осуществлять подготовку цикория. В способе производства кваса с мятой

предусматривается подготовка рецептурных компонентов, дробление ржаного ферментированного солода, ржаного неферментированного солода и ячменного солода, их смешивание с кипящей водой, настаивание в течение 2–3 часов, разделение фаз, добавление к жидкой фазе сахара, меда, мяты и закваски, а также сбраживание и удаление мяты. Отличием данного способа от ранее известных является подготовка цикория, а также применение комбинированной закваски квасных дрожжей рас М и С-2 и молочнокислых бактерий рас 11 и 13.

Предлагаемый способ позволяет сократить длительность технологического процесса, стабилизировать цветность и повысить стойкость пены целевого продукта [19].

Дикорастущие плоды и ягоды являлись основой при разработке технологий безалкогольных профилактических напитков на основе минеральных вод отдельных регионов РФ [24].

По мнению ряда авторов научных работ и изобретений, улучшить органолептические характеристики хлебного кваса путем смягчения его вкуса, а также расширить ассортимент напитков этой группы можно несколькими путями.

Первый из них предполагает смешивание основных ингредиентов (ржанных сухарей, ячменной и овсяной муки) с горячей водой и последующее проведение всех остальных операций, предусмотренных технологическим процессом производства кваса. В состав этих операций входит выдержка, отделение осадка, добавление сахара и дрожжевой массы, сбраживание сусла, охлаждение сброженного квасного сусла, выдерживание его при пониженной температуре для осаждения дрожжей и частичного осветления кваса, отделения кваса от осадка, добавления в него сахара и розлив.

Отличительной особенностью данного способа является то, что в качестве ячменной муки используют муку из ячменного солода или муку из не проросших зерен ячменя, а в качестве овсяной муки – муку из не проросших зерен овса. При этом дрожжевую массу готовят путем смешивания дрожжей с порцией квасного сусла, добавления молочной кислоты до pH 2,5–3,1, а также выдержки дрожжевой суспензии с последующим добавлением сахарного сиропа с содержанием сухих веществ 13–17 мас.%, ржаной муки и сбраживания [13].

В другом техническом решении предлагается способ производства квасного напитка на основе творожной сыворотки. Он предусматривает приготовление квасного сусла путем внесения в его концентрат осветленной творожной сыворотки и сахарного сиропа, пастеризацию смеси, охлаждение, заквашивание дрожжевой закваской, сбраживание, охлаждение и розлив.

Авторы патента предлагают дополнить перечисленные технологические операции тем, что после окончания процесса сбраживания и охлаждения среды вносят концентрат пропионово-кислых бактерий в количестве 0,15–0,17%, ферментируют,

купажируют с сахарным сиропом и концентратом квасного сусла. При этом в процессе приготовления квасного сусла осветленную творожную сыворотку разбавляют водой.

Использование творожной сыворотки в качестве ингредиента сырья, применяемого при производстве кваса, позволяет ускорить процесс брожения до 6 часов. Кроме того, применение концентрата пропионовокислых бактерий и раздельное культивирование их с дрожжами способствует образованию биологически активных веществ, устранению специфического запаха и вкуса сыворотки, удлинению срока хранения напитка [16].

В условиях, когда отдельные ингредиенты применяемого сырья достаточно дороги, задача использования их более дешевых заменителей является весьма актуальной. В этой связи заслуживает внимания техническое решение, позволяющее заменить в рецептуре кваса ферментированный солод. При этом одновременно предлагается решить и достаточно важную проблему хлебопекарного производства, а именно—быстро и технологически просто использовать черствый, деформированный и дефектный хлеб в качестве исходного сырья для приготовления кваса.

С этой целью способ получения полуфабриката сухого хлебного кваса включает дополнительную технологическую операцию по смешиванию сухарной ржаной крошки с исходным ржаным сырьем и рецептурными компонентами.

Сухарную крошку смешивают с ржаной мукой в соотношении (1,5–4):1, а в качестве рецептурных компонентов используют сахар, дрожжи, лимонную кислоту и подкислитель в виде 30–40% раствора молочной кислоты, нанесенного на муку в пропорции 1:(4–5) и просушенного при температуре 18–25 °С в течение 12–24 часов с обеспечением влажности не более 14,5%.

Компоненты разделяют соответственно на две части. Одна часть включает 60–80 мас.% сухарной ржаной крошки, 10–14 мас.% муки ржаной и 4–6 мас.% сахара-песка. В другую часть входит 6–10 мас.% муки ржаной, 0,5–1,5 мас.% дрожжей сухих, 3–7 мас.% подкислителя и 0,5–1,0 мас.% лимонной кислоты.

Данный способ позволяет быстро и технологически просто использовать черствый, деформированный и дефектный хлеб в качестве исходного сырья для приготовления напитка. Полученный таким образом полуфабрикат имеет длительный срок хранения, и может найти применение в домашних условиях для приготовления кваса [12].

Список литературы

- [1] Гарш, З. Э. Совершенствование технологии ржаных солодовых экстрактов с применением экструзии: дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: 05.18.01 /Гарш Зинаида Эргардовна.—М., 2010.— 24 с.
- [2] Воронина П. К. Формирование качества пива в процессе сбраживания пивного сусла с использованием экструдата ячменя /П.К. Воронина, А.А. Курочкин//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.— 2012.— № 4.— С. 100–103.

Отдельную и весьма обширную группу исследований и патентов составляют работы, в которых для приготовления напитков брожения предлагается использовать растительное сырье, обработанное методами экструзионных технологий.

Одновременное воздействие на обрабатываемый материал влаги, тепла и механических напряжений различного вида в процессе экструзии приводит не только к деструкции биополимеров зерна (крахмала и белка) [6–8, 10, 26], но и при обработке некоторых видов зернового сырья—к реакциям не ферментативного потемнения, в результате чего изменяется цвет готового продукта [1].

В работах, выполненных авторами статьи, представлены данные о возможности применения в производстве напитков брожения зерновых экструдатов, полученных по запатентованной технологии [18]. Благодаря этому способу появляется возможность регулирования функционально-технологических и структурных свойств экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья за счет изменения технологических факторов экструзионного процесса и технических параметров экструдера [2–5, 10, 17, 27].

Имеются данные, подтверждающие, что экструзионная обработка солода перед экстрагированием повышает содержание редуцирующих веществ в экстрактах, увеличивает экстрактивность начального сусла и значительно повышает цветность продукта [1].

Выводы

Таким образом, анализ технических и технологических решений при производстве кваса показал, что актуальное направление в развитии данной технологии основывается на решении следующих задач: оптимизация параметров технологических процессов производства; поиск новых видов сырья, позволяющего заменить или повысить эффективность применения «классического» сырья; внесение в рецептуру напитков добавок с высокой биологической ценностью; совместная обработка нескольких видов сырья, взаимно дополняющих или синергирующих действие друг друга по своим свойствам или химическому составу; изменение химического состава и функционально-технологических свойств сырья путем целевого воздействия на его отдельные ингредиенты.

- [3] Воронина, П. К. Разработка технологии и товароведная характеристика пива с экструдатом ячменя /П.К. Воронина// Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2013.– № 4.–С. 108–113.
- [4] Воронина, П. К. Практические перспективы термопластической экструзии в технологии напитков /П.К. Воронина //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– 2014.– № 6 (22).–С. 85–88.
- [5] Курочкин, А. А. Использование экструдированного ячменя в пивоварении/ А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков // Пиво и напитки.– 2006.– № 5.–С. 16–17.
- [6] Курочкин, А. А. Аминокислотный состав экструдированного ячменя /А.А. Курочкин, Г. В. Шабурова //Пиво и напитки.– 2008.– № 4.–С. 12.
- [7] Курочкин, А. А. Трансформация углеводного комплекса экструдированного ячменя /А.А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Е. В. Тюрина //Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания.–Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием.–Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010.–С. 46–48.
- [8] Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов /А.А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Шабурова //Монография.–Пенза, 2015.– 182 с.
- [9] Макушин, А. Н. Влияние сортовых особенностей проса на качество слабоалкогольного напитка «Буза» /А.Н. Макушин //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2013.– № 4.–С. 89–93.
- [10] Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, В. М. Зимняков, А. Л. Мишанин, В. В. Новиков, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов.–Пенза, 2015.– 181 с.
- [11] Оганесянц, Л. А. Технология безалкогольных напитков. /Л.А. Оганесянц, А. Л. Панасюк–СПб.: ГИОРД, 2012.– 200 с.
- [12] Патент 2162100 Российская Федерация, МПК C12G3/02. Способ получения полуфабриката сухого хлебного кваса /Мазур П.Я., Демченко В.И., Корчагин В.И., Магомедов Г.О., Новикова С.Г.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа «Хлебозавод № 2».– № 98122565/13; заявл. 08.12.1998;–опубл. 20.01.2001, Бюл. № 1.– 5 с.
- [13] Патент 2233869 Российская Федерация, МПК C12G3/02, A23L2/00. Способ приготовления хлебного кваса /Алексеева Г.Э., Алексеева Н.П.; заявитель и патентообладатель Алексеева Г.Э., Алексеева Н.П.– № 2001133622/13; заявл. 14.12.2001; опубл. 10.08.2004, Бюл. № 22.– 5 с.
- [14] Патент 2261897 Российская Федерация, МПК C12G3/02, A23L2/00. Способ и установка для производства кваса /Стрижаков И.И., Лобанов Ю.В., Голубева С.И. и др.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Московский пиво-безалкогольный комбинат «Очаково»–№ 2004108819/13; заявл. 25.03.2004;–опубл. 10.10.2005, Бюл. № 28.– 7 с.
- [15] Патент 2333947 Российская Федерация, МПК C12G3/02, A23L2/00. Способ производства кваса / Кочетов А.А., Антонов В. М., Лобанов Ю. В.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Московский пиво-безалкогольный комбинат «Очаково»–№ 2006138050/13; заявл. 30.10.2006;–опубл. 20.09.2008, Бюл. № 26.
- [16] Патент 2361911 Российская Федерация, МПК C12G3/02, A23L2/00. Способ производства квасного напитка /Хамагаева И.С., Бадлуева А.В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный технологический университет, Хамагаева И.П.– № 2008101308/13; заявл. 09.01.2008;–опубл. 20.07.2009, Бюл. № 20.– 9 с.
- [17] Патент 2412986 Российская Федерация: МПК C12 C 12/00. Способ производства пива /Г.В. Шабурова, Е. В. Тюрина, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, А. Б. Терентьев; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия».– № 2008149378/10; заявл. 15.12.2008; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6.– 5 с.
- [18] Патент 2460315 Российская Федерация МПК7 A23L1/00. Способ производства экструдатов / заявители: Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Авроров, П. А. Ерушов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенская ГТА.– № 2011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.– 6 с.
- [19] Патент 2596440 Российская Федерация, МПК C12G3/02. Способ производства кваса с мятой / Квасенков О.И.; заявитель и патентообладатель Квасенков О. И.– № 2015143397/14; заявл. 13.10.2015; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25.– 4 с.
- [20] Патент 2597130 Российская Федерация, МПК A23L2/38. Способ производства диетического кваса / Квасенков О.И.; заявитель и патентообладатель Квасенков О. И.– № 2015146170/14; заявл. 28.10.2015; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25.– 4 с.

- [21] Помозова, В. А. Производство кваса и безалкогольных напитков: Учебное пособие. /В.А. Помозова—СПб.: ГИОРД, 2006.— 192 с.
- [22] Сергеева, И. Ю. Направление совершенствования технологии кваса брожения на основе анализа современных научно-технических разработок /И.Ю. Сергеева, Т.А. Унщикова, В.Ю. Рысина // Техника и технология пищевых производств. 2014.— № 3.—С. 69–78.
- [23] Степанов, С. В. Обоснование целесообразности производства напитков брожения с использованием овсяного солода: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 /Степанов Сергей Владимирович.— Кемерово, 2014.— 16 с.
- [24] Царахова, Э. Н. Разработка технологии безалкогольных профилактических напитков из дикорастущих плодов, ягод и минеральных вод Республики Северная Осетия-Алания: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: 05.18.01 / Царахова Эльза Николаевна.—Краснодар, 2009.— 24 с.
- [25] Шабурова, Г. В. Технология бродильных производств /Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, В. П. Чистяков— Пенза, 2006.— 296 с.
- [26] Шабурова, Г. В. Белковый комплекс экструдированного ячменя /Г.В. Шабурова, А. А. Курочкин, В. П. Чистяков, В. В. Новиков // Пиво и напитки.— 2007.— № 3.—С. 12.
- [27] Шабурова, Г. В. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.— 2014.— № 4.—С. 79–83.

PROMISING TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE PRODUCTION OF FERMENTED BEVERAGES

Shaburova G. V., Voronina P. K., Kurmaeva L. I.

Based on the analysis of technical and technological solutions in the production of fermented beverages substantiated promising direction in improvement of technology of production of kvass. It is shown that the current trend in the development of this technology is based on the following tasks: optimization of parameters of technological processes of production; the search for new raw materials to replace or increase the effectiveness of the use of conventional raw materials; making the recipe additives with high biological value; joint processing of multiple raw materials, complementary or energymusic the action of each other in their properties or chemical composition; change of the chemical composition and functional and technological properties of raw materials through targeted exposure to specific ingredients.

Keywords: *technology, plant material, fermented beverages, brew, extrudate.*

References

- [1] Garsh, Z.A. Improvement of the technology of rye malt extracts using extrusion: dis. on competition of a scientific degree. academic step. Cand. technical Sciences: 05.18.01 /Garsh Zinaida Argandona.—М., 2010.— 24 p.
- [2] Voronina P.K. Formation of the quality of beer in the process of fermentation of wort with the use of the extrudate barley/ P.K. Voronina, A.A. Kurochkin //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.— 2012.—No. 4.—P. 100–103.
- [3] Voronina, P. K. Development of technology and commodity research characteristics of beer with the extrudate barley /P. K. Voronina // Bulletin Samara state agricultural Academy.— 2013.—No. 4.—P. 108–113.
- [4] Voronina, P.K. Practical Perspectives thermoplastic extrusion technology drinks / P.K. Voronina //XXI century: the results of past and present problems plus.— 2014.—No. 6 (22).—P. 85–88.
- [5] Kurochkin, A.A. Using extruded barley in brewing /A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov // Beer and soft drinks.— 2006.— № 5.—P. 16–17.
- [6] Kurochkin, A.A. Amino acid composition of extruded barley /A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Beer and drinks.— 2008.—No. 4.—P. 12.
- [7] Kurochkin, A.A. The Transformation of complex carbohydrate extruded barley /A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova, P.K. Voronina, E. V. Tyurina //Current state and prospects of development of food industry and public catering.—Proceedings of the III all-Russian scientific-practical conference with international participation.—Chelyabinsk: Publishing center SUSU, 2010.—P. 46–48.
- [8] Kurochkin, A.A. The theoretical rationale for the use of the extruded raw material in food technology / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G. V. Shaburova // Monograph, 2015.— 182 p.

- [9] Makushin, A. N. Influence of varietal characteristics of millet on the quality of low alcohol drinks «Buza» /A. N. Makushin // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2013.–No. 4.–P. 89–93.
- [10] Scientific support for current trends in the development of the edible thermoplastic extrusion /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, V.M. Zimnyakov, A. L. Mishanin., V. V. Novikov, G. V. Shaburova, D. I. Frolov.– Penza, 2015.– 181 p.
- [11] Oganesyantz, L.A. Technology of soft drinks. /L. A. Ovanesyants, A. L. Panasyuk–SPb.: GIOR, 2012.– 200 p.
- [12] Patent 2162100 Russian Federation, IPC C12G3/02. Method of producing a semifinished product of dry bread kvass /Mazur P. Ya., Demchenko, V. I., Korchagin, V. I., Magomedov G. O., Novikova S. G.; applicant and patentee of the Joint stock company of open type «Khlebozavod № 2». No. 98122565/13; Appl. 08.12.1998; publ. 20.01.2001, bull. No. 1.– 5 p.
- [13] Patent 2233869 Russian Federation, IPC C12G3/02, A23L2/00. Method of cooking bread, a new brew / Alekseeva G. E., Alekseeva N. P.; applicant and patentee Alekseeva G. E, Alekseeva N. P. No. 2001133622/13; Appl. 14.12.2001; publ. 10.08.2004, bull. No. 22.– 5 p.
- [14] Patent 2261897 Russian Federation, IPC C12G3/02, A23L2/00. Method and apparatus for production of kvass /Strizhakov I. I., Lobanov, Yu. V., Golubeva S. I. and others; applicant and patentee of JSC «Moscow beer-nonalcoholic combine «Ochakovo», No. 2004108819/13; Appl. 25.03.2004; publ. 10.10.2005, bull. No. 28.– 7 p.
- [15] Patent 2333947 Russian Federation, IPC C12G3/02, A23L2/00. Method of production of kvass /Kochetov A. A., Antonov V. M., Lobanov, Yu. V.; applicant and patentee of JSC «Moscow beer-nonalcoholic combine «Ochakovo», No. 2006138050/13; Appl. 30.10.2006; publ. 20.09.2008, Bulletin. No. 26.– 4 p.
- [16] Patent 2361911 Russian Federation, IPC C12G3/02, A23L2/00. Method of production of kvass-foot beverage /Hamagaeva I. S., Badlueva A. V.; applicant and patentee of the GOU VPO «East Siberian state technological University, Hamagaeva I. S. No. 2008101308/13; Appl. 09.01.2008; publ. 20.07.2009, bull. No. 20.– 9 p.
- [17] Patent 2412986 Russian Federation: IPC C1212/00. Method of beer production /G. V Shaburova, E. V. Tyurina, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, A. B. Terent'ev; applicant and patentee of the GOU VPO «Penza state technological Academy». No 2008149378/10; Appl. 15.12.2008; publ. 27.02.2011, bull. No. 6.– 5 p.
- [18] Patent 2460315 The Russian Federation, IPC7 A23L1/00. Method for the production of extrudates / applicants: G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, G. V. Avrorov, P. A. Urusov; patentee GOU VPO Penza GTA. No. 2011107960; Appl. 01.03.2011; publ. 10.09.2011, bull. No. 25.– 6 p.
- [19] Patent 2596440 Russian Federation, IPC C12G3/02. Method of production of kvass with mint /Kvasenkov O. I.; applicant and patentee Kvasenkov O. I. No. 2015143397/14; Appl. 13.10.2015; publ. 10.09.2016, bull. No. 25.– 4 p.
- [20] Patent 2597130 Russian Federation, IPC A23L2/38. Method of production of kvass diet /Kvasenkov O. I.; applicant and patentee Kvasenkov O. I. No. 2015146170/14; Appl. 28.10.2015; publ. 10.09.2016, bull. No. 25.– 4 p.
- [21] Pomozova, V. A. Production of kvass and soft drinks: Textbook. /V. A. Pomozova–SPb.: GIOR, 2006.– 192 p.
- [22] Sergeeva, I. Yu. Improving the technology of fermented kvass based on the analysis of modern scientific-technical developments /I. Yu. Sergeyeva, T. A. Usikova, V. Yu. Rysina //Equipment and technology of food production. 2014.–No. 3.–P. 69–78.
- [23] Stepanov, S. V. Substantiation of expediency of production of fermented beverages with the use of oat malt: abstract dis. kand. tech. Sciences: 05.18.01 /Stepanov Sergey Vladimirovich.–Kemerovo, 2014. 16 p.
- [24] Tsarakhova, E. N. Development of technology for prevention of non-alcoholic drinks from wild-growing fruits, berries and mineral waters of the Republic of North Ossetia-Alania: author. dis. on competition of a scientific degree. academic step. Cand. technical Sciences: 05.18.01 / Tsarakhova Elsa Nikolaevna.–Krasnodar, 2009.– 24 p.
- [25] Shaburova, V. G. Fermentation Technology /G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, V. P. Chistyakov–Penza, 2006.– 296 p.
- [26] Shaburova, G. V. Protein complex extruded barley/Shaburova G. V., Kurochkin A. A., V. P. Chistyakov, V. V. Novikov//Beer and soft drinks.– 2007.–No. 3.–P. 12.
- [27] Shaburova, G. V. Prospects for the use of buckwheat extruded in brewing and baking/G. V. Shaburova, P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov//Proceedings of the Samara State Agricultural Academy.– 2014.–No. 4.–P. 79–83.

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.3

ОБОСНОВАНИЕ ДИАМЕТРА ПРИКАТЫВАЮЩИХ КОЛЕЦ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КАТКА ГРЕБНЕВОЙ СЕЯЛКИ

Курдюмов В. И., Зыкин Е. С., Хайбуллина Л. Н.

Разработана гребневая сеялка, оснащенная почвообрабатывающими катками с прикатывающими кольцами и сферическими дисками, которая с минимальными эксплуатационными затратами за один проход по полю позволяет выполнить предпосевную культивацию, высев семян, образовать над строчками семян бугорок почвы, уплотнить этот бугорок с трех сторон и окончательно сформировать гребень почвы требуемых размеров и плотности почвы в нем. Выявлено, что диаметр прикатывающих колец катка гребневой сеялки зависит от физико-механических свойств почвы и от размеров почвенных комков на поверхности поля.

Ключевые слова: технология, посев, гребневая обработка почвы, культивация, прикатывание.

Введение

Традиционные способы посева пропашных культур на ровную поверхность поля были и остаются наиболее распространенными. Однако исследованиями установлено, что наиболее целесообразной технологией для пропашных культур является гребневая [1, 2, 3, 4, 5], которая обеспечивает оптимальные температурные, водные и воздушные условия для прорастания семян и дальнейшего развития возделываемой культуры [6, 7].

На основе анализа известных способов предпосевной обработки поверхности поля и гребневого посева пропашных культур можно заключить, что гребни почвы при высеве семян формируют гребнеобразователями с активными и пассивными рабочими органами, в частности, прикатывающими кольцами и сферическими дисками почвообрабатывающих катков. Однако задача качественного формирования гребней почвы вышеуказанными рабочими органами решена не полностью, поэтому обоснование оптимального диаметра прикатывающих колец почвообрабатывающего катка гребневой сеялки, направленное на решение этой задачи, является важным и актуальным.

Объекты и методы исследований

Для реализации гребневого способа посева пропашных культур разработана гребневая сеялка [8, 9, 10, 11, 12] (рис. 1), которая одновременно рыхлит почву, уничтожает сорные растения, образует уплотненное ложе, высевает семена и образует

над ними бугорок почвы, формирует гребень почвы с требуемыми размерами и плотностью. На каждой посевной секции гребневой сеялки установлены лапа-сошник, два рабочих органа с плоскими дисками и каток.

Бугорок почвы над высеянными семенами культурных растений формируют рабочими органами гребневой сеялки с плоскими дисками. Рабочие органы устанавливаются таким образом, чтобы плоские диски под острым углом были направлены в сторону движения гребневой сеялки.

Почвообрабатывающий каток (рис. 2) содержит раму, состоящую из поперечных 1 и 2 и продольных 3 и 4 балок. На продольных балках 4 в подшипниках 5 установлена ось 6. На продольных балках 3 в подшипниках 7 установлены выпуклостью к оси симметрии сферические диски 8. На оси 6 между сферическими дисками 8 расположены прикатывающие кольца 9, свободно вращающиеся на оси 6. Каток содержит также кронштейн 10, закрепленный на передней поперечной балке 1, посредством которого каток сцепляют с посевной секцией гребневой сеялки. К кронштейну 7 при помощи пальца 11 шарнирно присоединена штанга 12. На штанге 12 свободно установлена пружина 13. Усилие сжатия пружины регулируют перемещением гайки 14 по резьбе штанги 12. В балке 1 выполнены отверстия 15, позволяющие регулировать угол атаки сферических дисков 8 от 0 до 30°. Для фиксации штанги 12 во время работы или при транспортировке катка на наружном конце муфты 16 установлен шплинт 17.

При движении почвообрабатывающего катка по предварительно сформированному почвенному

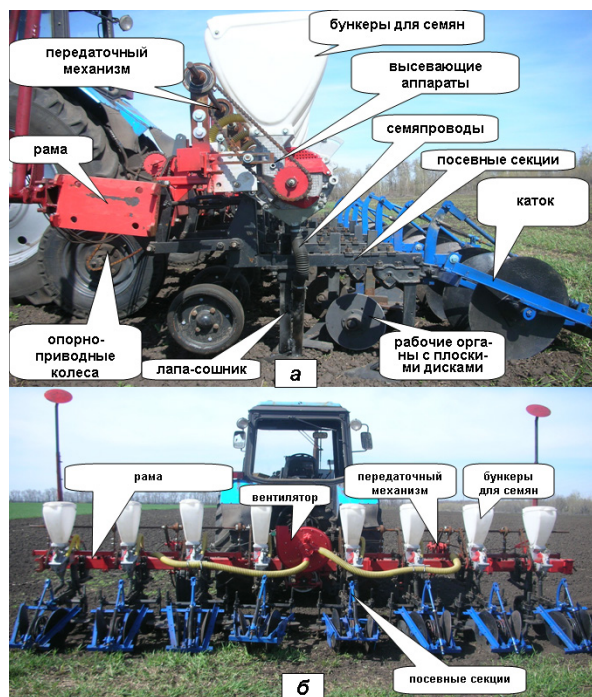


Рис. 1. Гребневая сеялка: а – вид сбоку; б – вид сзади

бугорку сферические диски 8, установленные выпуклой стороной к оси симметрии катка, уплотняют бугорок почвы с боковых сторон, а прикатывающие кольца 9 за счет давления пружины 13 уплотняют вершину бугорка почвы и окончательно формируют гребень почвы высотой 6...8 см.

За счет давления вращающихся прикатывающих колец 9 на верхнее основание гребня почвы и действия сферических дисков 8 комки почвы разрушаются, а на гребне почвы образуется рыхлый слой, позволяющий уменьшить испарение почвенной влаги.

Результаты и их обсуждение

При движении почвообрабатывающего катка по сформированному бугорку почвы его прикатывающие кольца уплотняют почву на некоторую глубину h_{cm} и разрушают комки в верхнем основании бугорка.

Для достижения эффекта от применения почвообрабатывающего катка гребневой сеялки следует выбрать оптимальный диаметр его прикатывающих колец. В этом случае прикатывающие кольца будут эффективно подминать под себя комки почвы, и раздавливать их. При неправильно рассчитанном диаметре прикатывающих колец каток будет толкать комки почвы перед собой (рис. 3).

Для надежного заземления комков почвы между ободом прикатывающих колец и поверхностью почвы необходимо, чтобы угол заземления Θ_k (угол контакта прикатывающих колец с комками почвы) был меньше или равен сумме углов трения между поверхностью прикатывающего кольца и почвенным комком

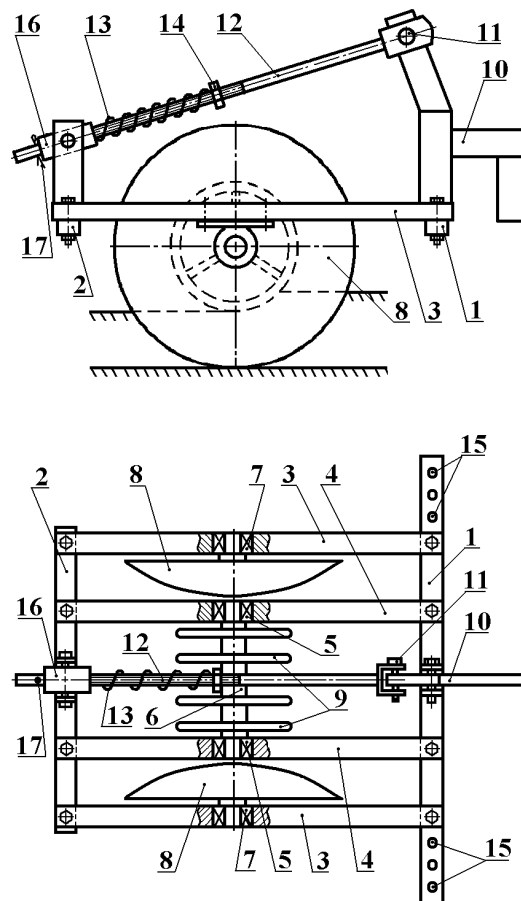


Рис. 2. Каток: 1, 2 – балки поперечные; 3, 4 – балки продольные; 5, 7 – подшипники; 6 – ось; 8 – сферические диски; 9 – прикатывающие кольца; 10 – кронштейн; 11 – палец; 12 – штанга; 13 – пружина; 14 – гайка; 15 – отверстие; 16 – муфта; 17 – шплинт

φ_1 и между поверхностью почвенного комка и почвой φ_2 соответственно: $\Theta_k \leq (\varphi_1 + \varphi_2)$. Если же $\Theta_k > (\varphi_1 + \varphi_2)$, то комки почвы будут выталкиваться из раствора между ободом прикатывающих колец и поверхностью почвы.

При взаимодействии прикатывающего кольца с комком почвы $A_{ки}$ возникают две нормальные

силы: $N_{k1} = N_k \tan \psi$, стремящаяся вытолкнуть

комков почвы, где $\psi = 90^\circ - \theta_k$ – угол между

нормальными силами, и $N_{k2} = N_k / \cos \psi$ –

перпендикулярная ободу прикатывающего кольца. Результирующая сила $N_k = N_{k1} + N_{k2}$ – стремится вытолкнуть комок почвы из раствора обода кольца и поверхности почвы в направлении положительной части оси O_2x .

Между поверхностью комка почвы и почвой возникает сила трения $F_{k2} = f_2 N_2$. Между ободом прикатывающего кольца и почвой возникает сила $F_{k1} = f_1 N_1$, где f_1 и f_2 – коэффициенты трения комка почвы о прикатывающее кольцо и комка почвы о почву соответственно. Результирующая

сила трения $F_k = F_{k1} + F_{k2}$ направлена в сторону, противоположную направлению движения почвообрабатывающего катка гребневой сеялки.

Спроецировав силы N_k и F_k на оси O_2x и O_2y получим:

$$\begin{cases} \Sigma x = N_{k1} \sin \theta_k - F_{k1} \cos \theta_k - F_{k2} = 0, \\ \Sigma y = N_{k2} - N_{k1} \cos \theta_k - F_{k1} \sin \theta_k = 0. \end{cases} \quad (1)$$

С учетом подстановки значений

$$\begin{cases} \Sigma x = N_{k1} \sin \theta_k - f_1 N_{k1} \cos \theta_k - f_2 N_{k2} = 0, \\ \Sigma y = N_{k2} - N_{k1} \cos \theta_k - f_1 N_{k1} \sin \theta_k = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Выразив из (2) силу N_{k2} и преобразовав уравнение, получим:

$$N_{k1} \sin \theta_k - f_1 N_{k1} \cos \theta_k = f_2 N_{k1} \cos \theta_k + f_1 f_2 N_{k1} \sin \theta_k, \quad (3)$$

или

$$\sin \theta_k (1 - f_1 f_2) = \cos \theta_k (f_1 + f_2). \quad (4)$$

Разделив обе части уравнения (4) на $\cos \theta_k$ и выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$\operatorname{tg} \theta_k = \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2}. \quad (5)$$

Из рис. 3 следует, что

$$\cos \theta_k = \frac{O_2 E}{O_2 A_{kp}} = \frac{O_2 D - ED}{O_2 A_{kp}} = \frac{r_k - ED}{r_k}, \quad (6)$$

$$\sin \theta_k = \frac{EA_{kp}}{O_2 A_{kp}} = \frac{EA_{kp}}{r_k}. \quad (7)$$

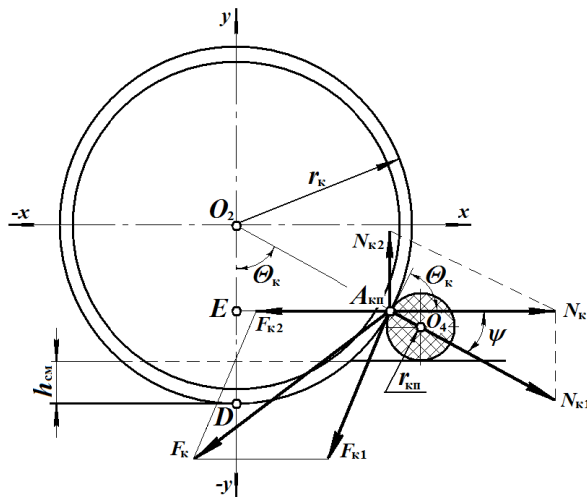


Рис. 3. Защемление комка почвы прикатывающим кольцом катка

Для определения расстояния ED воспользуемся рисунком 4, из которого следует, что

$$ED = AB = h_{cm} + r_{kp} + r_{kp} \cos(\varphi_1 + \varphi_2), \quad (8)$$

или

$$ED = AB = h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)], \quad (9)$$

где h_{cm} – величина смятия почвы прикатывающим кольцом, м; r_{kp} – радиус комка почвы, м.

Подставив выражение (9) в (6), получим:

$$\cos \theta_k = \frac{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]}{r_k}. \quad (10)$$

Из рис. 3 также следует, что

$$(O_2 A_{kp})^2 = (O_2 E)^2 + (EA_{kp})^2, \quad (11)$$

или

$$EA_{kp} = \sqrt{(O_2 A_{kp})^2 - (O_2 E)^2} = \sqrt{r_k^2 - \{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]\}^2}. \quad (12)$$

Подставив выражение (12) в (7), получим:

$$\sin \theta_k = \frac{\sqrt{r_k^2 - \{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]\}^2}}{r_k} \quad (13)$$

Разделим (13) на (10):

$$\operatorname{tg} \theta_k = \frac{\sqrt{r_k^2 - \{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]\}^2}}{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]} \quad (14)$$

Приравняв выражение (14) к (5), получим

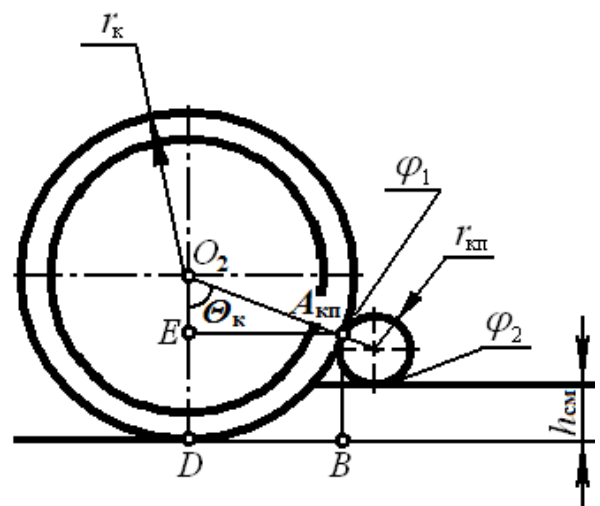


Рис. 4. К обоснованию расстояния ED

$$\frac{\sqrt{r_k^2 - \{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]\}^2}}{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]} = \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2} \quad (15)$$

Возведем в квадрат обе части уравнения (15) и выполним соответствующие преобразования:

$$\left\{ \frac{h_{cm} - r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]}{r_k - h_{cm} + r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]} \right\}^2 = \left(\frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2} \right)^2 \quad (16)$$

Выразив r_k из уравнения (16) и выполнив соответствующие преобразования, определим необходимый радиус прикатывающих колец почвообрабатывающего катка:

$$r_k = h_{cm} - r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)] + \frac{h_{cm} - r_{kp} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)](1 - f_1 f_2)}{f_1 + f_2} \quad (17)$$

Заменив $2r_k = D_{Kmin}$, окончательно можем записать:

$$D_{Kmin} = 2 \left\{ \frac{h_{cm} - r_{kpmax} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)] + \frac{h_{cm} - r_{kpmax} [1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)](1 - f_1 f_2)}{f_1 + f_2}}{2} \right\} \quad (18)$$

где D_{Kmin} – минимальный диаметр прикатывающего кольца почвообрабатывающего катка гребневой сеялки, м; r_{kpmax} – радиус наибольшего комка почвы, определяемый

агротехническими требованиями к подготовке почвы к посеву, м.

Согласно агротехническим требованиям, на поверхности поля, подготовленной под посев, максимальный диаметр почвенных комков не должен превышать 5...6 см. Угол трения φ_1 между поверхностями катка и почвенного комка находится в пределах 20...24° для чернозема, а угол трения между поверхностями почвенного комка и почвой $\varphi_2 = 48^\circ$. Тогда при $r_{kpmax} = 0,06$ м и $h_{cm} = (0,04...0,05)$ м минимальный диаметр прикатывающих колец почвообрабатывающего катка гребневой сеялки составит $D_{Kmin} = 0,25$ м.

Дальнейшие экспериментальные исследования почвообрабатывающего катка подтвердили правильность теоретических предпосылок. Оптимизированный диаметр прикатывающих колец почвообрабатывающего катка составил 0,265 метра. При таком диаметре прикатывающих колец достигается высокое качество разрушения комков почвы в гребне.

Выводы

Формула (18) выражает соотношение между диаметром прикатывающих колец катка гребневой сеялки, радиусом максимального комка почвы, величиной сминаемой почвы, углами трения φ_1 и φ_2 и коэффициентами трения f_1 и f_2 . Таким образом, при известных физико-механических свойствах почв разного типа можно определить необходимый минимальный диаметр прикатывающих колец катка гребневой сеялки.

Список литературы

- [1] Закон плодосмена: экономическая и энергетическая эффективность севооборотов / В.П. Заикин, А.Е. Шамин, А.Ю. Лисина, Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 3 (58). 2016. – С. 72–80.
- [2] Курдюмов, В.И. Определение плотности почвы после прохода катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 4. – С. 27–29.
- [3] Курдюмов, В.И. Оптимизация параметров катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 1. – С. 15–16.
- [4] Осокин, В.Л. Методические вопросы объективной оценки потенциала энергосбережения / В.Л. Осокин, Б.В. Папков, В.А. Горохов // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 4 (59). 2016. – С. 98–106.
- [5] Рембалович, Г.К. Повышение эффективности уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах совершенствованием сепарирующих органов комбайнов; монография / Г.К. Рембалович. – Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2014. – 301 с.
- [6] Фролов Д.И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
- [7] Ларюшин Н.П., Сущёв С.А., Фролов Д.И., Ларюшин А.М. Ботвоудаляющая машина // Патент России № 2339208. – 2008. Бюл. № 33.
- [8] Пат. 2443094 Российская Федерация, МПК A01B79/02, A01G1/00. Способ возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2010141211/13; заявл. 07.10.2010; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.
- [9] Пат. 2265305 Российская Федерация, МПК A01C7/00. Способ посева пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2004109411/12; заявл. 29.03.2004; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34.

- [10] Пат. 2435353 Российская Федерация, МПК A01C7/00, A01B49/06. Гребневая сеялка / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2010129256/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
- [11] Пат. 2435352 Российская Федерация, МПК A01C7/00, A01B49/06. Гребневая сеялка / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2010129255/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
- [12] Пат. 108902 Российская Федерация, МПК A01B49/04. Секция сеялки-культиватора / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, И. А. Шаронов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2011100230/13; заявл. 11.01.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28.

SUBSTANTIATION OF DIAMETER OF THE PACKER RINGS RINK RAISED BED PLANTER

Kurdyumov V. I., Zykin E. S., Khaybullina L. N.

Developed by ridge planter, tillage is equipped with rollers with roller rings and the spherical disks, the practical realization of which allows with minimum operating costs in a single pass across the field to perform the pre-sowing cultivation, seeding, form of the lines of seed tubercle of the soil, to compact the mound from three sides and eventually to form a ridge of soil to the desired dimensions and density of soil in it. Revealed that the diameter of the packer rings rink raised bed planter depends on the physico-mechanical properties of soil and size of soil lumps on the surface of the field.

Keywords: *technology, planting, ridge tillage, cultivation, compaction.*

References

- [1] The law of rotation: an economic and energy efficiency of crop rotation / V.P. Zaikin, A. E. Shamin, A. Yu. Lisin, E. E. Borisova // Bulletin of NGIEI. – 2016. – № 3 (58). 2016. – P. 72–80.
- [2] Kurdyumov, V.I. Determination of density of soil after the passage of the rink-rotary cultivator / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin // Mechanization and electrification of agriculture. – 2007. – No. 4. – Pp. 27–29.
- [3] Kurdyumov, V.I. Optimization of parameters of the rink-rotary cultivator / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin // Technique in agriculture. – 2007. – No. 1. – P. 15–16.
- [4] Osokin, V.L. Methodological issues of objective assessment of energy saving potential / V.L. Osokin, B. V. Papkov, V.A. Gorokhov // Bulletin of NGIEI. – 2016. – № 4 (59). 2016. – S. 98–106.
- [5] Rymbalovich, Georgy. Improving the efficiency of harvesting potatoes on a heavy loam soils to improve the separation of the bodies of the harvesters; monograph / G.K. Rymbalovich. – Ryazan, Ryazan state agrotechnological University n.a. After P.A. Kostychev, 2014. – 301 S.
- [6] Frolov D. I. Determination of the optimal parameters haulm removing machine for sowing Luke /D. I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova//Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy. – 2015. – № 1 (29). – P. 120–126.
- [7] Laryushin N. P. Sushchev, A. S., Frolov D. I., Laryushin A. M. Haulm removing machine // Patent of Russia № 2339208. – 2008. Bull. No. 33.
- [8] Pat. 2443094 Russian Federation, IPC A01B79/02, A01G1/00. The method of cultivation of tilled crops / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010141211/13; Appl. 07.10.2010; publ. 27.02.2012, bull. No. 6.
- [9] Pat. 2265305 Russian Federation, IPC A01C7/00. Method of planting row crops / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2004109411/12; Appl. 29.03.2004; publ. 10.12.2005, bull. No. 34.
- [10] Pat. 2435353 Russian Federation, IPC A01C7/00, A01B49/06. Ridge seeder / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010129256/13; Appl. 14.07.2010; publ. 10.12.2011, bull. No. 34.
- [11] Pat. 2435352 Russian Federation, IPC A01C7/00, A01B49/06. Ridge seeder / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010129255/13; Appl. 14.07.2010; publ. 10.12.2011, bull. No. 34.
- [12] Pat. 108902 Russian Federation, IPC A01B49/04. Section of seeder-cultivator / V.I. Kurdyumov, E. S. Zykin, I.A. Sharonov; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2011100230/13; Appl. 11.01.2011; publ. 10.10.2011, bull. No. 28.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Аткешев О. А., Доровских В. И.

В работе представлены некоторые аспекты теоретических исследований биотехнической системы машина-животное при доении коров. С позиций системного подхода результат взаимодействия всех звеньев данной системы определяется параметрами доильного аппарата, свойствами вымени животных и характеристиками устройства управления. В качестве параметра, характеризующего работу доильного аппарата, принята его отсасывающая способность, которая в общем случае представляет собой скорость истечения молока в выводном канале соска животного. Для конкретного типа доильного аппарата данный параметр может быть определен на основе стендовых испытаний аппарата. Свойства вымени с точки зрения интенсивности молокоотдачи животного, можно оценить на основе эмпирической зависимости, определяющей связь рационального времени выдаивания коровы с ее разовым удоем. Полученное в результате исследований уравнение позволяет получить численное значение параметров доильного аппарата (рабочий вакуум и соотношение тактов), обеспечивающее рациональное время выдаивания животных с различными функциональными свойствами вымени.

Ключевые слова: биотехнический процесс, машинное доение, доильный аппарат, отсасывающая способность, интенсивность молоковыведения.

Введение

Машинное доение коров является уникальным биотехническим процессом, в котором техническое устройство (доильный аппарат), взаимодействуя с живым организмом (коровой) обеспечивает вывод секретируемого в молочной железе животного молока. При этом наряду с техническим устройством (ТУ) и живым организмом (ЖО) данная биотехническая система должна включать и устройства управления (УУ) [1].

Для анализа взаимодействия элементов такой системы необходим метод формирования связей, позволяющий учитывать особенности действия каждой из ее частей. Важно отметить, что в процессе взаимодействия звеньев, описываемых детерминированными функциями (звенья ТУ и УУ), со звеном, имеющим неопределенную характеристику (звено Ж), вся биотехническая система становится неопределенной [1].

Многие исследователи, рассматривая подобные системы, пришли к однозначному выводу в части ее двух основных признаков: полноту априорной информации об объекте управления и сложность структурной схемы. Эти выводы особенно справедливы в отношении такой сложной биотехнической системы как машинное доение коров [2].

Следует отметить, что до настоящего времени некоторые показатели процесса доения коров полностью не изучены и не поддаются однозначной количественной оценки, а взаимосвязь между ними в ряде случаев плохо формализована. К таким показателям относятся в первую очередь параметры, определяющие качество процесса доения: отсасы-

вающая способность доильного аппарата, тугодойность животного, функция молокоотдачи.

В связи с этим алгоритм управления такой системой носит вероятностный характер, а результат ее функционирования не всегда позволяет адекватно оценивать и прогнозировать тот или иной технологический процесс. Например, анализ работы современных систем управления процессом доения коров, контролирующих такие его параметры как отсасывающая способность доильного аппарата, время доения животного и разовый удой показал, что они не способны обеспечивать своевременное выдаивание всех животных.

Целью работы является анализ взаимосвязи двух звеньев (доильный аппарат и животное) биотехнической системы машинного доения коров методами математического моделирования.

Объекты и методы исследований

Объект исследования – математические зависимости, описывающие работу доильного аппарата и функционирование молочной железы коровы. Методы исследований основаны на применении аппарата математического моделирования в отношении известных эмпирических зависимостей, а также законов классической гидромеханики и термодинамики.

Результаты и их обсуждение

Под отсасывающей способностью доильного аппарата принято понимать количество молока (в единицах массы или объема), которое способен вы-

водить доильный аппарат из организма животного в единицу времени (размерность кг/с или м³/с). Считается, что этот параметр характеризует в первую очередь систему «доильный аппарат - животное», так как расход молока (Q) через выводной канал соска равен произведению сечения выводного канала соска на среднюю скорость истечения из него молока

$$Q = F \cdot V_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где F – сечения выводного канала соска, м²;

$V_{\text{ср}}$ – средняя скорость истечения молока из соска, м/с.

Сечение выводного канала соска характеризует животное, а средняя скорость истечения молока из соска коровы определяется перепадом давлений в цистерне вымени и подсосковой камере доильного аппарата, а также относительной длительностью такта сосания, что показывает следующее уравнение

$$V = \tau \cdot \sqrt{\frac{2(P_B - P_{\Pi})}{\rho_m}}, \quad (2)$$

где P_B – давление в цистерне вымени коровы,

кПа;

P_{Π} – давление в подсосковой камере

доильного аппарата, кПа;

ρ_m – плотность молока, кг/м³;

τ – коэффициент, равный отношению периода

сосания к периоду пульсации. В свою очередь данный коэффициент может быть определен из выражения

$$\tau = \frac{t_1}{T_{\Pi}}, \quad (3)$$

где t_1 – время такта сосания, с;

T_{Π} – время цикла работы пульсатора

доильного аппарата, с.

Следует отметить, что в большинстве современных доильных аппаратов отношение периода сосания к периоду пульсации составляет 0,5–0,7 [2].

Из анализа уравнения (3) и результатов ряда исследований [2, 5, 6], согласно которым внутривыменное давление не оказывает существенного влияния на интенсивность молоковыведения у животного, следует, что при практических расчетах этим показателем можно пренебречь.

В связи с этим отсасывающую способность до-

ильного аппарата целесообразно оценивать некоторой энергетической характеристикой, физический смысл которой представляет средняя скорость истечения молока через выводной канал соска коровы, которую способен обеспечить доильный аппарат, работающий с заданными параметрами.

В связи с тем, что энергия подводимого к доильному аппарату пониженного давления (вакуума) расходуется не только на его работу, но и на эвакуацию молока из его рабочего объема, данный параметр может быть представлен в виде уравнения

$$E = \mu \cdot \tau \cdot \sqrt{\frac{2P_{\Pi}}{\rho}}, \quad (4)$$

где μ – безразмерный коэффициент, определяемый

на основе стендовых испытаний конкретного типа доильного аппарата.

Задача определения сечения выводного канала соска коровы в процессе доения достаточно сложна, и ее решение предлагалось многочисленными исследованиями. Как один из вариантов такого решения может быть предположение о том, что сечение выводного канала соска связано с максимальной интенсивностью молоковыведения следующей зависимостью

$$F = \frac{Q_{\text{max}}}{E}, \quad (5)$$

где Q_{max} – максимальная интенсивность

молоковыведения, м³/с;

E – параметр, позволяющий оценить

энергетическую характеристику отсасывающей способности доильного аппарата, м/с.

Рациональное время доения коровы с определенным удоем большинство ученых рекомендуют определять на основе данных, полученных эмпирическим способом. Одна из таких зависимостей представляет собой линейное уравнение вида [3]

$$T_{\text{рац}} = 3 + 0,2Q \quad (6)$$

где $T_{\text{рац}}$ – рациональное время доения коровы с

удоем Q литров, мин.

Тогда средняя интенсивность молоковыведения (л/мин) животного составит

$$G_{\text{ср}} = \frac{Q}{3 + 0,2Q} \quad (7)$$

Или в другой размерности (м³/с) формулу (7) можно представить в виде

$$G_{\text{ср}} = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{60 \cdot (3 + 0,2 \cdot Q)} \quad (8)$$

Учитывая, что максимальная интенсивность молоковыведения животного обычно примерно в

полтора раза больше среднего значения [4] и принимая, что максимальная интенсивность молоковедения должна быть равна или меньше отсасывающей способности доильного аппарата получим

$$E \cdot F = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{60 \cdot (3 + 0,2 \cdot Q)} \quad (9)$$

Выражение (9) можно представить и в другом виде, позволяющем оценить роль отдельных параметров машинного доения на его эффективность

$$\mu \cdot \tau \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_n}{\rho}} = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{60 \cdot F \cdot (3 + 0,2 \cdot Q)} \quad (10)$$

Список литературы

- [1] Карташов, Л. П. Машинное доение коров. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
- [2] Коновалов, В. В. Механизация и автоматизация технологических процессов животноводства в вопросах и ответах: учеб. пособие / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, А. В. Поликанов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 154 с.
- [3] Котенджи, Г. П. Подготовка нетелей к лактации / Г. П. Котенджи, А. А. Курочкин // Доклады ВАСХНИЛ. – 1987. – № 4. – С. 32–34.
- [4] Курочкин, А. А. Повышение эффективности подготовки нетелей к лактации за счет совершенствования процессов и средств механизации: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / Курочкин Анатолий Алексеевич. – Санкт-Петербург, 1993. – 321 с.
- [5] Курочкин, А. А. Дипломное проектирование по механизации переработки продукции животноводства. / А. А. Курочкин, В. М. Зимняков, В. В. Ляшенко, В. С. Парфенов, И. А. Спицын: Учебное пособие. – Пенза: Пензенская ГСХА, 1998. – 250 с.
- [6] Курочкин, А. А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств. / А. А. Курочкин, В. М. Зимняков. Под ред. А. А. Курочкина. – М.: КолосС, 2006. – 320 с.
- [7] Курочкин, А. А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4. – С. 17–21.
- [8] Курочкин, А. А. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4 (32). – С. 172–177.
- [9] Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование термовакуумного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 15–20.
- [10] Курочкин, А. А. Математическое моделирование пневмосистемы устройств для массажа вымени нетелей двухкамерного типа / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 2. – С. 25–33.
- [11] Курочкин, А. А. Моделирование пневмосистемы устройств для массажа вымени нетелей однокамерного типа / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 15–20.
- [12] Мусин, А. М. Животное как звено автоматизированной биотехнической системы / А. М. Мусин // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – № 2. С. 12–15.
- [13] Оборудование перерабатывающих производств / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. М. Зимняков, П. К. Воронина. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 363 с.
- [14] Ужик, О. В. Разработка и теоретическое обоснование технологий и технических средств для молочного скотоводства: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / Ужик Оксана Владимировна. – Белгород, 2014. – 388 с.
- [15] Цой, Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. – 424 с.
- [16] Щербаков, С. И. Механизация животноводства в вопросах и ответах / С. И. Щербаков, В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, В. В. Новиков. Самара, изд. «СамВен», 2007. – 140 с.
- [17] Douglas J. Reinemann, Graeme A. Mein, and Pamela L. Ruegg Evaluating Milking Machine Performance / University of Wisconsin–Madison, Milking Research and Instruction Lab Paper presented at the VII International Congress on Bovine Medicine, Oviedo, Asturias, Spain June 29–July 1, 2001.

Выводы

Полученное уравнение позволяет определять параметры доильного аппарата (рабочий вакуум и соотношение тактов) для обеспечения рационального времени доения животных с различными функциональными свойствами вымени.

WAYS TO IMPROVE THE MANAGEMENT OF MILKING ANIMALS

Atkeshev O. A., Dorovskih V. I.

The paper presents the results of mathematical modeling of pneumatic devices for a combined massage of the udder of heifers two-chamber type. In the first stage of theoretical studies the mathematical model of the process of the flow of air from the chamber with a constant volume through the hole with the same diameter. More sophisticated is the design the device to massage the udder of heifers includes a power pneumatic chamber with variable volume, which can be performed at the same time or separately with a massage bell and connect periodically or on a continuous basis through one or several calibrated holes. In this case, the device is in the form of a two-chamber design described by a more complex mathematical model. Thus, a principled approach to modeling of pneumatic devices for massage of the udder of heifers two-chamber type is to develop a mathematical apparatus, allowing to carry out theoretical research work is relatively simple is the design of devices and based on the synthesis of these dependencies to simulate the operation of more complex structures massage devices.

Keywords: *heifers, mammary gland, combination massage, power pneumatic chamber, massage bell, vacuum, pressure.*

References

- [1] Kartashov, LP Machine milking cows.—M.: Kolos, 1982.— 301 p.
- [2] Konovalov, V. V. Mechanization and automation of technological processes of livestock in the questions and answers: Textbook. Benefit /V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, A. V. Polikanov.—Penza: RIO PGSKHA, 2007.— 154 p.
- [3] Katangi, G. P. Training heifers to lactation /Katangi, G. P., Kurochkin A.A. //Reports of agricultural Sciences.— 1987.—No. 4.—P. 32–34.
- [4] Kurochkin, A.A. Improving the efficiency of training heifers to lactation through improved processes and means of mechanization: dis...dr. tech. sciences: 05.20.01 / Kurochkin Anatoly Alekseevich.—Saint Petersburg, 1993.— 321 p.
- [5] Kurochkin, A.A. Diploma engineering for mechanization of processing of livestock products. / A.A. Kurochkin, V.M. Zimnyakov, V.V. Lyashenko, V.S. Parfenov, I.A. Spitsyn: a Training manual.—Penza: Penza state agricultural Academy, 1998.— 250 p.
- [6] Kurochkin, A.A. The Basics of calculating and designing machines and devices of food processing industry. /A. A. Kurochkin, V.M. Zimnyakov. Ed. by A.A. Kurochkin.—M.: Colossus, 2006.— 320 p.
- [7] Kurochkin, A. A. A systematic approach to the development of an extruder for thermal vacuum processing of the extrudate / A.A. Kurochkin //Innovative engineering and technology.— 2014.—No. 4.—P. 17–21.
- [8] Kurochkin, A.A. Determination of the basic parameters of the vacuum chamber upgraded extruder /A.A. Kurochkin, D. I. Frolov, P.K. Voronina //Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy.— 2015.—No. 4 (32).—P. 172–177.
- [9] Kurochkin, A.A. The theoretical justification for thermal vacuum effect in the working process of the upgraded extruder / A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P.K. Voronina //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.— 2015.—No. 3.—P. 15–20.
- [10] Kurochkin, A.A. Mathematical modeling of the pneumatic device for massaging the udder of heifers dual-chamber type. /A.A. Kurochkin A.A. Kurochkin //Innovative engineering and technology.— 2016.—No. 2 (07).—P. 25–33.
- [11] Kurochkin, A.A. Modelling of pneumatic devices for massaging the udder of heifers single-chamber type /A.A. Kurochkin, D. I. Frolov //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.— 2016.— № 4.—P. 15–20.
- [12] Musin, A.M. Animal as a link in the automated biotechnology system /A.M. Musin //Technique in agriculture.— 1996.— № 2.—P. 12–15.
- [13] Kurochkin, A.A. Hardware processing industries / A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V.M. Zimnyakov, P.K. Voronina.—M.: INFRA-M, 2015.— 363 p.
- [14] Uzhik, O. V. Development and theoretical substantiation of technology and equipment for dairy cattle: dis...dr. tech. sciences: 05.20.01 / Uzhik Oksana Vladimirovna.—Belgorod, 2014.— 388 p.
- [15] Choi, Y. Processes and equipment milking and dairy cattle farms offices.—M.: GNU VIESH, 2009.— 424 p.
- [16] Shcherbakov, S. I. Mechanization of livestock in questions and answers /S.I. Shcherbakov, V. V. Konovalov, A.A. Kurochkin, V. V. Novikov. Samara, ed. «Samvit», 2007.— 140 p.
- [17] Douglas J. Reinemann, Graeme A. Mein, and Pamela L. Ruegg Evaluating Milking Machine Performance / University of Wisconsin—Madison, Milking Research and Instruction Lab Paper presented at the VII International Congress on Bovine Medicine, Oviedo, Asturias, Spain June 29-July 1, 2001.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ВЫРАЖЕНИЙ

Фомина М. В., Коновалов В. В., Чупшев А. В., Терюшков В. П.

В работе представлены результаты статистической обработки экспериментальных данных по оценке мощности привода вертикального лопастного смесителя. Получены уравнения регрессии, позволяющие определить влияние частоты вращения мешалки, угла наклона ее лопастей и их количества, а также длины накладных лопаток на мощность привода смесителя. Обоснованы рекомендации по применению совокупной степенной модели мощности привода.

Ключевые слова: вертикальный лопастной смеситель, мощность привода, квадратическая модель, степенная модель, адекватность модели.

Введение

В сельскохозяйственном производстве и перерабатывающей промышленности широко применяются устройства, внутри которых происходит перемещение рабочих органов в различных средах [1–4, 21–31]. Затраты мощности при этом рассчитывают теоретически [5–7, 19–20], либо определяют на основе статистических зависимостей [8–10].

Согласно общеизвестной теории факторного эксперимента [11–14] при обработке результатов проведенных исследований традиционно вначале используется линейная модель, описывающая полученные численные результаты. При использовании непосредственных опытных значений выборку проверяют по критерию Кохрена на воспроизво-

димость результатов эксперимента. В дальнейшем могут использоваться средние значения по повторностям (как правило, не менее 3).

В том случае, если линейная модель описывает результаты не адекватно, следует переходить к уравнениям второго и последующих порядков. При адекватном описании результатов, исследователь должен убрать из полученного уравнения второго порядка незначимые коэффициенты, используя критерий Стьюдента, упростив по возможности уравнение. В то же время зафиксированные результаты исследований должны коррелироваться и адекватно описываться полученным упрощенным уравнением регрессии результатов с доверительной вероятностью 95 или 90% (используя соответствующий критерий Фишера, либо данные F-теста, показывающие непосредственно доверительную вероятность совпадения выборок).

При этом следует учитывать, что получаемые статистические выражения в виде уравнения регрессии не отражают физическую сущность явления, а за счет подбора значений коэффициентов в уравнении регрессии пытаются приблизить расчетную поверхность модели к экспериментальным (опытным) точкам с наименьшим отклонением (погрешностью). При наличии адекватного соответствия расчетных и экспериментальных значений внутри плана эксперимента, полученные зависимости нельзя интерполировать на другие сочетания значений факторов.

Это особенность математического моделирования использующего готовые статистические выражения. В этой связи, преимущество при описании процессов имеют функции, по которым ранее были установлены виды зависимостей, адекватно описывающие не только экспериментальные результаты, но и соответствующие ранее установленным теоретическим законам. Они позволяют расширить зону соответствия выявленных тенденций, интерполируя результаты. Однако и в данном случае необходима проверка соответствия результатов эксперименту.

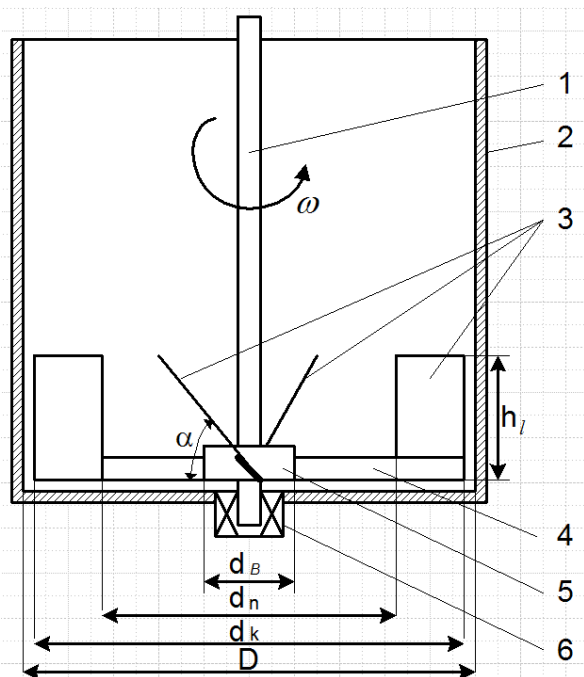


Рис. 1. Схема лопастного смесительного аппарата: 1 – вал приводной; 2 – емкость смесительная; 3 – лопатка; 4 – лопасть радиальная мешалки; 5 – втулка крепежная мешалки; 6 – подшипниковая опора нижняя

По ряду работ [12–15] хорошо известно, что затрачиваемую на технологический процесс мощность хорошо описывают степенные функции. Например, мощность, потребляемая вертикальным лопастным смесителем конструкции Клычева [15], лопасти которой повернуты на 45° описывается выражением, Вт:

$$N = K \cdot \omega^{1,4} \cdot L^{3,3} \cdot b^{0,38} \cdot s^{0,16} \cdot H^{0,8} \cdot r \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

где K – коэффициент; ω – угловая скорость, рад./с; L – длина лопастей, м; b – ширина лопасти, м; s – зазор, м; H – высота корма, м.

Мощность, затрачиваемая при смешивании порошков мешалкой конструкции А.М. Ласковцева и Н.П. Попова [15], Вт:

$$N = K \cdot \omega^{2,56} \cdot L^{3,5} \cdot b^{0,68} \cdot s^{0,19} \cdot H^{0,74} \cdot r \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

Для описания мощности вертикального смесителя с круглыми прутковыми лопастями А.В. Чупшевым и др. использовано выражение, Вт [6,7]:

$$N = A \cdot (R_{\text{сш}})^{1,73} \cdot (F_r)^{-6,3} \cdot [(\Gamma_\psi - 1,36667)^{0,14} \cdot (\Gamma_d + 94,372)^{0,78} \cdot (\Gamma_{Ll})^{44,81} \cdot (\Gamma_n)^{93,83}], \quad (3)$$

где коэффициент A :

$$A = 0,309372 \cdot a \cdot b \cdot [K_n \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5]$$

$$a = \frac{1,855049}{3,87} \cdot \left(\frac{1}{\Gamma_\psi \cdot \Gamma_d} \right)^{1,161}$$

$$b = (-0,389 + 0,834 \cdot \Gamma_n - 0,009 \Gamma_L + 0,512 \cdot \Gamma_n \cdot \Gamma_L)^{-79,93}$$

d_m – диаметр мешалки, м; Γ – симплекс (соотношение) параметров с диаметром.

Таким образом, результаты статистической обработки затрат мощности принято описывать квадратическими или степенными статистическими моделями.

Целью работы являлось установление статистических выражений, позволяющих моделировать затраты мощности привода лопастного смесителя.

В процессе обработки статистических данных решаются задачи по установлению линейных и квадратических выражений и их сопоставление со степенными зависимостями мощности привода.

Объекты и методы исследований

Замеры мощности производились на смесителе, устройство которого приведено на рис.1. Смеситель состоит из привода, вертикальной смесительной емкости 2, внутри которой установлен вал 1 с крепящейся на нем мешалкой в составе втулки 5 радиальных лопастей 4, на краях которых крепятся лопатки 3. Смеситель работает в дискретном режиме. Загруженные компоненты перемешиваются вращающимися лопастями. Ускоряет перемешивание наличие лопаток, обеспечивающие радиальное движение частиц при скатывании их с лопаток в сторону вала [16].

Для моделирования затрат мощности лопастного смесителя с дополнительными лопатками (рис.1) используем всю совокупность замеров мощности привода, полученных в проведенных трех сериях двухфакторных экспериментов при обосновании конструктивных и кинематических параметров данного смесителя при поиске зоны соблюдения зоотехнических требований на качество приготавливаемой смеси [17, 18].

В результате замеров мощности смесителя объемом вертикальной емкости $V=0,028 \text{ м}^3$ при степени заполнения $\psi=0,7$ и плотности вороха смеси $\rho=720 \text{ кг/м}^3$ был получен ряд значений, являющейся так же выборкой из ранее указанной совокупности замеров мощности.

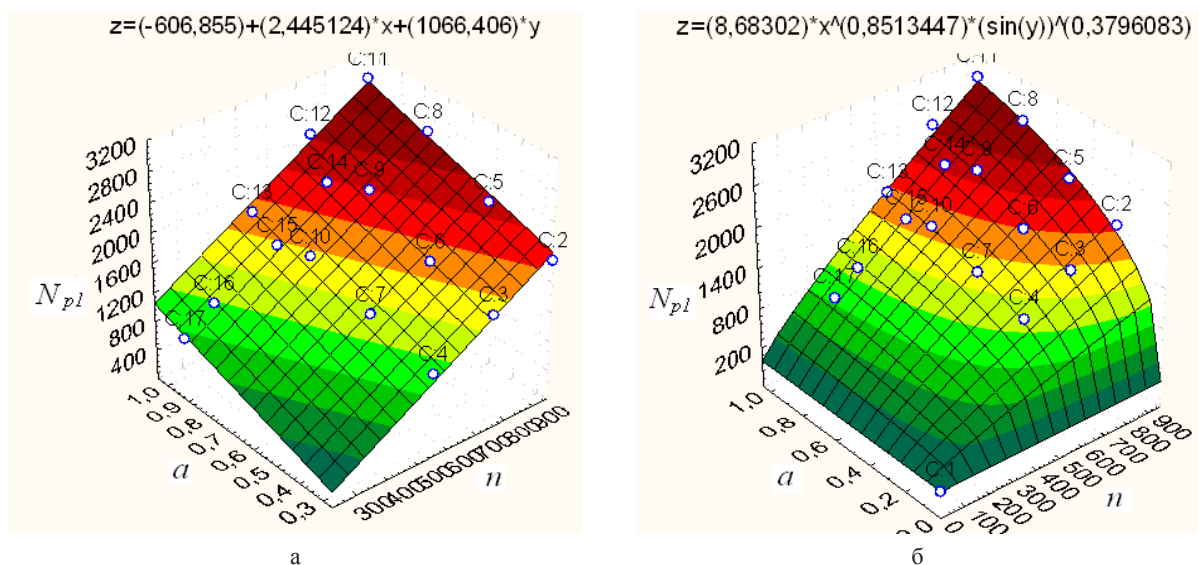


Рис. 2. Влияние частоты вращения n (мин^{-1}) и угла наклона лопастей α , (рад.) на мощность привода: а – линейная модель; б – степенная модель

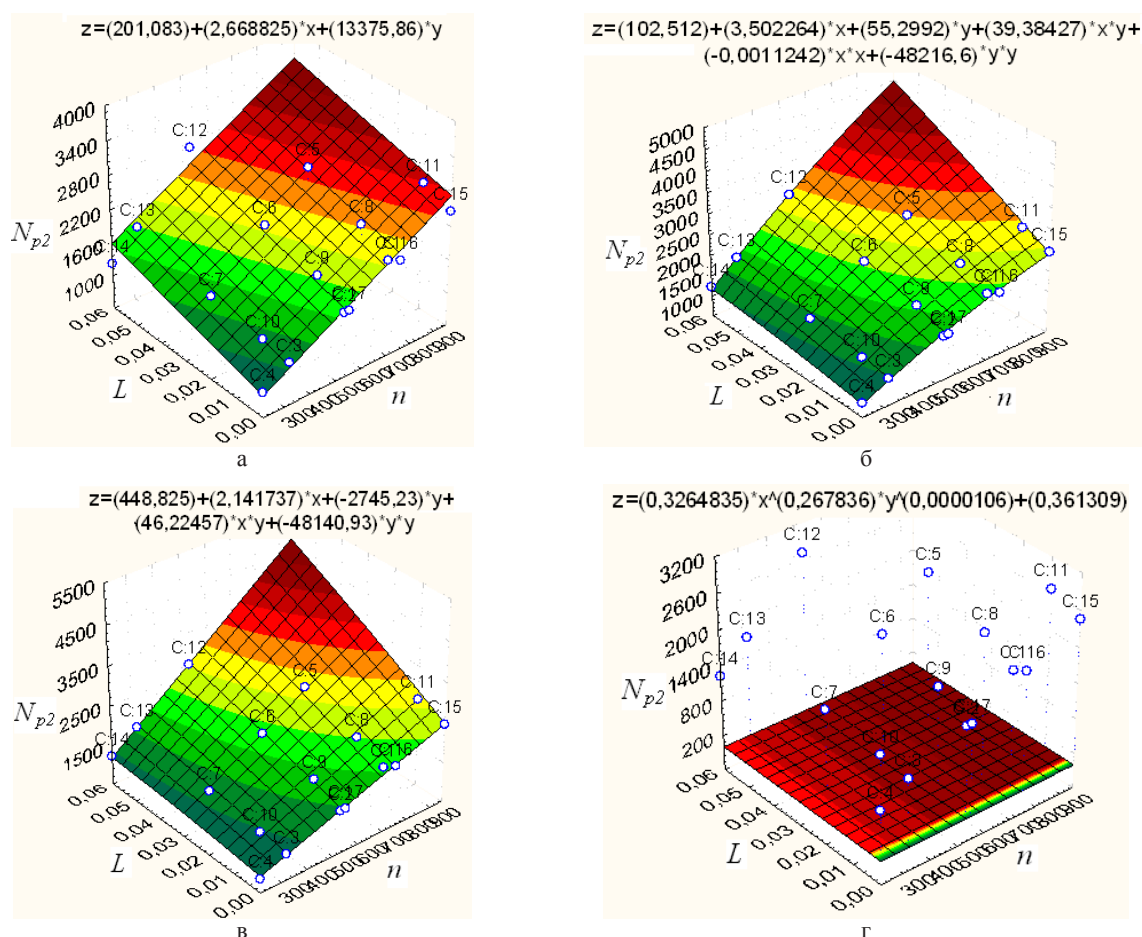


Рис. 3. Влияние частоты вращения n (мин⁻¹) и длины лопаток L , (м) на мощность привода: а – линейная модель; б – квадратическая полная модель; в – квадратическая усеченная модель; г – степенная модель

Результаты и их обсуждение

В результате обработки данных первой серии экспериментов была получена линейная модель мощности, Вт:

$$N_{p1} = -606,855 + 2,445124n + 1066,407\alpha, \quad (4)$$

где n – частота вращения мешалки, до 1500 мин⁻¹;

α – угол наклона лопасти (15...60 град.), рад.

Коэффициент корреляции $R=0,98873 > 0,85$, F -тест $=0,965578 > 0,95$, т.е. линейная модель (рис.2, а) адекватно описывает затраты мощности.

Степенная модель мощности, Вт:

$$N_{p1} = 8,68302 n^{0,851345} (\sin(\alpha))^{0,379608} \quad (5)$$

Коэффициент корреляции $R=0,99316$, F -тест $=0,999074$, т.е. степенная модель адекватно описывает затраты мощности.

Сопоставляя результаты, видно, что у степенной модели (рис.2, б) доверительная вероятность выше.

В результате обработки данных второй серии экспериментов (рис.3) была получена линейная модель, Вт:

$$N_{p2} = 201,083 + 2,668826 n + 13375,87 L, \quad (6)$$

где L – длина лопатки выше уровня лопасти, до 0,060 м.

Коэффициент корреляции $R=0,94004$, F -тест $=0,807671 < 0,9$, т.е. линейная модель неадекватно описывает затраты мощности.

Полная квадратичная модель мощности, Вт:

$$N_{p2} = 102,5119 + 3,502265 n + 55,2992 L + 39,38427 n L - 0,00112 n^2 - 48216,6 L^2 \quad (7)$$

Коэффициент корреляции $R=0,99064$, F -тест $=0,970452$, т.е. полная квадратичная модель адекватно описывает затраты мощности. При этом перед квадратом частоты вращения коэффициент незначим, и после его устранения из полной модели получим уравнение усеченной модели:

$$N_{p2} = 448,8249 + 2,141738 n - 2745,23 L + 46,22457 n L - 48140,9 L^2 \quad (8)$$

Коэффициент корреляции $R=0,98688$, F -тест $=0,958522$, т.е. усеченная квадратичная модель адекватно описывает затраты мощности. Однако дальнейшее упрощение модели приведет к выходу из доверительного интервала 95%, т.к. на данном этапе F -тест $=0,958522$.

Степенную модель мощности, вид которой указан на рис.3, г, по тем же экспериментальным данным получить не удалось.

В результате обработки данных третьей серии экспериментов была получена линейная модель, Вт (рис. 4):

$$N_{p3} = 169,3699 + 2,428363 n + 127,5 Z, \quad (9)$$

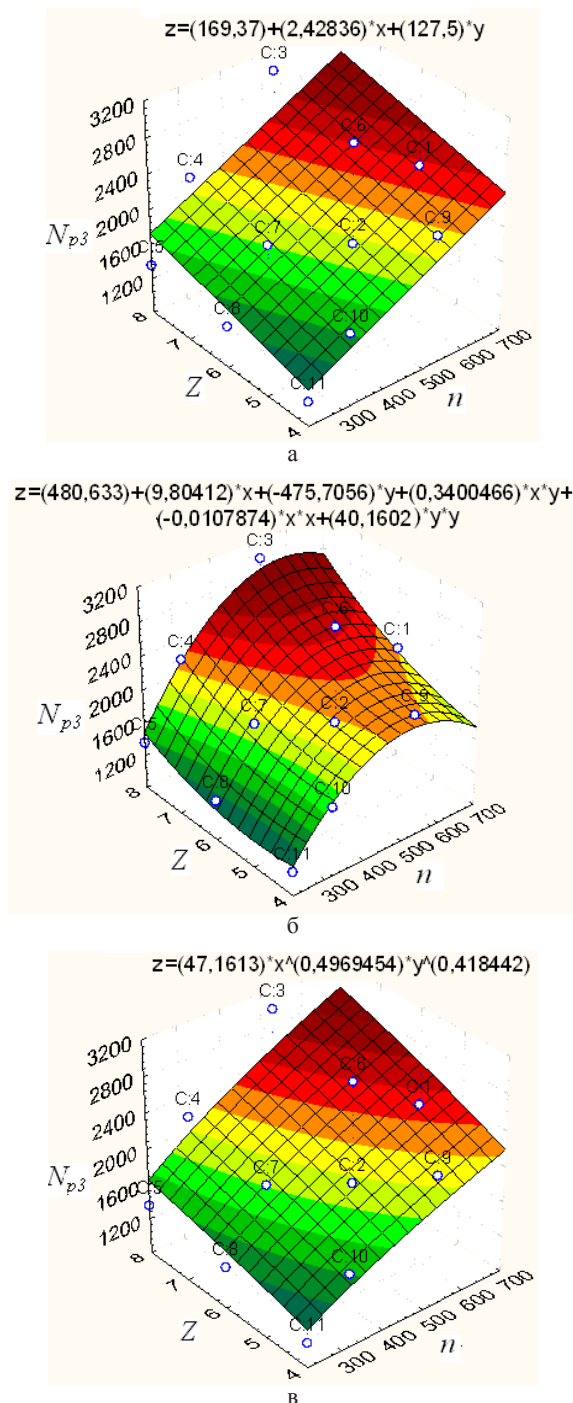


Рис. 4. Влияние частоты вращения n (мин⁻¹) и количества лопастей Z (шт.) на мощность привода: а – линейная модель; б – квадратическая модель; в – степенная модель

где Z – количество лопастей у мешалки смесителя, 4...8 шт.

Коэффициент корреляции $R=0,74700<0,85$, F-тест= $0,371542<0,9$, т.е. линейная модель неадекватно описывает затраты мощности.

Полная квадратичная модель мощности:

$$N_{p3}=480,6333+9,80412 n-475,706 Z+0,340047nZ-0,01079 n^2+40,1602 Z^2 \quad (10)$$

Коэффициент корреляции низкий $R=0,87427$ (но более 0,85), F-тест = $0,678993<0,9$, т.е. полная квадратичная модель неадекватно описывает затраты мощности.

Степенная модель мощности:

$$N_{p3}=47,16129+n^{0,496945}Z^{0,418442} \quad (11)$$

Коэффициент корреляции незначителен $R=0,77244$ (менее 0,85), F-тест= $0,390464<0,9$, т.е. степенная модель неадекватно описывает мощность.

Произвели попытку получить статистическую модель и по совокупному объему имеющихся экспериментальных данных с помощью степенного уравнения регрессии, Вт:

$$N_p=3,680412 M n^{0,814137} (ls^{0,543368}+L^{0,962341}) \sin(\alpha)^{0,346369} Z^{0,393481}, \quad (12)$$

где $M=V\rho$ – масса порции смеси, 14,1 кг; ls – ширина лопасти, 0,015 м [18].

Коэффициент корреляции $R=0,98210$, F-тест= $0,900$, т.е. степенная совокупная модель адекватно описывает затраты мощности с 90% доверительной вероятностью. Соответствие расчетных N_p и экспериментальных N_o данных приведено на рис.5.

Выводы

Таким образом, полученная модель мощности на основе степенной функции, адекватно описывает статистические данные экспериментальных затрат мощности и позволяет производить необходимые расчеты при численном моделировании работы смесителя.

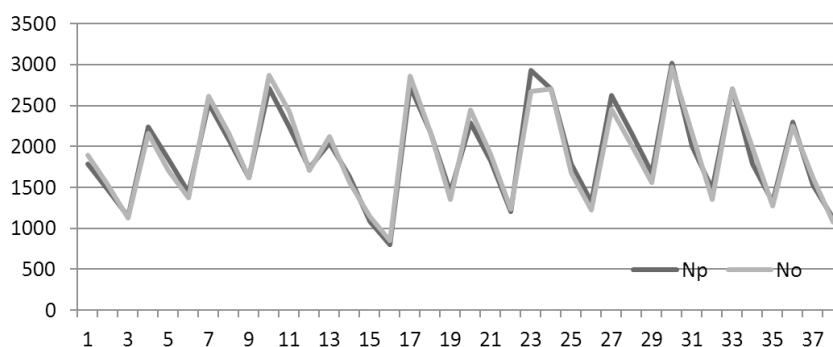


Рис. 5. Соответствие расчетных N_p и экспериментальных N_o затрат мощности, Вт

Список литературы

- [1] Коновалов, В.В. Оптимизация параметров спирально-лопастного питателя концентрированных кормов / В.В. Коновалов, А.С. Калиганов, В.П. Терюшков, В.В. Коновалов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2012. – № 3. – С. 107–112.
- [2] Коновалов, В.В. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, К.М. Мишин // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2002. – № 5. – С. 12–13.
- [3] Коновалов, В.В. Определение подачи цилиндрического шнекового пресса / В.В. Коновалов, В.В. Новиков, Д.В. Беляев, Л.В. Иноземцева // Нива Поволжья, 2010. – № 2. – С. 51–56.
- [4] Курочкин, А.А. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / А.А. Курочкин, К.М. Мишин, В.В. Коновалов // Техника в сельском хозяйстве, 2004. – № 2. – С. 9–10.
- [5] Коновалов, В.В. Моделирование качества смешивания сыпучих материалов барабанным смесителем / В.В. Коновалов, Н.В. Дмитриев, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2013. – Т. 1. – № 9 (13). – С. 77–84.
- [6] Чупшев, А.В. Аналитическое определение параметров лопастных смесителей для турбулентного перемешивания сухих смесей / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов, В.П. Терюшков, Г.В. Шабурова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2012. – № 3 (89). – С. 88–91.
- [7] Коновалов, В.В. Результаты теоретических исследований процесса перемешивания в смесителе периодического действия / В.В. Коновалов, А.В. Чупшев // Нива Поволжья, 2012. – № 2. – С. 51–55.
- [8] Коновалов, В.В. Моделирование процесса непрерывного приготовления смеси смесителем-дозатором экструдера / В.В. Коновалов, В.В. Новиков, Д.Н. Азиаткин, А.С. Грецов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2013. – № 3. – С. 72–78.
- [9] Чупшев, А.В. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов // Нива Поволжья, 2009. – № 2. – С. 76–81.
- [10] Чупшев, А.В. Оптимизация параметров смесителя по минимуму энергоемкости перемешивания / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов, С.С. Петрова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2009. – № 3. – С. 72–76.
- [11] Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин – Л.: Колос, 1972. – 202 с.
- [12] Капустин, В.П. Основы научных исследований и патентоведения – Тамбов: ТГТУ, 1996. – 34 с.
- [13] Основы научных исследований / В.В. Лянденбургский, В.В. Коновалов, А.В. Баженов – Пенза, 2013. – 396 с.
- [14] Коновалов, В.В. Практикум по обработке результатов научных исследований с помощью ПЭВМ – Пенза, 2003. – 176 с.
- [15] Клычев, К.М. Исследование процесса смешивания сыпучих кормов в псевдоожиженном слое. / Диссертация на соискание к.т.н. – М., 1969. – 198 с.
- [16] Коновалов, В.В. Аналитическое обоснование длительности цикла работы смесителя периодического действия / В.В. Коновалов, М.В. Фомина, В.П. Терюшков, А.В. Чупшев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2015. – № 3. – С. 10–15.
- [17] Коновалов, В.В. Моделирование изменения равномерности смеси при ступенчатом смешивании / В.В. Коновалов, А.В. Чупшев, М.В. Фомина, А.С. Калиганов // Нива Поволжья, 2013. – № 3 (28). – С. 77–83.
- [18] Фомина, М.В. Обоснование параметров узких плоских лопастей быстроходного смесителя сухих компонентов // Инновационная техника и технология, 2015 – № 4 (05) – С. 30–33.
- [19] Курочкин, А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки продукции животноводства. / А.А. Курочкин, В.М. Зимняков, В.В. Ляшенко, В.С. Парфенов, И.А. Спицын: Учебное пособие. – Пенза: Пензенская ГСХА, 1998. – 250 с.
- [20] Курочкин, А.А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств. / А.А. Курочкин, В.М. Зимняков. Под ред. А.А. Курочкина. – М.: КолосС, 2006. – 320 с.
- [21] Курочкин, А.А. Методологические аспекты теоретических исследований пресс-экструдеров для обработки растительного крахмалсодержащего сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков, С.В. Денисов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 06 (10). – С. 46–55.
- [22] Курочкин, А.А. Обоснование рациональных параметров шнека пресс-экструдера в зоне загрузки / А.А. Курочкин, В.В. Новиков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 06 (10). – С. 123–127.
- [23] Фролов, Д.И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 18–23.

- [24] Фролов, Д. И. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
- [25] Фролов, Д. И. Обоснование рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, С. В. Чекайкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6 (22). – С. 158–161.
- [26] Фролов Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
- [27] Ларюшин Н. П., Сущёв С. А., Фролов Д. И., Ларюшин А. М. Ботвоудаляющая машина // Патент России № 2339208. – 2008. Бюл. № 33.
- [28] Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Фролов Дмитрий Иванович. – Пенза, 2008. – 153 с.
- [29] Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Фролов Дмитрий Иванович. – Пенза, 2008. – 18 с.
- [30] Фролов Д. И. Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2015. – № 4 (28). – С. 69–74.
- [31] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). – С. 30–35.

MODELING OF POWER VERTICAL PADDLE MIXER BASED ON STATISTICAL EXPRESSIONS

Fomina M. V., Konovalov V. V., Chupshev A. V., Teryushkov V. P.

The paper presents the results of statistical processing of experimental data on the evaluation of the drive capacity vertical paddle mixer. The obtained regression equations allowing to determine the influence of frequency of rotation of the stirrer, the angle of inclination of its blades and their quantity and also length of overhead blades on the drive power of the mixer. Recommendations for use the total power models drive power.

Keywords: vertical paddle mixer, drive power, quadratic model, the power-law model, the adequacy of the model.

References

- [1] Konovalov, V. V. Optimization of parameters of spiral-vane feeder concentrated feed / V. V. Konovalov, A. S. Kaliganov, V. P. Teryushkov, V. V. Konovalov // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy, 2012. – № 3. – P. 107–112.
- [2] Konovalov, V. V. A device for making fat in a concentrated feed / V. V. Konovalov, A. A. Kurochkin, K. M. Mishin // Mechanization and electrification of agriculture, 2002. – № 5. – P. 12–13.
- [3] Konovalov, V. V. Determination of the cylindrical feed screw press / V. V. Konovalov, V. V. Novikov, D. V. Belyaev, L. V. Inozemtseva // Volga Niva, 2010. – № 2. – P. 51–56.
- [4] Kurochkin, A. A. A device for making fat in a concentrated feed / A. A. Kurochkin, K. M. Mishin, V. V. Konovalov // Technology in Agriculture, 2004. – № 2. – P. 9–10.
- [5] Konovalov, V. V. Modeling quality bulk material mixing drum mixer / V. V. Konovalov, N. V. Dimitriev, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // XXI century: the results of the past and the problems of the present, plus, 2013. – T. 1. – number 9 (13). – P. 77–84.
- [6] Chupshev, A. V. Analytical determination of parameters of blade mixers for turbulent mixing of dry mixes / A. V. Chupshev, V. V. Konovalov, V. P. Teryushkov, G. V. Shaburova // Herald of Altai State Agrarian University, 2012. – № 3 (89). – P. 88–91.
- [7] Konovalov, V. V. The results of theoretical studies of the mixing process in a batch mixer / V. V. Konovalov, A. V. Chupshev // Volga Niva, 2012. – № 2. – P. 51–55.
- [8] Konovalov, V. V. Simulation of the process of continuous compounding extruder, mixer-dispenser /

- V.V. Konovalov, V.V. Novikov, D.N. Aziatkin, A.S. Gretsov // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy, 2013.– № 3.–P. 72–78.
- [9] Chupshev, A. V. Influence of technological parameters on the performance of the mixer microadditives / A. V. Chupshev, V. V. Konovalov // Volga Niva, 2009.– № 2.–P. 76–81.
- [10] Chupshev, A. V. Optimization of the mixer settings at a minimum energy intensity mixing / A. V. Chupshev, V. V. Konovalov, S. S. Petrova // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy, 2009.– № 3.–P. 72–76.
- [11] Melnikov, S. V. Experimental Design in studies of agricultural processes. / S. V. Melnikov, V. R. Aleshkin, P. M. Roshchin–L. : Kolos, 1972.– 202 p.
- [12] Kapustin V. P. Basic research and patenting–Tambov: TSTU, 1996.– 34 p.
- [13] Basic research / V. V. Lyandenbursky, V. V. Konovalov, A. V. Bazhenov–Penza, 2013.– 396 p.
- [14] Konovalov, V. V. Workshop on handling research results via PC–Penza, 2003.– 176 p.
- [15] Klychev, K. M. Study of bulk fodder mixing process in a fluidized bed. / Thesis for the Ph.D.–M., 1969.– 198 p.
- [16] Konovalov, V. V. Analytical justification of the duration of the operation cycle of a batch mixer / V. V. Konovalov, M. V. Fomina, V. P. Teryushkov, A. V. Chupshev // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy, 2015.– № 3.–P. 10–15.
- [17] Konovalov, V. V. Modeling changes uniform mixture with a stepped mixing / V. V. Konovalov, A. V. Chupshev, M. V. Fomina, A. S. Kaliganov // Volga Niva, 2013.– № 3 (28).–P. 77–83.
- [18] Fomina, M. V. Substantiation of parameters of narrow flat blades of a high-speed mixing the dry components // Innovative Engineering and Technology 2015–№ 4 (05)–P. 30–33.
- [19] Kurochkin, A. A. Diploma engineering for mechanization of processing of livestock products. / A. A. Kurochkin, V. M. Zimnyakov, V. V. Lyashenko, V. S. Parfenov, I. A. Spitsyn: a Training manual.– Penza: Penza state agricultural Academy, 1998.– 250 p.
- [20] Kurochkin, A. A. Fundamentals of calculating and designing machines and devices of food processing industry / A. A. Kurochkin, V. M. Zimnyakov. Under the editorship of A. A. Kurochkin.–M.: KolosS, 2006.– 320 p.
- [21] Kurochkin, A. A. Methodological aspects of theoretical research extruder machines for processing starchcontaining plant raw materials / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov, S. V. Denisov // XXI century: results and problems of the past with plus.– 2013.– № 06 (10).–P. 46–55.
- [22] Kurochkin, A. A. Substantiation of rational parameters of the screw press-extruder in the loading zone / A. A. Kurochkin, V. V. Novikov// XXI century: results and problems of the past with plus.– 2013.– № 06 (10).–P. 123–127.
- [23] Frolov, D. I. A study of the optimal frequency of rotation of the working body of the machine haulm removing / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2013.–No. 3.–P. 18–23.
- [24] Frolov, D. I., The modeling of the process of removing the tops of onion working on haulm removing machine/D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova// Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2014.–No. 3.–P. 29–33.
- [25] Frolov, D. I. Substantiation of rational parameters of haulm removing machine for sowing Luke / D. I. Frolov, S. V. Chekalkin // XXI century: the results of the past and problems with plus.– 2014.– № 6 (22).–Pp. 158–161.
- [26] Frolov D. I. Determination of the optimal parameters haulm removing machine for sowing Luke / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova//Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy.–2015.–№ 1 (29).–P. 120–126.
- [27] Laryushin N. P. Sushchev, A. S., Frolov D. I., Laryushin A. M. Haulm removing machine // Patent of Russia № 2339208.–2008. Bull. No. 33.
- [28] Frolov, D. I. Development of cutter tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: dis. ...candidate. tekhn. Sciences: 05.20.01/Frolov Dmitry Ivanovich.–Penza, 2008. 153 p.
- [29] Frolov, D. I. Development of cutter tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: author. dis. ...candidate. tekhn. Sciences: 05.20.01/Frolov Dmitry Ivanovich.– Penza, 2008.– 18 p.
- [30] Frolov D. I. Analysis of the process of air movement inside the housing haulm removing working on a study of optimum tilt angle of the knives /D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. E. Kashirin// Bulletin of Ryazan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev.–2015.–№ 4 (28).–Pp. 69–74.
- [31] Frolov, D. I. Analysis of haulm removing working on optimizing the air flow within the housing /D. I. Frolov// Innovative machinery and technology.– 2014.– № 4 (01).–Pp. 30–35.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА СМЕСИ ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Коновалов В. В., Чупшев А. В., Фомина М. В.

В работе представлен анализ методик определения качества смеси и функциональных выражений их описания. Обоснован вид функции моделирования качества смеси с учетом технологических факторов. Приведено описание лопастного смесителя и результаты обработки экспериментальных данных на основе показательной функции. Выявлены функциональные выражения эмпирических коэффициентов. Выполнена корреляционная оценка и определена достоверная вероятность результатов моделирования.

Ключевые слова: лопастной смеситель, качество смеси, неравномерность смеси, кинетика смешивания, динамика изменения качества смеси.

Введение

В народном хозяйстве страны очень широко используются разнообразные смеси. Они применяются в пищевой и легкой промышленности, сельском хозяйстве, машиностроении и строительстве, включая производство композитных материалов [1–8]. Для производства смесей используют разнообразные дозирующие и смесительные устройства [1–4, 8, 9]. При этом дозаторы обеспечивают необходимую подачу потребного количества компонентов смеси, а непосредственно равномерное распределение ингредиентов в объеме смеси обеспечивает смеситель. Поэтому качество приготовленной смеси во многом определяется совершенством конструкции смесителя и завершенностью во времени процесса смешения компонентов [1–4, 8–11]. Наиболее это важно при разработке смесителей и обосновании режимов и параметров их работы.

При проведении исследований и определении показателей качества смеси и завершенности процесса смешения следует дополнительно учитывать, что, кроме вариации значений качества смеси в силу случайности содержания контрольных компонентов в изымаемых пробах, производные из их значений коэффициенты вариации (неравномерность смешения) также являются непостоянными значениями, имеющими вариацию. Так при значениях коэффициента вариации менее 20% колебания могут составлять 2...3 пункта (т.е., например $v=10\pm 2\%=8\ldots 12\%$), а для значений коэффициента вариации выше 20% – колебания в 5 пунктов и выше. Трехкратная повторность определения коэффициента вариации и расчет среднего значения стабилизирует величину значения, однако реальные разовые значения коэффициента вариации все равно будут от него существенно отличаться в той или иной степени, что негативно сказывается на достоверной вероятности результата.

Целью работы являлось выявление имеющихся относительных тенденций кинетики изменения качества смеси разработанного лопастного смесителя

и прогнозирование достижения предполагаемого результата в виде функциональной модели.

При этом поставлены задачи:

- 1 Установление функциональной модели влияния показателей технологического процесса (времени смешения, объема смесительной емкости и степени ее заполнения, доли контрольного компонента смеси) на качество смеси.
- 2 Выявление функций эмпирических коэффициентов.
- 3 Проведение корреляционной оценки и установление вероятностного интервала колебаний значений качества смеси.

Объекты и методы исследований

Приготовление смеси производится комплектом оборудования, наиболее ответственным технологически из которого являются дозаторы и смесители, определяющие качество приготавливаемой смеси.

Согласно нормам технологического проектирования кормоцехов НТП-АПК 1.10.16.001–02 качество смеси определяется параметрами [12]: Допустимые отклонения содержания компонентов в кормосмеси (по отношению к весу компонента): грубые корма, силос, зеленая масса и т.п. – 10%; корнеклубнеплоды и т.п. – 15%; комбикорма и концентраты – 5%; минеральные добавки – 5%. Равномерность смешивания (однородность) соответственно: для КРС не менее 80%; для овец – 75...80% (при вводе карбамида – 90%); для свиней – не менее 90%; для зверей – не менее 80%.

К сожалению, в нормативной литературе отсутствует методика определения равномерности (однородности) смеси. В 1960–1970 гг для оценки качества смеси применялись коэффициент вариации [3] и степень однородности смеси. Степень однородности определяли по эмпирическим формулам А. А. Лапшина [1, 2]:

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum \frac{B_t}{B_o} \text{ при } B_t < B_o;$$

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum \frac{2Bo - Bt}{Bo} \text{ при } Bt > Bo, \quad (1)$$

где Θ – степень однородности;

n – число проб;

Bt – доля меньшего компонента в пробе;

Bo – доля меньшего компонента в смеси.

Степень однородности принято выражать в процентах или в долях единицы–0,01%) и чем ближе значения к 100% (или к единице), тем лучше завершён процесс [1, 8].

Нормами ОСТ 70.32.2.–83 с 1983 г [13] и действующим стандартом СТО АИСТ 19.2–2008 [14] при исследовании смесителя регламентирован показатель качества смеси для обоснования параметров смесителя – неравномерность смешивания, как коэффициент вариации содержания контрольного компонента в 15–20 пробах. Контрольным компонентом выступает ингредиент с меньшим содержанием его доли в составе смеси. Повторность при определении качества смеси – трехкратная.

В таком случае, показатель качества смеси – равномерность смешивания V_p (как «относительная равномерность» [15]) определяется на основе статистического показателя – неравномерности выборки (коэффициента вариации содержания контрольного компонента в пробах) как:

$$V_p = 1 - \nu, \quad (2)$$

где V_p – равномерность смеси, 0,01%;

$\nu = y/\bar{X}$ – коэффициент вариации содержания

контрольного компонента в пробах, 0,01%;

σ – среднее квадратическое отклонение;

$\bar{X}$ – средняя величина содержания

контрольного компонента y взятых проб. Чем меньше коэффициент вариации, тем качественнее и завершённее процесс смешения.

В процессе смешивания с течением времени проходят три фазы [2, 8] изменения среднее квадратического отклонения σ и равномерности смеси V_p (рис. 1):

1. Конвективное смешивание – перемещение массива смешиваемых частиц из одного объема в другой смещением слоев. Процесс протекает на уровне макрообъемов и практически не зависит от физико-механических свойств материалов (участок I);

2. Диффузионное смешивание – постепенное перемещение частиц различных компонентов через свежесформированную границу их раздела. Процесс протекает на уровне микрообъемов (участок II);

3. Процесс сегрегации – сосредоточения частиц, имеющих однородную массу, в соответствующих местах смесителя под действием гравита-

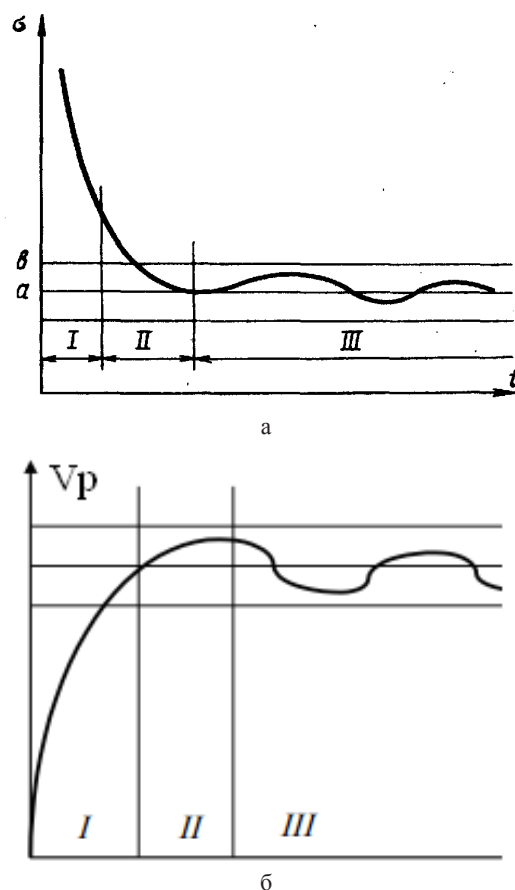


Рис. 1. Кинетика процесса смешивания по изменению с течением времени: а – величины среднее квадратического отклонения σ ; б – величины равномерности смеси V_p

ционных или инерционных сил. Процесс ухудшает качество смеси, так как по своему действию он противоположен двум первым (участок III). Как правило, по окончании II-го участка процесс смешения должен прекратиться.

Однако весь процесс не всегда наблюдается в представленном чистом виде в силу случайности событий (величина контрольного компонента в пробе) и колебания показателей вдоль указанных линий носят постоянный и случайный характер. III-й участок в чистом виде наблюдается лишь при наличии устойчивого разделения ингредиентов смеси. Значения показателей в конце II участка определяют завершенность процесса (соответствие технологическим требованиям) и совершенство смесителя. Качество должно обеспечиваться и при худших значениях равномерности смеси при завершении смешения.

В теории факторного планирования принято критерий оценки определять как сумму слагаемых влияния факторов на изучаемый процесс. При этом изначально задается вид уравнения (первого, второго и последующего порядков), а в результате уточняются числовые значения коэффициентов перед факторами [16–32].

Однако, широко применяется и способ использования сомножителей произведения, где уточня-

ются числовые значения коэффициентов сомножителей (факторов) [17–19, 33].

При этом, если факторный анализ с суммой слагаемых принято применять для любого неизвестного процесса, то произведение сомножителей используется по аналогии, где уже изначально известен характер изменения результата (вид функции), либо с предварительным статистическим обоснованием характера процесса [9,17,18,33].

Результаты и их обсуждение

По аналогии с процессом диффузии равномерность смеси можно описать показательной функцией [9–11]. В таком случае неравномерность смеси опишется выражением типа:

$$\Theta = 1 - e^{-kT}, \quad (3)$$

где k – эмпирический коэффициент интенсивности смешения;

T – длительность смешения компонентов смеси [9], с.

В свою очередь эмпирический коэффициент интенсивности смешения можно представить как сомножитель ряда эмпирических коэффициентов технологических условий:

$$k = K_E \cdot K_v \cdot K_{dk}, \quad (4)$$

где K_E – эмпирический коэффициент влияния степени заполнения емкости;

K_v – эмпирический коэффициент объема смесительной емкости;

K_{dk} – эмпирический коэффициент доли контрольного компонента.

Для моделирования процесса с помощью показательной функции был выбран вертикальный лопастной смеситель [34], состоящий (рис.2) кроме рамы и привода из нескольких цилиндрических емкостей, внутри которых размещались мешалки с радиальными прутковыми лопастями круглого поперечного сечения. Для ранее обоснованных конструктивных параметров выявлялась модель изменения качества смеси в зависимости от технологических параметров процесса смешения (степень заполнения смесительной емкости ($E=0,25 \dots 0,75$; 0,01%) и ее объем ($V_0=0,0005 \dots 0,0300 \text{ м}^3$), доли контрольного компонента ($D_k=0,5 \dots 10,0\%$) и длительности смешения (T , до 900 с)).

Используя данные [34, 35] была произведена повторная обработка их выборки значений качества смеси в соответствии с указанным видом зависимости. Учитывая, что требуется определить значения показателя степени показательной функции, значения коэффициента вариации были подвергнуты натуральному логарифмированию. И уже логарифмированные данные обрабатывались программой Statistica 5.5 для установления числовых значений коэффициентов сомножителей (факторов). Полученные пространственные модели поверхности отклика показателя степени функции и их соответствие экспериментальным точкам приведены на ниже расположенных рисунках. Дополнительно даны двумерные сечения поверхности отклика для установления существующих тенденций динамики их изменения. Характер изменения качества смеси показывают двумерные сечения поверхности отклика неравномерности смешивания v – коэффициента вариации содержания контрольного компонента и равномерности смеси V_p .

В результате выборки опытных значений влияния степени заполнения получено выражение неравномерности смешения (коэффициент вариации) v , 0,01%:

$$v_1 = e^{(-1,9822 + T[0,462945 - 0,46338 E^{-0,00116}])}, \quad (5)$$

где T – длительность смешения, с;

E – степень заполнения емкости, 0,01%.

При этом коэффициент вариации $R=0,95937$, а доверительная вероятность F -тест=0,878723.

Выражение равномерности смешения V_p , 0,01%:

$$V_{p1} = 1 - e^{(-1,9822 + T[0,462945 - 0,46338 E^{-0,00116}])}, \quad (6)$$

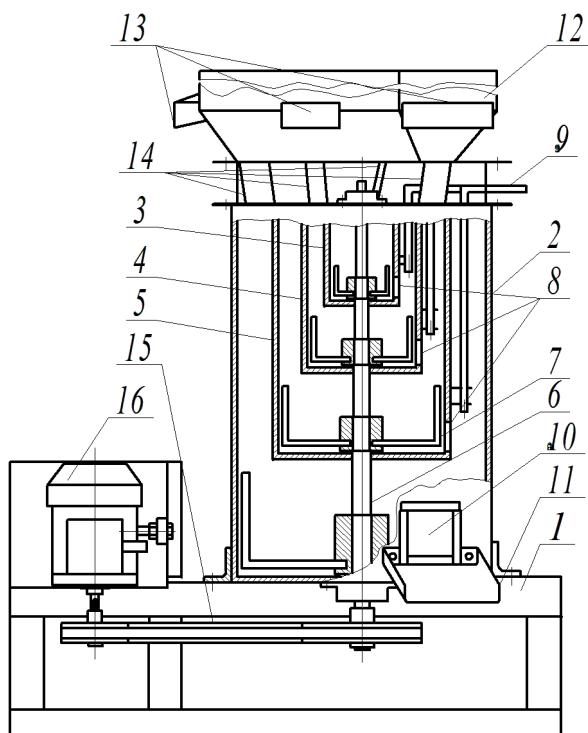


Рис. 2. Схема вертикального лопастного смесителя: 1 – рама; 2, 3, 4, 5 – емкости смесительные; 6 – приводной вал; 7 – мешалка; 8, 10 – шибер; 9 – рукоятка; 11 – лоток выгрузной; 12 – емкости бункера; 13 – шибер бункера; 14 – шланг гибкий; 15 – передача клиноременная; 16 – электродвигатель

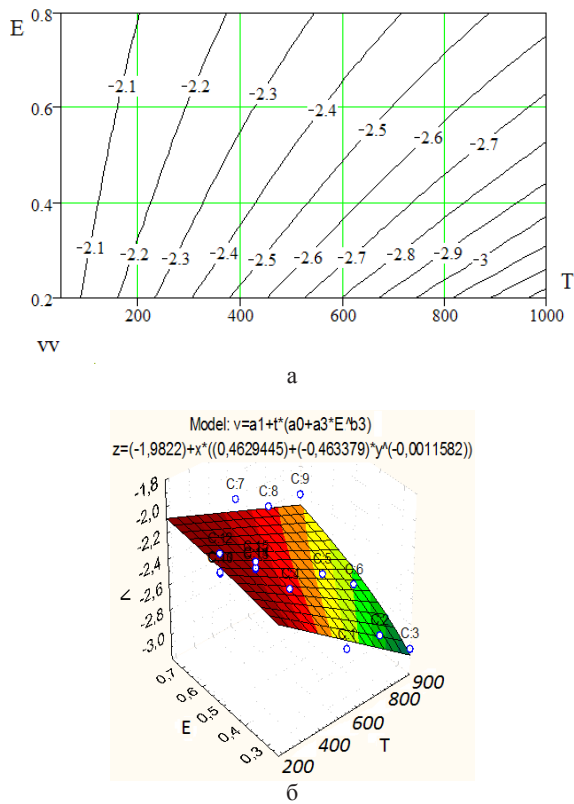


Рис. 3. Влияние длительности смешения T (с) и степени заполнения E (0,01%) на функцию показателя степени: а – двумерное сечение; б – поверхность отклика

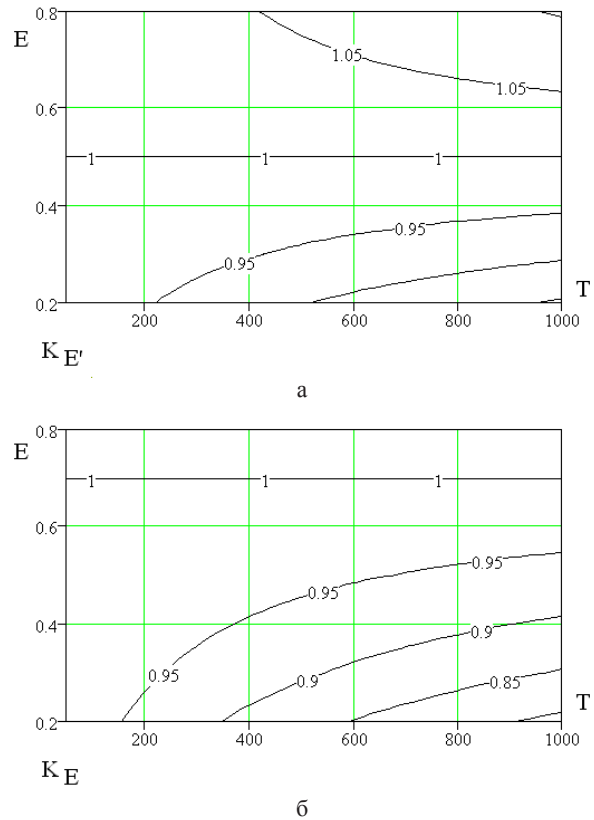


Рис. 5. Влияние длительности смешения T (с) и степени заполнения E (0,01%) на эмпирический коэффициент влияния степени заполнения емкости: а – при $E=0,5$; б – при $E=0,7$

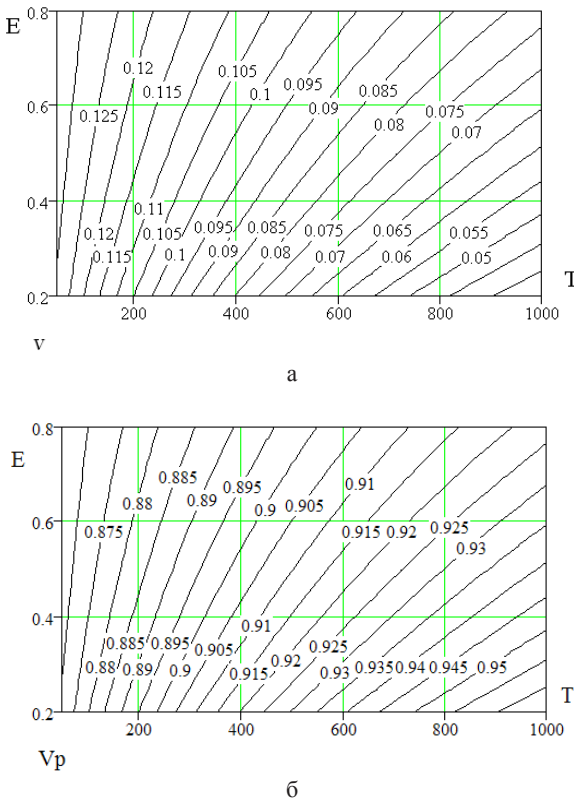


Рис. 4. Влияние длительности смешения T (с) и степени заполнения E (0,01%) на: а – неравномерность смеси v , 0,01%; б – равномерность смеси V_p , 0,01%

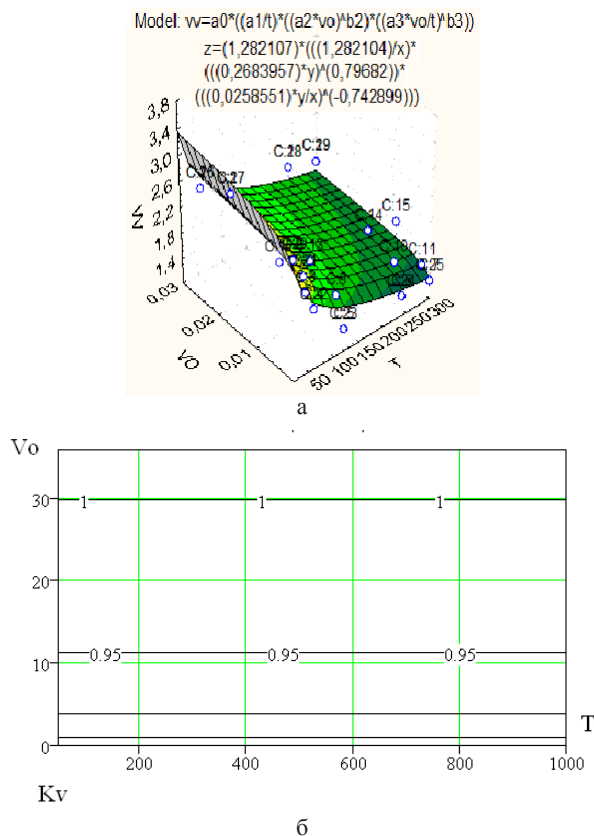
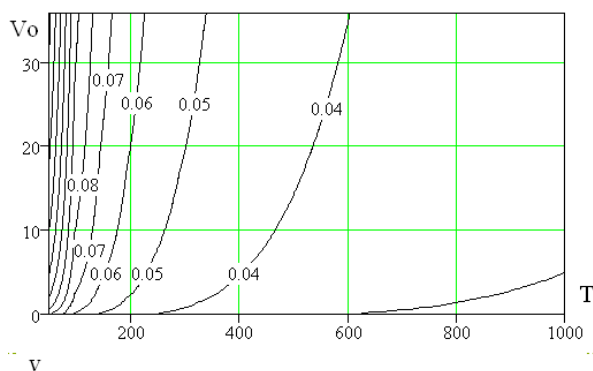
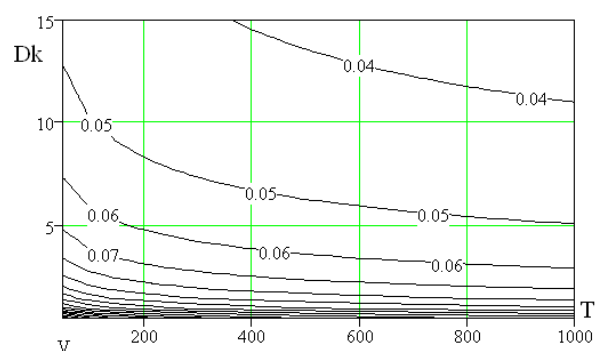


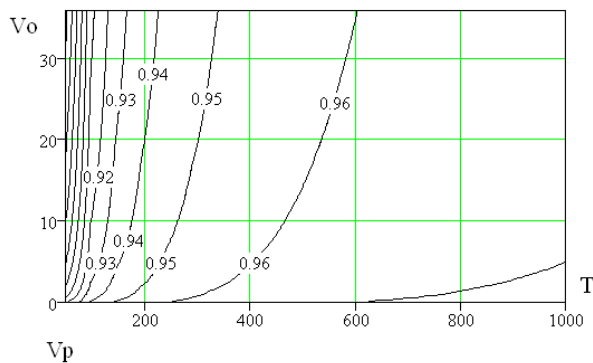
Рис. 6. Влияние длительности смешения T (с) и объема смесительной емкости V_0 (0,001 м³) на: а – функцию показателя степени; б – двумерное сечение эмпирического коэффициента объема смесительной емкости K_v



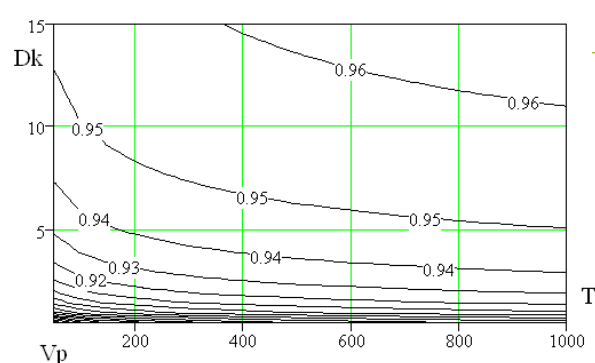
а



а



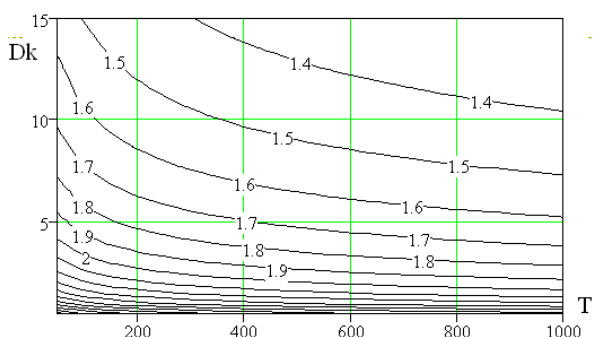
б



б

Рис. 7. Влияние длительности смешения Т (с) и объема смесительной емкости Vo (0,001 м³) на: а – неравномерность смеси v, 0,01%; б – равномерность смеси Vp, 0,01%

Рис. 9. Влияние длительности смешения Т (с) и доли контрольного компонента Dk (%) на: а – неравномерность смеси v, 0,01%; б – равномерность смеси Vp, 0,01%



а

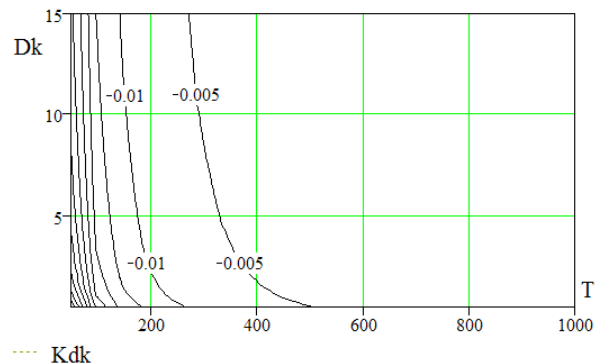
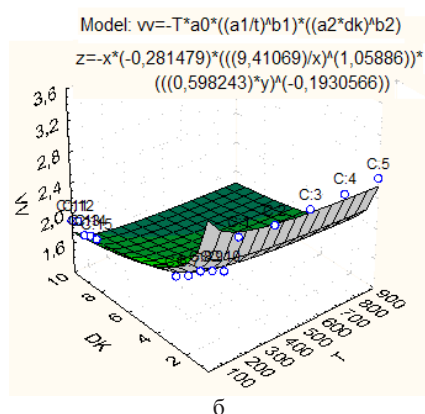


Рис. 10. Влияние доли контрольного компонента Dk (%) на эмпирический коэффициент доли контрольного компонента Kdk



б

Рис. 8. Влияние длительности смешения Т (с) и доли контрольного компонента Dk (%) на функцию степени: а – двумерное сечение; б – поверхность отклика

На основании соотношения функций показателя степени (переменного значения к E=0,5 и E=0,7) получены выражения поправочных коэффициентов для степени заполнения 50% и 70%, соответственно:

$$K_E = \frac{-1,9822 - 8,0773 \cdot 10^{-4} \cdot T}{-1,9822 + T \cdot \left(0,462945 - \frac{0,46338}{E^{0,00116}}\right)};$$

$$K_E = \frac{-1,9822 - 6,2676 \cdot 10^{-4} \cdot T}{-1,9822 + T \cdot \left(0,462945 - \frac{0,46338}{E^{0,00116}}\right)}. \quad (7)$$

Выражение неравномерности смешения ν с учетом объема смесителя, 0,01%:

$$\nu_2 = 0,01 \cdot e^{\left[1,2821 \cdot \left(1,2821/T\right) \cdot K'\right]}, \quad (8)$$

где

$$K' = (0,268396 \cdot V_o)^{0,79682} \cdot (0,025855 \cdot V_o/T)^{-0,7429},$$

V_o – объем смесительной емкости, м³. При этом коэффициент вариации $R=0,91171$, а доверительная вероятность F-тест=0,8677276.

Выражение равномерности смешения V_p , 0,01%:

$$V_{p2} = 1 - 0,01 \cdot e^{\left[1,2821 \cdot \left(1,2821/T\right) \cdot [K']\right]}, \quad (9)$$

На основании соотношения функций показателя степени (переменного к $V_o=0,030$ м³) получены выражения эмпирического коэффициента объема смесительной емкости:

$$K_v = 1,20813 \cdot \left(\frac{1}{T}\right)^{0,7429} \cdot \frac{V_o^{0,79682}}{\left(\frac{V_o}{T}\right)^{0,7429}}. \quad (10)$$

Выражение неравномерности смешения ν с учетом доли контрольного компонента, 0,01%:

$$\nu_3 = 0,01 \cdot e^{\left[-T \cdot (-0,28148 \cdot K'')\right]}, \quad (11)$$

где

$$K'' = \left(9,4107/T\right)^{1,058859} \cdot (0,598243 \cdot D_k)^{-0,19306};$$

D_k – доля контрольного компонента, 0,01%. При этом коэффициент вариации $R=0,98115$, а доверительная вероятность F-тест=0,947846.

Выражение равномерности смешения V_p , 0,01%:

$$V_{p3} = 1 - 0,01 \cdot e^{\left[-T \cdot (-0,28148 \cdot K'')\right]}. \quad (12)$$

На основании вывода из функции степени показателя ($-T$) получено выражение эмпирического коэффициента доли контрольного компонента:

$$K_{dk} = 0,28148 \cdot \left(\frac{9,410688}{T}\right)^{1,058859} \cdot (0,598243 \cdot D_k)^{-0,19306}. \quad (13)$$

Анализ влияния факторов показывает улучшение качества смеси с уменьшением степени заполнения емкости и ее объема и увеличением доли контрольного компонента и длительностью смешения.

Отсутствие экстремумов функции не позволяет определить оптимум качества смеси, что свидетельствует об использовании данного показателя лишь как ограничения на условие работоспособности смесителя, а также позволяет обосновывать лишь рациональные значения параметров по критерию качества смеси.

Выводы

1. Модельная функция относительной равномерности смеси V_p (%) представляет собой выражение:

$$V_p = 100 - e^{-k \cdot T} = 100 - e^{-K_E \cdot K_v \cdot K_{dk} \cdot T}. \quad (14)$$

Улучшение качества смеси происходит с уменьшением степени заполнения емкости и ее объема при увеличении доли контрольного компонента и длительности смешения. Отсутствие экстремумов функции не позволяет определить оптимум качества смеси, а возможно обоснование лишь рациональных значений параметров по критерию качества смеси.

2. Получены выражения сомножителей эмпирических коэффициентов технологических условий в виде функций (ф. 7, 10, 13).

3. Корреляция эмпирических коэффициентов составляет 0,91...0,98, а доверительная вероятность выявленных тенденций составляет 0,86...0,948.

Список литературы

- [1] Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинцев, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич – М.: Колос, 1999. – 528 с.
- [2] Завражнов, А.И. Механизация приготовления и хранения кормов / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
- [3] Кукта, Г.М. Технология переработки и приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М.: Колос, 1978. – 240 с.
- [4] Новиков, В.В. Определение объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера / В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Н.А. Харыбина, Д.Н. Азиаткин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1 (75). – С. 91–94.
- [5] Бормотов, А.Н. Многокритериальный синтез сверхтяжелого композита / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2009. – № 4. – С. 29–36.

- [6] Бормотов, А. Н. Метод построения многофакторных нелинейных моделей на примере математического моделирования композитов специального назначения // А. Н. Бормотов, И. А. Прошин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 12 (16). – С. 264–271.
- [7] Бормотов, А. Н. Многокритериальный синтез сверхтяжелого композита / А. Н. Бормотов, И. А. Прошин, А. Ю. Кирсанов, Е. М. Бородин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – № 7. – С. 98–104.
- [8] Коновалов, В. В. Механизация технологических процессов животноводства / В. В. Коновалов, С. И. Щербаков, В. Д. Дмитриев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 272 с.
- [9] Стукалкин, Ф. Г. Исследование кормосмесителей непрерывного действия и методика их расчета: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ф. Г. Стукалкин. – Ленинград, 1965. – 21 с.
- [10] Коновалов, В. В. Моделирование процесса непрерывного приготовления смеси смесителем-дозатором экструдера / В. В. Коновалов, В. В. Новиков, Д. Н. Азиаткин, А. С. Грецов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 72–78.
- [11] Коновалов, В. В. Моделирование изменения равномерности смеси при ступенчатом смешивании / В. В. Коновалов, А. В. Чупшев, М. В. Фомина, А. С. Калиганов // Нива Поволжья. – 2013. – № 3 (28). – С. 77–83.
- [12] Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов (НТП-АПК 1.10.16.001–02). – М., 2002. – 170 с.
- [13] ОСТ 70.32.2.–83. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний. – М.: Госагропром, 1984. – 94 с.
- [14] СТО АИСТ 19.2–2008 Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. – Мн.: Минсельхозпрод, 2010. – Введ. 10.12.2010 г. – 48 с.
- [15] Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Монография / А. В. Богуслаев, Ал. А. Олейник, Ан. А. Олейник, Д. В. Павленко, С. А. Субботин; Под ред. Д. В. Павленко, С. А. Субботина. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2009. – 468 с.
- [16] Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л.: Колос, 1972. – 202 с.
- [17] Капустин, В. П. Основы научных исследований и патентования / Лекции к курсу – Тамбов: ТГТУ, 1996. – 34 с.
- [18] Коновалов, В. В. Практикум по обработке результатов научных исследований с помощью ПЭВМ – Пенза: ПГСХА, 2003–178 с.
- [19] Бормотов, А. Н. Математическое моделирование структуры композитов в виде рациональных функций по краевым точкам области планирования / А. Н. Бормотов, И. А. Прошин, С. В. Тюрденева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 12 (16). – С. 272–280.
- [20] Фролов, Д. И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 18–23.
- [21] Фролов, Д. И. Повышение питательности экструдированных кормов для животных / Д. И. Фролов, В. А. Никишин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 7. № 4. С. 98–101.
- [22] Фролов, Д. И. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
- [23] Курочкин, А. А. Технология производства кормов на основе термо-вакуумной обработки отходов с/х производства / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). С. 36–40.
- [24] Фролов, Д. И. Обоснование рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, С. В. Чекайкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6 (22). – С. 158–161.
- [25] Фролов Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
- [26] Ларюшин Н. П., Сущёв С. А., Фролов Д. И., Ларюшин А. М. Ботвоудаляющая машина // Патент России № 2339208. – 2008. Бюл. № 33.
- [27] Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Фролов Дмитрий Иванович. – Пенза, 2008. – 153 с.
- [28] Коновалов, В. В. Методология проектирования смесителей-увлажнителей сыпучих пищевых продуктов / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы

- настоящего плюс: Периодическое научное издание.—Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та.— 2014.— № 06(22).—С. 190–197.
- [29] Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Фролов Дмитрий Иванович.— Пенза, 2008.— 18 с.
- [30] Курочкин, А. А. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.—2015.—№ 4.—С. 76–81.
- [31] Фролов Д. И. Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева.—2015.—№ 4 (28).—С. 69–74.
- [32] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология.— 2014.— № 4 (01).—С. 30–35.
- [33] Клычев, Е. М. Исследование процесса смешивания сыпучих кормов в псевдоожиженном слое: Дис... канд. техн. наук / Е. М. Клычев.—М.: 1996.— 154 с.
- [34] Чупшев, А. В. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок / А. В. Чупшев, В. В. Коновалов // Нива Поволжья.— 2009.— № 2(11)—С. 76–81.
- [35] Чупшев, А. В. Теоретические и экспериментальные исследования смешивания сухих компонентов и микродобавок в лопастном смесителе. Теория, конструкция, расчет: Монография / А. В. Чупшев, В. В. Коновалов.—Пенза: РИО ПГСХА, 2014.— 176 с.

MODELING CHANGES IN THE QUALITY MIX PADDLE MIXER ON THE BASIS TECHNOLOGICAL PARAMETERS

Kononov V. V., Chupshev A. V., Fomina M. V.

The paper presents the analysis of methods for determination of mix quality and functional expressions describe them. Justified the function modeling the quality of the mixture taking into account technological factors. The description of the lobed mixer and the results of experimental data processing based on exponential function. Identified functional expressions are empirical coefficients. Performed correlation evaluation and determined the confidence of simulation results.

Keywords: *lobed mixer, the quality of the mixture, the unevenness of the mixture, the kinetics of mixed-shivani, changes in the quality mix.*

References

- [1] Mechanization and technology of production of livestock / V.G. Koba, N.I. Braginets, D.N. Murusidze, V.F. Nekrashevich—M.: Kolos, 1999.— 528 p.
- [2] Zavrzhnov, A. I. Mechanization of preparation and storage of feed / A. I. Zavrzhnov, D. I. Nikolayev.—M.: Agropromizdat, 1990.— 336 p.
- [3] Kuchta, G. M. Technology of processing and preparation of feed / G. M. Kukta.—M.: Kolos, 1978.— 240 p.
- [4] Novikov, V. V. determination of the volumetric flow rate of extrudate in a zone of single-screw extrusion press extruder / V. V. Novikov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, N. Kharybina, D. N. Aziatkin // Bulletin of Altai state agrarian University.— 2011.— № 1 (75).—Pp. 91–94.
- [5] Bormotov, A. N. Multicriteria synthesis of superheavy composite / A. N. Bormotov, A. I. Proshin, // Bulletin of Bryansk state technical University.— 2009.—No. 4.—Pp. 29–36.
- [6] Bormotov A. N. A method of constructing multivariate non-linear models of mathematical modeling of composites, special purpose // A. N. Bormotov, I. A. Proshin // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus.— 2013.— № 12 (16).—Pp. 264–271.
- [7] Bormotov A. N. Multicriteria synthesis of superheavy composite / A. N. Bormotov, I. A. Proshin, A. Y. Kirsanov, E. M. Borodin // Bulletin of Voronezh state technical University.— 2010.—Т. 6.—No. 7.—Pp. 98–104.
- [8] Kononov, V. V. Mechanization of technological processes of livestock / V. V. Kononov, S. I. Shcherbakov, V. D. Dmitriev.—Penza, 2006.— 272.

- [9] Stukalkin, F. G. A Study of feed mixers, continuous, and IU-method of their calculation: author. dis. kand. tech. Sciences / F. G. Stukalkin. – Leningrad, 1965. – 21 p.
- [10] Konovalov, V. V. Modeling of the process of continuous mixing the mixer-dispenser extruder / V. V. Konovalov, V. V. Novikov, D. N. Asatkin, A. S. Grecov // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2013. – No. 3. – Pp. 72–78.
- [11] Konovalov, V. V. Modeling of variations in the uniformity of the mixture during step chat mixing / V. V. Konovalov, A. V. Chupshev, M. V. Fomina, A. S. Kaliganov // Niva-Volga region. – 2013. – № 3 (28). – Pp. 77–83.
- [12] Norms of technological design of feed for livestock farms and complexes (NTP-APK 1.10.16.001–02). – M., 2002. – 170 p.
- [13] OST 70.32.2.–83. Agricultural machinery testing. Machines and equipment for preparation of feed. The program and methods of testing. – M.: Rosagroprom, 1984. – 94 p.
- [14] One HUNDRED STORK 19.2–2008 Agricultural machinery and equipment. Machines and equipment for preparation of feed. The procedure for determining the functional parameters. – Mn: Ministry Of Agriculture, 2010. –]. 10.12.2010 G. – Pp. 48
- [15] Progressive technologies of modeling, optimization and intelligent automation of the stages of the life cycle of aircraft engines: Monograph / V. A. Boguslaev, A. I. A. Oleynik, An. A. Oleinik, V. D. Pavlenko, S. A. Subbotin; ed. by D. V. Pavlenko, and S. A. Subbotin. – Zaporozhye JSC «Motor Sich», 2009. – 468 p.
- [16] Melnikov, S. V. Experiment Planning in researches of agricultural processes/ S. V. Melnikov, R. V. Aleshkin, P. M. Roshchin. – L.: Kolos, 1972. – 202 p.
- [17] Kapustin, V. P. Fundamentals of scientific research and patents / Lectures for the course – Tambov, 1996. – 34 p.
- [18] Konovalov, V. V. workshop on the processing of research results by means of computer – Penza, 2003 – p. 178
- [19] Bormotov A. N. Mathematical modeling of the structure of the composites in the form of rational functions on the boundary points of the domain of planning / A. N. Bormotov, I. A. Proshin, V. S. Turgeneva // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus. – 2013. – № 12 (16). – Pp. 272–280.
- [20] Frolov, D. I. a study of the optimal frequency of rotation of the working body batouala machine / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2013. – No. 3. – Pp. 18–23.
- [21] Frolov, D. I. improving the nutritional value of the extruded animal feeds / D. I. Frolov, V. A. Nikishin // Collection of scientific works Sworld. 2014. Vol. 7. No. 4. S. 98–101.
- [22] Frolov, D. I. modeling of the process of removing the tops of onion working on batouala machine / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2014. – No. 3. – Pp. 29–33.
- [23] Kurochkin, A. A. the Technology of production of feed based on the thermo-vacuum treatment of waste of agricultural production/A. A. Kurochkin, D. I. Frolov//Innovative technology. – 2014. – № 4 (01). Pp. 36–40.
- [24] Frolov, D. I. Substantiation of rational parameters of batouala machine for sowing Luke / D. I. Frolov, S. V. Chekalkin // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus. – 2014. – № 6 (22). – Pp. 158–161.
- [25] Frolov D. I. Determination of the optimal parameters batouala machine for sowing Luke / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy. – 2015. – № 1 (29). – Pp. 120–126.
- [26] Laryushin N. P. Sushchev, A. S., Frolov D. I., Laryushin A. M. Batouala machine // Patent of Russia № 2339208. – 2008. Bull. No. 33.
- [27] Frolov, D. I. Development of cutter tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: dis. kand. tech. Sciences: 05.20.01 / Frolov Dmitry Ivanovich. – Penza, 2008. 153 p.
- [28] Konovalov, V. V. design Methodology of mixers, moisturizers loose food products / V. V. Konovalov, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus: a scientific Periodical. – Penza: Publishing house Penz. GOS. tekhnol. University. – 2014. – № 06(22). – Pp. 190–197.
- [29] Frolov, D. I. Development of cutter tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: abstract. dis. kand. tech. Sciences: 05.20.01 / Frolov Dmitry Ivanovich. – Penza, 2008. – 18 p.
- [30] Kurochkin, A. A. Multicomponent extrudate based on wheat and milk Thistle seed /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov //proceedings of the Samara state agricultural Academy. – 2015. – No. 4. – Pp. 76–81.
- [31] Frolov D. I. analysis of the process of air movement inside the housing botopasie working on a study of optimum tilt angle of the knives / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, D. E. Kashirin // Bulletin of Ryazan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev. – 2015. – № 4 (28). – Pp. 69–74.
- [32] Frolov, D. I. Analysis of work botopasie working on optimizing the air flow inside the casing / D. I. Frolov // Innovative technology. – 2014. – № 4 (01). – Pp. 30–35.

- [33] Klychev, E. M. study of the process of mixing of bulk feed in a pseudo-eigendom layer: Dis... Cand. tech. Sciences / E.M. Klychev.—M.: 1996.— 154 p
- [34] Chupshev, A. V. Influence of technological parameters on the performance of CME-Sitel microdomain/ A. V. Chupshev, V. V. Konovalov // Niva Povolzhya.— 2009.— № 2(11)—Pp. 76–81.
- [35] Chupshev, A. V. Theoretical and experimental study of mixing the dry components and microdomain in a vane mixer. Theory, design, calculation: Monograph / A. V. Chupshev, V. V. Konovalov.—Penza, 2014.— 176 p.

Трибуна молодого ученого

УДК 664.769

ПРОГРАММА МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ЭКСТРУДАТА ОВСА В ЭКСТРУДЕРЕ С ВАКУУМНОЙ КАМЕРОЙ

Денисов А. О.

Для получения заданных свойств экструдата овса с помощью математического моделирования и платформы Microsoft.NET Framework на языке C# разработана прикладная программа, позволяющая осуществить расчет моделируемых свойств экструдата овса на основе начальных значений. Цель данного исследования – разработка прикладной программы для получения оперативной информации в части результатов моделируемых свойств экструдата овса (влажность экструдата, индекс расширения экструдатов) в экструдере с вакуумной камерой. С помощью разработанной прикладной программы можно быстро и с достаточной точностью получить расчетным путем численные значения влажности и индекса расширения экструдата овса.

Ключевые слова: *экструдат, растительное сырье, влажность, коэффициент расширения.*

Введение

Современная технология термопластической экструзии сырья растительного происхождения позволяет получать большой ассортимент полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов [1, 2]. При этом из всех известных видов макроструктур получаемых экструдатов, пористая структура представляет наибольший интерес, так как именно ее физические свойства (индекс расширения, набухаемость, водоудерживающую способность, растворимость, жиродерживающую способность) являются определяющими в процессе формирования показателей качества готовых пищевых продуктов [3, 4, 5].

В связи с тем, что в вакууме вода испаряется при температуре, которая существенно ниже температуры парообразования при атмосферном давлении, необходимая интенсивность декомпрессионного воздействия на экструдированное сырье может быть обеспечена за счет замены атмосферного давления, действующего на экструдат при выходе его из фильеры, на пониженное давление (вакуум) [6, 7].

Изучение реакции капиллярно-пористых экструдатов на среду с пониженным давлением воздуха показало, что один из возможных векторов развития пищевой термопластической экструзии связан с эффектом термовакuumного воздействия на экструдированное сырье после выхода его из фильеры матрицы экструдера [8, 9].

В условиях быстрого перехода экструдата из области высоких давлений в условия пониженного давления, происходит декомпрессионный взрыв: вода, находящаяся в продукте, переходит в парообразное состояние с выделением значитель-

ного количества энергии, что приводит к деструкции клеточных структур обрабатываемого сырья и вспучиванию получаемого продукта [10].

Цель данного исследования – разработка прикладной программы для получения оперативной информации в части результатов моделируемых свойств экструдата овса

Объекты и методы исследований

Прикладная программа была разработана с помощью платформы Microsoft.NET Framework на языке C#.

Результаты и их обсуждение

Математическая модель второго порядка, адекватно описывающая зависимость индекса расширения экструдатов (коэффициента взрыва) от исследуемых факторов, полученная в исследованиях [11–30], послужила основанием для разработки прикладной программы:

$$B = -0,9654 + 0,2823W - 0,0051W^2 + 0,2603d - 0,0291d^2 + 41,6415P - 247,1807P^2 \quad (1)$$

Для практического применения полученных моделей и зависимостей была разработана прикладная программа для операционной системы Windows (рис. 1). Программа написана на языке C# платформы Microsoft.NET Framework и скомпилирована в исполняемый файл.

Данная программа «Расчет свойств экструдата овса» позволяет рассчитать влажность экструдата овса согласно уравнениям с достаточно высоким

Рис. 1. Интерфейс программы расчета моделируемых влажности и индекса расширения экструдата овса:

а – ввод значения давления в вакуумной камере экструдера; б – вывод смоделированной влажности экструдата овса при влажности начального сырья 10, 14, 18 %; в – ввод значения влажности обрабатываемого зерна; г – ввод значения вакуума в вакуумной камере экструдера; д – ввод значения диаметра отверстия фильеры матрицы; е – вывод полученного значения индекса расширения экструдата.

Программа расчета влажности и индекса расширения экструдата овса

1 2 3 4 5 6

Расчет влажности экструдата овса

Давление в вакуумной камере экструдера (0,02 до 0,1), МПа: 0,03

РАСЧЕТ:

Влажность экструдата овса: при влажности начального сырья 10%: 4,703
при влажности начального сырья 14%: 5,696
при влажности начального сырья 18%: 6,265

РАСЧИТАТЬ

Расчет индекса расширения экструдата овса (согласно построенной модели)

Влажность обрабатываемого зерна (W, 10 до 18), %: 11

Значение вакуума в вакуумной камере (P, 0,02 до 0,06), МПа: 0,03

Диаметр отверстия фильеры матрицы (d, 4 до 8) мм: 5

РАСЧЕТ:

Индекс расширения экструдатов (коэффициента взрыва): 3,124

РАСЧИТАТЬ

Рис. 1. Интерфейс программы расчета моделируемых влажности и индекса расширения экструдата овса:
а – ввод значения давления в вакуумной камере экструдера; б – вывод смоделированной влажности экструдата овса при влажности начального сырья 10, 14, 18 %; в – ввод значения влажности обрабатываемого зерна; г – ввод значения вакуума в вакуумной камере экструдера; д – ввод значения диаметра отверстия фильеры матрицы; е – вывод полученного значения индекса расширения экструдата.

коэффициентом корреляции ($R=0,97$) по отношению к полученным экспериментальным значениям. При этом область ограничения математической модели принята для начальных значений давления в диапазоне от 0,02 до 0,1 МПа и влажности начального сырья 10–18%.

Расчет индекса расширения экструдата производится по математической модели (1) с коэффициентом детерминации $R^2=0,88$, что свидетельствует о наличии достаточно тесной функциональной зависимости между изучаемыми факторами и критерием качества экструдатов. Область ограничений факторов для этой модели: влажность обрабатываемого зерна 10–18%; значение вакуума в вакуумной камере экструдера 0,02–0,06 МПа и диаметр отверстия фильеры матрицы 4–8 мм.

В разработанной прикладной программе расчета свойств экструдата овса на основе математических моделей можно быстро получить значения моделируемой влажности экструдата овса получен-

ного в экструдере с вакуумной камерой. Для этого необходимо лишь ввести значение давления в вакуумной камере в поле ввода в диапазоне от 0,02 до 0,1 МПа.

Для расчета индекса расширения экструдата овса на основе математической модели необходимо ввести в три поля значения соответственно влажности обрабатываемого зерна (10–18%), вакуума в вакуумной камере экструдера (0,02–0,06 МПа), диаметр отверстия фильеры матрицы (4–8 мм).

Выводы

Прикладная программа расчета свойств экструдата овса позволяет рассчитать влажность и индекс расширения экструдата при использовании предлагаемого экструдера с вакуумной камерой с достаточно высокой достоверностью полученных значений.

Список литературы

- [1] Курочкин, А. А. Использование экструдированного ячменя в пивоварении / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков // Пиво и напитки. – 2006. – № 5. – С. 16–17.
- [2] Курочкин, А. А. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 79–83.
- [3] Курочкин, А. А. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья с заданной пористостью / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 06 (22). – С. 109–104.
- [4] Воронина, П. К. Полифункциональный композит с повышенным содержанием пищевых волокон / П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 65–71.
- [5] Курочкин, А. А. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 76–81.
- [6] Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 15–20.
- [7] Курочкин, А. А. Технология производства кормов на основе термовакuumной обработки отходов с/х производства / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4. – С. 36–40.
- [8] Курочкин, А. А. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4 (32). – С. 172–177.
- [9] Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Шабурова // Монография. – Пенза, 2015. – 182 с.
- [10] 10. Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, В. М. Зимняков, А. Л. Мишанин, В. В. Новиков, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов. – Пенза, 2015. – 181 с.
- [11] Курочкин, А. А. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Нива Поволжья. – 2014. – № 1 (30). – С. 30–35.
- [12] Курочкин, А. А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской ГСХА. – 2014. – № 4. – С. 70–74.
- [13] Ларюшин, Н. П. Уборка без задержек / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов // Сельский механизатор. – 2007. – № 7. – С. 48–49.
- [14] Ларюшин, А. М. Совершенствование технологии уборки лука / А. М. Ларюшин, Н. П. Ларюшин, Д. И. Фролов // Труды Международного Форума по проблемам науки, техники и образования. – М.: Академия наук о Земле, 2007. – С. 17–18.
- [15] Фролов, Д. И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 18–23.
- [16] Фролов, Д. И. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской ГСХА. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
- [17] Фролов, Д. И. Обоснование рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, С. В. Чекайкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та. – 2014. – № 06(22). – С. 159–162.
- [18] Фролов, Д. И. Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 1 (02). – С. 29–34.
- [19] Фролов Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
- [20] Ларюшин Н. П., Сущёв С. А., Фролов Д. И., Ларюшин А. М. Ботвоудаляющая машина // Патент России № 2339208. – 2008. Бюл. № 33.

- [21] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха/Д. И. Фролов//Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). С. 30–35.
- [22] Фролов, Д. И. Повышение питательности экструдированных кормов для животных / Д. И. Фролов, В. А. Никишин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 7. № 4. С. 98–101.
- [23] Авроров, В. А. Теоретическое исследование условий движения обрабатываемого материала в одношнековом экструдере с модернизированной матрицей / В. А. Авроров, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина, В. В. Ловцева // Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: Достижения, проблемы, перспективы: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. – С. 3–8.
- [24] Пат. 2579488 Российская Федерация, МПК А 21 D8/02. Способ производства хлебобулочных изделий / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, Н. Н. Шматкова. – 2014146596/13; заявл. 19.11.2014; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 10.
- [25] Коновалов, В. В. Методология проектирования смесителей-увлажнителей сыпучих пищевых продуктов / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та. – 2014. – № 06(22). – С. 190–197.
- [26] Фролов, Д. И. Информатизация процесса экструдирования овса с помощью программы расчета индекса расширения экструдата / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции / под общ. ред. М. П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2016. – С. 253–255.
- [27] Курочкин, А. А. Применение компьютерных средств разработки программ для автоматизации расчета индекса расширения экструдата овса / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 300–302.
- [28] Фролов, Д. И. Анализ рабочего органа машины с применением современной системы автоматизации инженерных расчётов / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 314–316.
- [29] Курочкин, А. А. Научно-технологическое обоснование энергоэффективной технологии экструдирования сельскохозяйственного сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова / редкол.: Сенин П. В. [и др.]. – Саранск: 2016. – С. 338–344.
- [30] Курочкин, А. А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42. – № 3. – С. 104–111.

SIMULATION PROGRAM PROPERTIES EXTRUDATE OATS IN AN EXTRUDER WITH A VACUUM CHAMBER

Denisov A. O.

To obtain the desired properties of oats extruded using mathematical modeling and Microsoft. NET Framework platform in C # developed an application that allows you to carry out simulated calculation of properties of oats extrudate based on the initial values. The purpose of this study - the development of an application to obtain timely information regarding the results of the simulated properties of extruded oats (moisture extrudate expansion index extrudates) in an extruder with a vacuum chamber. With the help of the developed application can be quickly and with sufficient accuracy to obtain numerical values calculated by the humidity index and the expansion of the extrudate oats.

Keywords: *extrudate, vegetable raw materials, moisture expansion coefficient.*

References

- [1] Kurochkin, A. A. The use of extruded barley in brewing / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov // Beer and drinks. – 2006. – No. 5. – P. 16–17.

- [2] Kurochkin, A. A. Prospects for the use of extruded buckwheat in brewing and bread baking / G. V. Shaburova, P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2014. – No. 4. – P. 79–83.
- [3] Kurochkin, A. A. Production of extrudates starchy grain with a given porosity / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov // XXI century: the past and challenges of the present plus. – 2014. – № 06 (22). – P. 109–104.
- [4] Voronina, P. K. Multifunctional composite with a high content of dietary fiber / P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2015. – No. 4. – P. 65–71.
- [5] Kurochkin, A. A. Multicomponent extrudate on the basis of wheat and Thistle seed / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2015. – No. 4. – P. 76–81.
- [6] Kurochkin, A. A. The theoretical justification of the thermal effect in the working process of the upgraded extruder / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, I. D. Frolov, P. K. Voronina // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2015. – No. 3. – P. 15–20.
- [7] Kurochkin, A. A. The technology of feed production on the basis of thermal waste treatment/agricultural production / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Innovative machinery and technology. – 2014. – No. 4. – S. 36–40.
- [8] Kurochkin, A. A. Determination of main parameters of the upgraded vacuum chamber of the extruder / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, P. K. Voronina // Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy. – 2015. – № 4 (32). – P. 172–177.
- [9] Kurochkin, A. A. the Theoretical rationale for the use of the extruded raw materials in food technologies / A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, G. V. Shaburova // Monograph. – Penza, 2015. – 182 p.
- [10] Scientific support for current trends in the development of the edible thermoplastic extrusion / A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, V. M. Zimnyakov, Mishanin A. L., V. V. Novikov, G. V. Shaburova, D. I. Frolov. – Penza, 2015. – 181 p.
- [11] Kurochkin, A. A. Modeling of the process of obtaining extrudates on the basis of a new technological solution / A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina // Niva Povolzhya. – 2014. – № 1 (30). – PP. 30–35.
- [12] Kurochkin, A. A. the extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids / A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2014. – № 4. – PP. 70–74.
- [13] Laryushin, N. P. Cleaning without delays / N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov // Rural machine operator. – 2007. – No. 7. – Pp. 48–49.
- [14] Laryushin, A. M. improving the technology of harvesting onions / A. M. Laryushin, N. P. Laryushin, D. I. Frolov // Proceedings of International Forum on problems of science, technology and education. – M.: Academy of Earth Sciences, 2007. – Pp. 17–18.
- [15] Frolov, D. I. a study of the optimal frequency of rotation of the working body batouala machine / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2013. – No. 3. – PP. 18–23.
- [16] Frolov, D. I. modeling of the process of removing the tops of onion working on batouala machine / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2014. – № 3. – PP 29–33.
- [17] Frolov, D. I. Substantiation of rational parameters of batouala machine for sowing Luke / D. I. Frolov, S. V. Chekalkin // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus: a scientific Periodical. – Penza: Publishing house Penz. GOS. tekhnol. University. – 2014. – № 06(22). – Pp. 159–162.
- [18] Frolov, D. I.: Theoretical description of the process of explosive evaporation of water in the extruder with vacuum chamber/, D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, P. K. Voronina // Innovative technology. – 2015. – № 1 (02). PP. 29–34.
- [19] Frolov D. I. Determination of the optimal parameters batouala machine for sowing Luke / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy. – 2015. – № 1 (29). – P. 120–126.
- [20] Laryushin N. P. Sushchev, A. S., Frolov D. I., Laryushin A. M. Batouala machine // Patent of Russia № 2339208. – 2008. Bull. No. 33.
- [21] Frolov, D. I. Analysis of work botopasie working on optimizing the air flow inside the casing / D. I. Frolov // Innovative technology. – 2014. – № 4 (01). PP. 30–35.
- [22] Frolov, D. I. improving the nutritional value of the extruded animal feeds / D. I. Frolov, V. A. Nikishin // Collection of scientific works Sworld. 2014. Vol. 7. No. 4. PP. 98–101.
- [23] Avrorov, V. A. Theoretical study of the conditions of movement of the processed material in a single screw extruder with the upgraded matrix / V. A. Avrorov, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, P. K. Voronina, V. V. Lovchev // Food industry and agriculture: Achievements, problems, prospects: collection of articles VIII International scientific-practical conference. – Penza: Privolzhsky House of knowledge, 2014. – P. 3–8.

- [24] Pat. 2579488 Russian Federation, IPC A 21 D8/02. Method of production of bakery products / G. V. shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkova.– 2014146596/13; Appl. 19.11.2014; publ. 10.04.2016, bull. No. 10.
- [25] Konovalov, V. V. design Methodology of mixers, moisturizers loose food products / V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus: a scientific Periodical.–Penza: Publishing house Penz. GOS. tekhnol. University.– 2014.– № 06(22).–PP. 190–197.
- [26] Frolov, D.I. Informatization of process of extruding of oats with the help of the program to calculate the expansion index of the extrudate / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin // Food innovation and biotechnology: materials of IV International scientific conference / under the General editorship of M. P. Kirsanova; FGBOU VO «Kemerovo technological Institute of food industry (University)».–Kemerovo, 2016. PP. 253–255.
- [27] Kurochkin, A. A. the Use of computer program development tools to automate the calculation of the index of expansion of the extrudate of oats /A. A. Kurochkin, D.I. Frolov // Informational technologies in economical and technical problems: Collection of scientific works of the International scientific–practical conference.– Penza, 2016.–P. 300–302.
- [28] Frolov, D.I. Analysis of the working body of the machine with the use of modern systems of automation of engineering calculations / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin // Informational technologies in economical and technical problems: Collection of scientific works of International scientific–practical conference.–Penza, 2016.–P. 314–316.
- [29] Kurochkin, A.A. Scientific-technological rationale energy efficiency technologies the extrusion of agricultural raw materials / A.A. Kurochkin, G. V. shaburova, P.K. Voronina, D.I. Frolov // energy-saving technologies and systems: collection of scientific works of international scientific-practical conference dedicated to the memory of doctor of technical Sciences, Professor F.H. Burumkulova / redkol.: Senin P.V. [et al.]–Saransk: 2016.–PP. 338–344.
- [30] Kurochkin, A. A. the extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and dietary fibers / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G. V. shaburova, D.I. Frolov // Equipment and technology of food production.– 2016.–Vol. 42.–No. 3.–PP. 104–111.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ОВСА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КВАСА

Курмаева Л. И.

Рассмотрена целесообразность применения экструдата овса в производстве кваса, с целью создания функциональных напитков брожения. Исследованы основные технологические параметры сбраживания квасного сусла на основе экструдата овса.

Ключевые слова: овес, экструдат овса, квас, функциональные напитки брожения.

Введение

Создание пищевых продуктов обладающих функциональными свойствами для ликвидации дефицита тех или иных компонентов в питании является одной из актуальных проблем пищевой промышленности Российской Федерации. В производстве напитков брожения в последнее время отмечается устойчивая тенденция использования нетрадиционного сырья с целью расширения производства напитков функционального и лечебно-профилактического назначения. Одной из перспективных технологий, обеспечивающих существенную интенсификацию производственных процессов, является применение в производстве напитков брожения зерновых экструдатов [1–5].

Основным зерновым сырьем, используемом в производстве кваса, являются ржаной и ячменный солод, в качестве несоложенных компонентов зачастую применяют ржаную муку и в меньшей степени ячменную, пшеничную и кукурузную. Несмотря на то, что использование овса в производстве пищевых продуктов, в частности в напитках, позволяет не только повысить их пищевую ценность, но и придает им функциональные признаки, в настоящее время не наблюдается случаев широкого применения овса в индустрии напитков.

В последние годы значительно повышен интерес исследователей к процессу термопластической экструзии, как способу повышения функционально-технологических свойств зерновых культур с помощью термического воздействия в различных отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности [6–10, 14, 15].

Целью исследований является разработка технологии производства кваса с применением экструдированного овса.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являются: экструдированный овес, полученный по специальной технологии, готовый квас. Физико-химические показатели квасного сусла и кваса определяли с помощью общепринятых методов.

В работе использованы общепринятые, стан-

дартные и специальные методы исследований показателей качества сырья и готовых напитков.

В соответствии с поставленной целью определены основные задачи исследования:

- обоснование применения экструдированного овса в технологии производства кваса;
- исследование функционально-технологических свойств сырья;
- определение влияния измельченного экструдированного зерна овса на органолептические и физико-химические показатели качества кваса.

Результаты и их обсуждение

Известно, что пищевые продукты с применением овса и продуктов его переработки обладают лечебно-профилактическими свойствами.

Овес и продукты его переработки характеризуются наличием легкоусвояемых белков (13–14 %), жиров (5–6 %), крахмала (36–38 %), богаты витамином В1 (тиамином), соединениями железа, кальция, фосфора, а также высоким содержанием нерастворимой и растворимой клетчатки [11, 12].

В процессе экструзии крахмал, содержащийся в зерне овса, претерпевает значительные изменения. В результате экструзионной обработки создаются условия для его декстринизации. В связи с этим, большие перспективы имеет использование измельченного целого экструдированного зерна овса с целью повышения пищевой ценности напитков брожения.

За счет хорошей сбалансированности аминокислот, овес имеет лучшие диетические свойства по сравнению с другими злаковыми культурами. Аминокислотный состав овса отличается повышенным содержанием аргинина и лизина, который является незаменимой аминокислотой. Благодаря лизину происходит восстановление тканей и формирование коллагена. Аминокислотный состав белков зерна овса представлен на рисунке 1 [13].

Благодаря такому аминокислотному составу овса, актуальным является разработка функциональных напитков на его основе.

При производстве кваса применяли экструдат овса в количестве 7% к массе концентрата квасного сусла. Для производства контрольного образца ис-

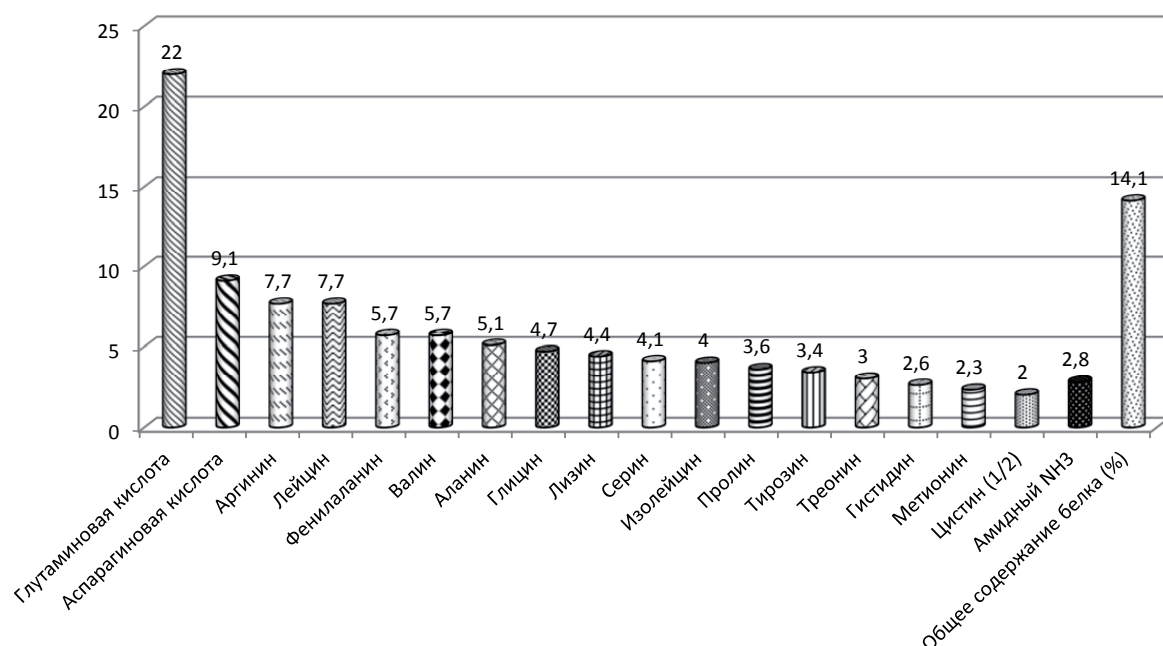


Рис. 1. Содержание аминокислот в зерне овса

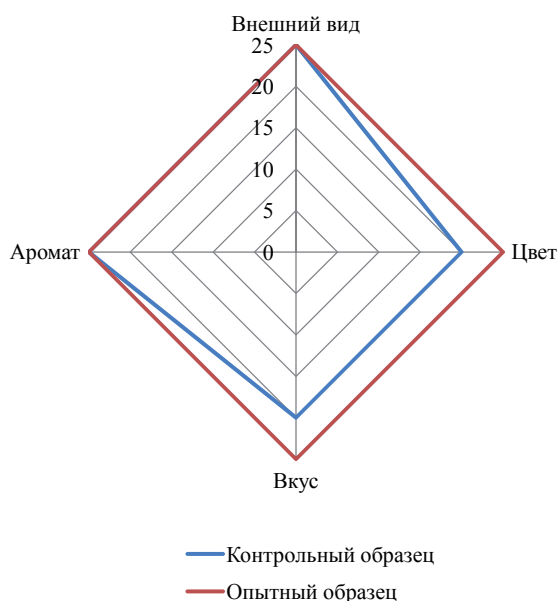


Рис. 2. Балловая оценка органолептических показателей образцов кваса

пользовали концентрат квасного сусла без внесения экструдированного зерна овса.

Брожение квасного сусла осуществляли при температуре 28–29°C до снижения начальной концентрации СВ на 1 % по рефрактометру.

В последующие 10 ч отмечали активацию процесса сбраживания. Установлено, что более интенсивное снижение содержания сухих веществ отмечали в опытном образце по сравнению с контролем. Одной из причин быстрого сбраживания в квасном сусле с применением экструдированного овса является большое содержание простых сахаров в экстракте.

В полученных напитках были определены физико-химические показатели. Результаты представлены в таблице 1.

Анализ органолептических показателей кваса проводили по 25-балльной оценке. Результаты представлены на рис. 2.

По органолептическим показателям полученные образцы кваса соответствовали требованиям ГОСТ 31494-2012. Квас отличался гармоничным сладковатым вкусом и характерным ароматом сброженного напитка.

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества кваса

Показатели	Контрольный образец	Опытный образец
Массовая доля сухих веществ, %	5,7	6
Кислотность, к. ед.	3,8	3,8
Объемная доля этилового спирта, %	1,1	1,1
Экстрактивность начального сусла, %	12,5	11,6
Незаменимые аминокислоты, мг/100 см ³	1080	3860
Заменимые аминокислоты, мг/100 см ³	2260	7455

Стойкость образцов кваса составила 7 суток.

На основании органолептической оценки можно сделать вывод, что полученные образцы кваса обладают гармоничным вкусом с характерным ароматом.

Выводы

На основании проведенного эксперимента была разработана технология и рецептура кваса с экструдатом овса, напитка, который может составить конкуренцию слабоалкогольным напиткам.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что сусло на основе экструдированного овса

является благоприятной средой для жизнедеятельности дрожжей, о чём свидетельствует меньшая продолжительность сбраживания квасного сусла по сравнению с классической технологией.

Установлено положительное воздействие экструдата овса на качество готового напитка. Внесение экструдата благоприятно отразилось на органолептических показателях кваса.

Применение экструдата овса в технологии производства кваса позволит расширить ассортимент напитков брожения функционального назначения при сохранении высокого качества и потребительских свойств.

Список литературы

- [1] Патент 2412986 Российская Федерация: МПК C12 C 12/00. Способ производства пива /Г.В. Шабурова, Е.В. Тюрина, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, А.Б. Терентьев; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия». – № 2008149378/10; заявл. 15.12.2008; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6. – 5 с.
- [2] Патент 2460315 Российская Федерация МПК7 A23L1/00. Способ производства экструдатов / заявители: Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Авроров, П.А. Ерушов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенская ГТА. – № 2011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25. – 6 с.
- [3] Воронина, П.К. Зерновые экструдаты в пищевой промышленности //Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сб. мат. Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию ФГБОУ ВПО Пензенской ГСХА. – Пенза, 2011. – Т. II. – С. 41–42.
- [4] Воронина, П.К. Экструдат ячменя в производстве пива // Пищевые продукты и здоровье человека: сборник статей. – Кемерово, 2012. – С. 116–117.
- [5] Воронина, П.К. Разработка технологии специального пива с использованием экструдата ячменя/П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова //Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы: сборник статей. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2012. – С. 32–34.
- [6] Воронина, П.К. Практические перспективы термопластической экструзии в технологии напитков /П.К. Воронина //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6 (22). – С. 85–88.
- [7] Воронина П.К. Формирование качества пива в процессе сбраживания пивного сусла с использованием экструдата ячменя /П.К. Воронина, А.А. Курочкин //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 100–103.
- [8] Шабурова, Г.В. Использование экструдированного ячменя в пивоварении/ Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, В.В. Новиков //Пиво и напитки. 2006. – № 5. – С. 16–17.
- [9] Воронина, П.К. Разработка технологии и товароведная характеристика пива с экструдатом ячменя/ П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. – № 4. – С. 108–113.
- [10] Курочкин, А.А. Трансформация углеводного комплекса экструдированного ячменя /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Е.В. Тюрина //Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания. –Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. –Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. –С. 46–48.
- [11] Шабурова, Г.В. Экструдированный овес как сырье для обогащения хлеба/ Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Н.Н. Шматкова//Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы: сборник статей. –Пенза: Приволжский дом знаний, 2014. – С. 97–101.
- [12] Курочкин А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов/А. А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова. –Пенза, 2015. – 182 с.
- [13] Браун, Р.А. Использование овса в зерновых напитках брожения/ Р.А. Браун, Ю.Ю. Миллер, Ю.В. Гребенникова //Пищевые инновации и биотехнологии: сборник статей. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2015. –С. 36–38.

- [14] Шабурова, Г.В. Белковый комплекс экструдированного ячменя /Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, В.П. Чистяков, В.В. Новиков // Пиво и напитки.– 2007.– № 3.–С. 12.
- [15] Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, В.М. Зимняков, А.Л. Мишанин, В.В. Новиков, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов.–Пенза, 2015.– 181 с.

PROSPECTS OF APPLICATION OF EXTRUDED OAT KVASS PRODUCTION TECHNOLOGY

Kurmaeva L. I.

The feasibility of application of extruded articles oats in manufacture kvass in order to create functional beverage fermentation. Researched the basic technological parameters of kvass wort fermentation based on extruded articles oats.

Keywords: *oat, oat, kvass, the extruded product functional beverage fermentation.*

References

- [1] Patent 2412986 Russian Federation: IPC C1212/00. Method of beer production /G. V Shaburova, E. V. Tyurina, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, A.B. Terent'ev; applicant and patentee of the GOU VPO «Penza state technological Academy». No 2008149378/10; Appl. 15.12.2008; publ. 27.02.2011, bull. No. 6.– 5 p.
- [2] Patent 2460315 The Russian Federation, IPC7 A23L1/00. Method for the production of extrudates / applicants: G. V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G. V. Avrorov, P.A. Urusov; patentee GOU VPO Penza GTA. No. 2011107960; Appl. 01.03.2011; publ. 10.09.2011, bull. No. 25.– 6 p.
- [3] Voronina, P.K. Cereal extrusion products in food industry//The contributions of young scientists in the innovative development of agroindustrial complex of Russia. mat. All-Russian scientific-practical Conference, devoted to the 60 anniversary of RUSSIAN HPE Penza ACADEMY.–Penza, 2011.–Т. II.– 41–42 p.
- [4] Voronina, P.K. Extrudat barley in production beer// Foods and health men: a collection of articles.– Kemerovo, 2012.– 116–117 pp.
- [5] Voronina, P.K. Development of technology of special beer by using extruded articles barley/ P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova// Food industry and agriculture: achievements, problems and prospects: a collection of articles.–Penza: Privolzhsky house knowledge, 2012.– 32–34 pp.
- [6] Voronina, P.K. Practical Perspectives thermoplastic extrusion technology drinks / P.K. Voronina //XXI century: the results of past and present problems plus.– 2014.–No. 6 (22).–P. 85–88.
- [7] Voronina P.K. Formation of the quality of beer in the process of fermentation of wort with the use of the extrudate barley/ P.K. Voronina, A.A. Kurochkin //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2012.–No. 4.–P. 100–103.
- [8] Kurochkin, A.A. Using extruded barley in brewing /A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov // Beer and soft drinks.– 2006.– № 5.–P. 16–17.
- [9] Voronina, P.K. Development of technology and commodity research characteristics of beer with the extrudate barley /P. K. Voronina // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2013.–No. 4.–P. 108–113.
- [10] Kurochkin, A.A. The Transformation of complex carbohydrate extruded barley /A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova, P.K. Voronina, E. V. Tyurina //Current state and prospects of development of food industry and public catering.–Proceedings of the III all-Russian scientific-practical conference with international participation.–Chelyabinsk: Publishing center SUSU, 2010.–P. 46–48.
- [11] Shaburova, G. V. Extruded oat as raw material for enrichment of bread/ G. V. Shaburova. P.K. Voronina, N.N. Shmatkova// Food industry and agriculture: achievements, problems, perspectives: a collection of articles.–Penza: Privolzhsky house knowledge, 2014.– 97–101 pp.
- [12] Kurochkin, A.A. The theoretical rationale for the use of the extruded raw material in food technology / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G. V. Shaburova // Monograph, 2015.– 182 p.
- [13] Brown, R.A. The use of oats in cereal beverage fermentation/ R.A. Brown, Y.Y. Miller, Y.V. Grebennikova// Food innovation and biotechnology: a collection of articles.–Kemerovo, 2015.– 36–38 pp.
- [14] Shaburova, G. V. Protein complex extruded barley/Shaburova G.V., Kurochkin A.A., V.P. Chistyakov, V. V. Novikov//Beer and soft drinks.– 2007.–No. 3.–P. 12.
- [15] Scientific support for current trends in the development of the edible thermoplastic extrusion /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, V.M. Zimnyakov, A. L. Mishanin., V. V. Novikov, G. V. Shaburova, D. I. Frolov.– Penza, 2015.– 181 p.

ИНФОРМАЦИЯ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Гусакова, Г. С. Использование грушевой выжимки в производстве пищевых продуктов / Г. С. Гусакова, С. Н. Евстафьев // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 5–11.

Буланов, Э. А. Оптимизация планировочных решений производственных помещений предприятий общественного питания / Э. А. Буланов, А. А. Курочкин, С. В. Чекайкин // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 12–17.

Фролов, Д. И. Оптимизация смесей с сбалансированным биохимическим составом и возможностями для их экструзии / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 18–26.

Курочкин, А. А. Функциональный пищевой композит из смеси зерна пшеницы и семян льна / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 27–33.

Шабурова, Г. В. Перспективные технические и технологические решения в производстве кваса / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Л. И. Курмаева // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 34–40.

Гусакова Галина Семеновна

канд. с.-х. наук., доцент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074 Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
Тел. 89500647028
E-mail: gusakova58@mail.ru

Galina S. Gusakova

cand. agr. sciences., associated professor,
Irkutsk national research technical university
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074 Russia

Phone: 89501441452
E-mail: gusakova58@mail.ru

Евстафьев Сергей Николаевич

д-р хим. наук, профессор,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074 Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
Тел. 89500647028
E-mail: esn@istu.edu

Sergei N. Evstaf'ev

doctor of chemistry sciences, professor,
Irkutsk national research technical university
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074 Russia

Phone: 89501441452
E-mail: esn@istu.edu

Буланов Эдуард Александрович

д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологии
продуктов питания и экспертизы товаров», ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет технологий
и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»
109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, тел.
8-495-640-54-36.
Тел. 8(499)252-66-35
E-mail: b1u237@mail.ru

Bulanov Eduard Aleksandrovich

doctor of technical sciences, professor of chair «Food
technology and examination of products»,
Moscow State University of Technology and Management
named after K.G. Razumovsky (the First Cossacs
University)
73, Zemlyanoy val, Moscow, 109004, Russia.
Phone: 8(499)252-66-35
E-mail: b1u237@mail.ru

Курочкин Анатолий Алексеевич

д-р техн. наук, профессор кафедры «Пищевые
производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный
технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-54-41
E-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Kurochkin Anatoliy Alekseevich

doctor of technical sciences, professor of chair «Food
productions»
Penza State Technological University
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039,
Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-54-41
E-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Чекайкин Сергей Васильевич

канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление качеством»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-56-99
E-mail: cheksv@mail.ru

Chekaikin Sergei Vasil'evich

cand. technical sciences, associate professor of chair «Quality control»
Penza State Technological University
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039, Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-56-99
E-mail: cheksv@mail.ru

Фролов Дмитрий Иванович

канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-54-41
E-mail: surr@bk.ru

Frolov Dmitriy Ivanovich

cand. technical sciences, associate professor of chair «Food productions»
Penza State Technological University
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039, Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-54-41
E-mail: surr@bk.ru

Шабурова Галина Васильевна

канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-56-99
E-mail: shaburovs@mail.ru

Shaburova Galina Vasilevna

cand. technical sciences, associate professor of chair «Food productions»
Penza State Technological University
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039, Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-56-99
E-mail: shaburovs@mail.ru

Воронина Полина Константиновна

канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-54-41
E-mail: worolina89@mail.ru

Voronina Polina Konstantinovna

cand. technical sciences, senior lecturer of chair «Food productions»
Penza State Technological University
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039, Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-54-41
E-mail: worolina89@mail.ru

Курмаева Л.И.

магистрант кафедры «Пищевые производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-54-41
E-mail: kurmaevali@yandex.ru

Kurmaeva L.I.

undergraduate of chair «Food productions»
Penza State Technological University
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039, Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-54-41
E-mail: kurmaevali@yandex.ru

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Курдюмов, В. И. Обоснование диаметра прикатывающих колец почвообрабатывающего катка гребневой сеялки / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, Л. Н. Хайбуллина // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 41–45.

Аткешев, О. А. Пути совершенствования управления процессом доения животных / О. А. Аткешев, В. И. Доровских // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 46–49.

Фомина, М. В. Моделирование мощности вертикального лопастного смесителя на основе статистических выражений / М. В. Фомина, В. В. Коновалов, А. В. Чупшев, В. П. Терюшков // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 50–56.

Коновалов, В. В. Моделирование изменения качества смеси лопастного смесителя на основе технологических параметров / В. В. Коновалов, А. В. Чупшев, М. В. Фомина // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 57–66.

Курдюмов Владимир Иванович

д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА
432017, Россия, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1
Тел.: 8(8422)55-95-95,
E-mail: vik@ugsha.ru

Kurdyumov Vladimir Ivanovich

doctor of technical sciences, professor
FSBEI HE Ulyanovsk state agricultural Academy
432017, Russia, Ulyanovsk, Parkway a New ring, house 1
Phone: 8(8422)55-95-95,
E-mail: vik@ugsha.ru

Зыкин Евгений Сергеевич

канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА
432017, Россия, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1
Тел.: 8(8422)55-95-95,
E-mail: evg-zykin@yandex.ru

Zykin Evgeniy Sergeevich

cand. technical sciences, associate professor
FSBEI HE Ulyanovsk state agricultural Academy
432017, Russia, Ulyanovsk, Parkway a New ring, house 1
Phone: 8(8422)55-95-95,
E-mail: evg-zykin@yandex.ru

Хайбуллина Лилия Нурисламовна

магистрант
ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА
432017, Россия, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1
Тел.: 8(8422)55-95-95,
E-mail: lili17051994@mail.ru

Khaybullina Liliya Nurislamovna

undergraduate
FSBEI HE Ulyanovsk state agricultural Academy
432017, Russia, Ulyanovsk, Parkway a New ring, house 1
Phone: 8(8422)55-95-95,
E-mail: lili17051994@mail.ru

Аткешов Оспан Айболатович

магистр агроинженерии
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана (г. Уральск, РП Казахстан).
Тел.:
E-mail: gnuvniitin@mail.ru

Ospan Atkeson Aibulatov

master in agroengineering
West Kazakhstan agrarian-technical University. Zhangir Khan (Uralsk, Kazakhstan RP).
Phone:
E-mail: gnuvniitin@mail.ru

Доровских Владимир Иванович

канд. техн. наук, заведующий лабораторией управления качеством технологических процессов в животноводстве ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов
Тел/факс:
E-mail: dorovskih50@mail.ru

Dorovskikh Vladimir Ivanovich

cand. technical sciences, head of laboratory of quality control of technological processes in animal husbandry, FEDERAL state scientific institution «all-Russian research Institute for using machinery and oil products in agriculture», Tambov
Phone/Fax:
E-mail: dorovskih50@mail.ru

Фомина Мария Владимировна

аспирант кафедры «Технический сервис машин» ФГБОУ ВО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», 440014 Пензенская область, г. Пенза, ул. Кордон Студеный, д. 25А.
Тел/факс: 89273700440
E-mail: topstar11@mail.ru

Maria Vladimirovna Fomina

post graduate student of the department «Technical service of cars», Penza State Agricultural Academy 440014 Penza region, Penza, st. Cordon-Studeni, d. 25A.
Phone/Fax: 89273700440
E-mail: topstar11@mail.ru

Коновалов Владимир Викторович

д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-54-41
E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

Vladimir Konovalov

doctor of technical sciences, professor of chair «Mechanical Engineering» Penza State Technological University 1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039, Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-54-41
E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

Терюшков Вячеслав Петрович

канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис машин»
ФГБОУ ВО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»,
440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30
Тел/факс: 8 (8412) 62 83-54
E-mail: tvp141@mail.ru

Vyacheslav Teryushkov

cand. technical sciences, associate professor of Department.
«Technical service of machines»
Penza State Agricultural Academy

440014, Russian Federation, Penza, ul. Botanical, 30
Phone/Fax: 8 (8412) 62 83-54
E-mail: tvp141@mail.ru

Чупшев Алексей Владимирович

канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис машин»
ФГБОУ ВО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»,
440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30
Тел/факс: 8 (8412) 62 83-54
E-mail: chupshevav@mail.ru

Alexey Chupshev

cand. technical sciences, associate professor of Department.
«Technical service of machines»
Penza State Agricultural Academy

440014, Russian Federation, Penza, ul. Botanical, 30
Phone/Fax: 8 (8412) 62 83-54
E-mail: chupshevav@mail.ru

Трибуна молодого ученого

Денисов, А. О. Программа моделирования свойств экструдата овса в экструдере с вакуумной камерой / А. О. Денисов // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 67–72.

Курмаева Л. И. Перспективы применения экструдированного овса в технологии производства кваса / Л. И. Курмаева // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3 (08). – С. 73–76.

Денисов А.О.

магистрант кафедры «Пищевые производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-54-41
E-mail: adenisov93@yandex.ru

Denisov A. O.

master student «Food productions»
Penza State Technological University
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039,
Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-54-41
E-mail: adenisov93@yandex.ru

Курмаева Л.И.

магистрант кафедры «Пищевые производства»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-54-41
E-mail: kurmaevali@yandex.ru

Kurmaeva L.I.

master student «Food productions»
Penza State Technological University
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039,
Russia
Phone/Fax: +7 (8412) 49-54-41
E-mail: kurmaevali@yandex.ru

ПОРЯДОК РАССМОТРЕНИЯ, УТВЕРЖДЕНИЯ И ОТКЛОНЕНИЯ СТАТЕЙ

В научно-теоретическом и практическом журнале «Инновационная техника и технология» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Инновационная техника и технология», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлекцией в целом.

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Научно-теоретический и практический журнал «Инновационная техника и технология» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–10 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку.

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.

3. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовки набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

4. Аннотация (не более 800 печатных знаков). Отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований.

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

«Введение» – часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитируемую литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом

порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

«Объекты и методы исследований»:

- для описания экспериментальных работ—часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

- для описания теоретических исследований—часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

«Результаты и их обсуждение»—часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования.

«Выводы» В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал—одинарный, поля—2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул (использовать английский алфавит) Equation (MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские—курсивом (Italic), русские и греческие—прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические—10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.png, *.jpg или *.tiff. Подписуемая подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph и **вставлять картинкой**. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения—полужирным шрифтом.

7. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

8. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс, тел., e-mail (организации).

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

а) заглавие статьи; б) инициалы и фамилии авторов; в) текст аннотации; г) ключевые слова (key words); д) название учреждения (с указанием почтового адреса, тел., e-mail).

В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2007–2013. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора—ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) **приложить графики и рисунки в формате графических файлов *.png, *.jpg или *.tiff; таблицы в формате excel.**

3) **сведения об авторах (на русском и английском языках):** фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, домашний адрес, электронная почта, дата рождения. Звездочкой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора—ПетровГП_Анкета.doc;

5) **рецензия на статью**, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В БАЗУ ДАННЫХ AGRIS СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ИНФОРМАЦИЮ:

1. Сведения об авторах: (ФИО всех авторов на русс. и англ яз, полное название организации – место работы авторов, адрес эл. почты, должность, ученая степень).

2. Название статьи (на русском и английском языках);

3. Реферат (на русском и английском языках) 200- 250 слов;

Не следует начинать реферат с повторения названия статьи! Необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. Не допускаются разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов! Необходимо представлять сведения об объектах исследования. Следить, чтобы в тексте не было повторов и вводных оборотов типа «На основании проведенных исследований можно сказать» (вполне достаточно «установлено» или «сделан вывод»). Все числительные – цифрами.

4. Ключевые слова (на русском и английском языках);

Термины Agrovoc это ключевые слова к Вашей статье, используемые в системе цитирования Agris. Они вводятся на английском языке, и чаще всего совпадают с ключевыми словами Вашей статьи. Для проверки соответствия ключевого слова термину Agrovoc, введите его в поисковой строке сайта Agrovoc. Если термин найден, добавьте его в соответствующее поле формы отправки статьи, если же ключевое слово отсутствует среди терминов Agrovoc, то попробуйте подобрать максимально близкий по смыслу синоним. При отправке статьи используйте минимум 2 и максимум 15 терминов Agrovoc.

Сервис поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбирать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитерированном списке литературы должно совпадать с транслитерированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитерированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием.

Порядок преобразования ссылки

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (// и -), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [Sector of law and sector of legislation], *Pravo i politika*, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

Baitin M. I, Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), *Pravo i politika*, 2004, **No. 1**, pp. **9-30**.

Примеры оформления списка литературы в латинице

Описание статьи из журнала:

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. *Agricultural Commodities Storage and Processing*, 2002, no. 9, pp. 46–49.

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer- Mediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

Описание статьи с DOI:

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of *Lactobacillus bulgaricus*. *Food and Raw Materials*, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. *Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem»* [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

Описание книги (монографии, сборники):

Berezov T.V., Korovin B.F. Bioorganicheskaya khimiya [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Описание Интернет-ресурса:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Semenov V.I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

Описание ГОСТа:

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

Описание патента:

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

№ 3 (08) / 2016

Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии «КОПИ-РИЗО»

Пенза, ул. Московская, 74, к. 211. Тел. 56-25-09.

e-mail: tipograf_popovamg@inbox.ru

Сдано в производство 10.10.2016. Формат 60X84/8

Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.

Усл. печ. л. 9,88. Уч. изд. л. 9,88. Заказ № 948. Тираж 100 экз.