

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 условия 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;

V₆ – 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 R²=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

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

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

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

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

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

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-

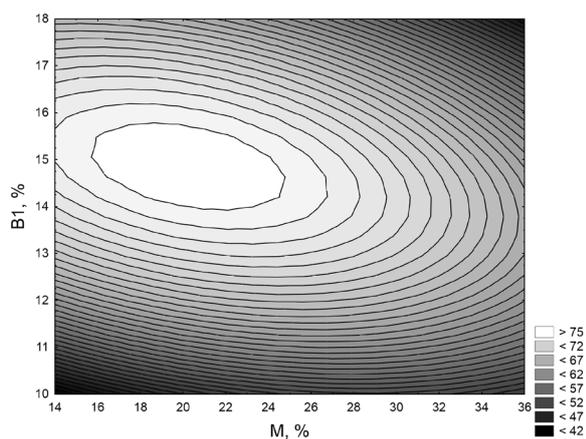


Рис. 1. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания в экструдированной смеси семян льна (M) и массовой доли влаги в зерне пшеницы (B1)

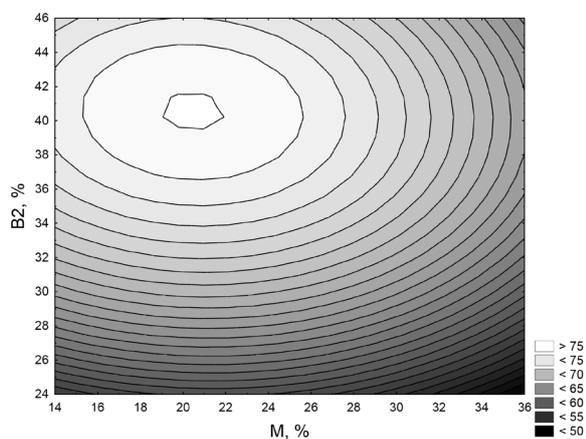


Рис. 2. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания в экструдированной смеси семян льна (M) и массовой доли влаги в них (B2)

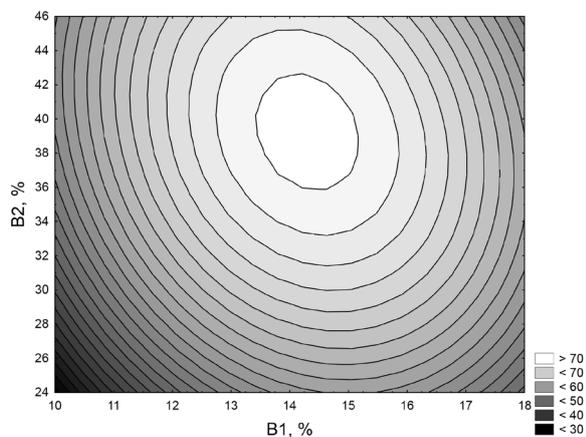


Рис. 3. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (POR) от содержания массовой доли влаги в зерне пшеницы (B1) и семенах льна (B2)

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 находиться 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. дисл. ...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 А23L1/00. 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 В29С47/12. 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.