

УДК 641+664.95

Возможности производства нового экструдированного продукта*Д-р техн. наук* **Е.И. Верболоз**, elenaverboloz@mail.ru*Канд. техн. наук* **А.Н. Пальчиков**, palchikov_anatoliy@mail.ru**О.И. Аксенова**, oks280491@yandex.ru, **О.В. Николаева**, olechka425@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Предложен новый пищевой продукт, технологическая цепочка производства которого включает приготовление полуфабриката для корпуса из льна и начинки из гидробионтов. Для всей совокупности операций отработаны принципиальные режимы, а абразивный измельчитель прошел экспериментальную апробацию для выявления оптимальных параметров конструкции. Пастообразные кулинарные рыбные продукты издавна вырабатываются на предприятиях многих стран, особенно большой популярностью они пользуются в Японии, Германии, Скандинавских и некоторых других странах. В Польше получили распространение пастообразные рыбные смеси, используемые для изготовления порционных блюд. По своей консистенции эти пасты могут быть крупно- или тонко измельченными. Ароматизацию таких пастообразных продуктов осуществляют добавлением коптильной жидкости, натуральных или синтетических ароматизаторов.

Проведенные проработки могут быть реализованы при производстве отечественного экструдированного закусочного продукта, например для пива и других напитков, в виде тестового витаминизированного корпуса и начинки из гидробионтов при назначении специальных режимов экструзии.

Ключевые слова: технологическое обеспечение, витаминизированный тестовый корпус, гидробионты, абразивный измельчитель.

Manufacturabilities new ekstrudirovannogo product*D.Sc.* **E.I. Verboloz**, elenaverboloz@mail.ru*Ph.D.* **A.N. Palichikov**, palchikov_anatoliy@mail.ru**O.I. Aksenova**, oks280491@yandex.ru, **O.V. Nikolaeva**, olechka425@mail.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

In article is offered new food-stuff, which technological chain production includes provision in composition device for preparation of the puree, configuration change for fish and abrasive configuration change. For the whole collection of the necessary equipment is designed principle schemes, but abrasive configuration change passed the experimental approbation for revealing optimum parameter to designs. Pastoobraznye culinary fish products are yore worked out on enterprise of the many countries, particularly big popularity they use in Japan, Germanias, Scandinavian and some other country. In Hollow have got spreading a configuration change fish mixture, used for fabrication a la carte guard;keep. On its configuration change of these paste can be into large pieces- or finely reduced. Aromatizaciyu such configuration change of the products realize the accompaniment an to liquids, natural or syntetic fragrance Called on can be marketed at production domestic configuration change product in the manner of cushion with body from mashed potatoes and stuffing from at fish purpose special mode configuration change.

The keywords: provision, device for preparation, configuration change, gidrobionty, abrasive configuration change.

Экструдированные пищевые продукты все прочнее входят в наш повседневный обиход благодаря целому ряду своих уникальных качеств: высокой пищевой ценности, технологичности и возможности широкого варьирования вкусовых качеств.

Достаточно известными на сегодняшний день являются экструдированные продукты типа «подушечки», корпус которых изготавливают из мучной основы, а начинка варьируется по желанию потребителя.

Представляется целесообразным расширить использование экструзионных технологий для производства пищевого продукта типа «подушечки» с использованием другой сырьевой базы. Основными компонентами применяемыми в этом случае могут быть, например, тестовые витаминизированные корпуса, а начинка из измельченных гидробιονтов, например различных сортов рыбы.

Пастообразные кулинарные рыбные продукты издавна вырабатываются на предприятиях многих стран, особенно большой популярностью они пользуются в Японии, Германии, Скандинавских и некоторых других странах [1–2].

Одной из древнейших экономически важных сельскохозяйственных культур многих регионов Европы является лен. Толченое льняное семя в качестве пищевой добавки широко использовалось в средневековой кулинарии в России. В настоящее время семена льна как источник альфа-линолевой кислоты, высококачественного протеина, фенольных соединений, пищевых волокон и минеральных веществ рассматриваются как важный функциональный ингредиент [3].

В этой связи представляется целесообразным использовать полуфабрикат соответствующей рецептуры на базе семян льна для корпусов экструдированного закусочного пищевого продукта.

В соответствии с поставленной задачей на первом этапе объектами исследований являлись семена льна отечественной селекции масличного сорта «Белоснежка», «ЛМ 98», «ЛМ 97» и канадского сорта «Норлин» урожая 2000-2011 гг. Образцы семян льна получены из коллекции РАСХН ВНИИ Льна г. Торжок. Критерием отбора образцов послужил жирнокислотный состав семян льна, поскольку в настоящее время селекция льна как масличной культуры направлена на модификацию этого хозяйственно-полезного признака.

Другими объектами исследований являлись тесто для корпусов экструдированного закусочного пищевого продукта, приготовленный на основе измельченных семян льна. В качестве контроля использовали тесто из пшеничной муки, приготовленный по традиционной рецептуре и технологии.

Отбор и подготовку проб для испытаний производили в соответствии с ГОСТ 5904-82.

Жирнокислотный состав липидов семян льна определяли методом газожидкостной хроматографии по ГОСТ Р 51483-99 и ГОСТ Р 51482-99.

Состав белков семян льна определяли методом электрофореза в полиакриламидном геле по методу Laemly U. (1970).

Водорастворимые некрахмальные полисахариды из семян льна извлекали по методу S. Hashimoto, M.D. Shogren, Y. Pomeranz (1986).

Гидролиз полисахаридов проводили по методу Emaga T.H., Rabetafika N. Blecker C.S., Paquot M. (2012), используя 2 М раствор соляной кислоты.

Молекулярно-массовое распределение водорастворимой фракции образцов проводили на сефадексе G15. Подвижная фаза – 0,3% водный раствор сульфата аммония на детекторе рефрактометрический.

Газожидкостную хроматографию моносахаридов проводили по методу М.И. Царева, В.И. Царева, И.Б. Картакова (2000).

Динамическую вязкость теста определяли на ротационном вискозиметре «Реотест-2» (рабочее тело S3). Измерения проводили при комнатной температуре (+20°C). Влажность теста определяли ускоренным методом.

Для определения структурно-механических свойств изделия под воздействием нагрузки использовали текстурометр «Структурометр СТ-2». Определяли деформационные характеристики мякиша бисквитных изделий из полножирной муки всех 4 сортов и контрольного образца.

Органолептическую оценку проводили профильным методом по разработанной системе дескрипторов, которые включают: поверхность, вид в изломе, вкус, цвет, пористость.

Пищевую и энергетическую ценность корпусов характеризовали расчетным методом по «Справочным таблицам содержание основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов».

Все анализы проводили не менее чем в трех повторностях. Математическую обработку результатов исследований проводили, используя программный пакет программ CurveExpert Ver. 1.34.

Все исследованные сорта льна близки по составу и соотношению основных белковых компонентов – запасных 11s и 7s глобулинов. Сортные различия проявляются в минорных компонентах альбуминовой фракции.

По минорным компонентам, которые представляют с собой альбуминовую фракцию, идентичны сорта ЛМ 98 и Белоснежка. Сорт Норлин отличается от них наличием в альбуминовой фракции полипептидов 1 и 2, отмеченных на рисунке 2, и отсутствием компонента 5. Сорт ЛМ 97 отличается от первых двух слабым проявлением в альбуминовой фракции компонента 4 и более сильным проявлением компонента 3.

Была исследована возможность использования метода криоосаждения для получения белковых изолятов льна. Метод основан на способности запасных белков растений выпадать в осадок из растворов с низкой ионной силой при низких положительных температурах. На электрофореграммах глобулинов семян льна сорта ЛМ 98, полученных криоосаждением, обнаружен только 11 S глобулины (рис. 2). Это свидетельствует о перспективном применении криоосаждения для получения достаточно очищенных льняных белковых изолятов [3].

СБ-суммарные белки семян льна; СБ В-суммарные белки, восстановленные путем разрыва дисульфидных связей; 11S-глобулины, выделенные методом криоосаждения; 11S В – 11 S глобулины, восстановленные путем разрыва дисульфидных связей; кДа – молекулярная масса.

Липидный комплекс исследуемых образцов семян характеризовали по суммарному жирнокислотному составу (таблица 1). Установлено, что для липидов семян сорта ЛМ 98 характерно высокое содержание линоленовой кислоты (67,3 %). Липиды семян сортов ЛМ 97 и Норлин отличаются высоким содержанием линолевой кислоты (60,1 %, 53,7% и 61,5% соответственно).

Рекомендуемое Институтом питания РАМН РФ оптимальное соотношение ПНЖК ω -6/ ω -3 в рационе здорового человека составляет (5–10):1, в лечебном- (3–5):1.

Ни одно из четырех исследованных льняных масел различных сортов не соответствует оптимальному соотношению ПНЖК ω -6/ ω -3. Масло из семян льна сорта Белоснежка, ЛМ 97 и Норлин имеют схожее соотношение ω -6/ ω -3 (0,25:1-0,28:1). Масло из семян льна сорта ЛМ 98 кардинально отличается от предыдущих трех масел по соотношению ω -6/ ω -3 (25:1).

Для получения липидного комплекса проектируемых продуктов с рекомендованным оптимальным соотношением ПНЖК ω -6/ ω -3 рекомендовано использовать купажирование семян липидов из семян льна сорта ЛМ 98 с липидами из семян сортов Белоснежка, ЛМ 97, Норлин.

Молекулярно-массовое распределение полисахаридов и состав моноз слизи семян льна соответственно представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1

Жирнокислотный состав липидов из семян льна, исследуемых сортов

Жирные кислоты	Обозначение	Содержания жирных кислот в масле семян, % отн.			
		ЛМ 98 2009 г.	Белоснежка 2002 г.	Норлин 2011 г.	ЛМ 97 2000 г.
Содержание липидов	%	41,0	35,9	40,9	35,5
Пальмитиновая	C 16:0	6,3	4,5	5,0	4,0
Гексадекановая	C 16:1	0,1	0,1	0,1	Сл.
Стеариновая	C 18:0	5,0	4,0	3,2	2,5
Олеиновая	C 18:1	18,1	12,7	24,4	16,0
Линолевая	C 18:2	67,3	16,7	13,0	16,7
Линоленовая	C 18:3	2,7	61,5	53,7	60,1
Арахидовая	C 20:0	0,1	0,1	0,1	0,1
Эйкозеновая	C 20:1	0,1	0,2	0,3	0,4
Бегеновая	C 22:0	0,2	0,1	0,1	0,1
ω-6:ω-3	-	25:1	0,28:1	0,25:1	0,27:1

Выделенные углеводы преимущественно представлены высокомолекулярными полисахаридами с молекулярной массой более 1000 Да (от 50 до 65%). Суммарная фракция углеводов с молекулярной массой до 500 Да составляет 16–26% и представлена, по-видимому, в основном ди- и трисахаридами. В состав промежуточной фракции углеводов (молекулярная масса 500-900 Да) входят преимущественно разнообразные соединения глюкозидного типа (флавоны, антоцианидины и др.), а также сахараиды типа тетрасахаридов. Массовая доля этой промежуточной фракции составляет в исследованных образцах семян 19–23%.

Таблица 2

Молекулярно-массовое распределение полисахаридов льняных слизей, % отн.

Молекулярная масса, Да*	Образец			
	Норлин	ЛМ 97	Белоснежка	ЛМ 98
Более 1000	62	58	50,1	65,4
500-900	21,7	19,2	23,7	19
Менее 500	16,3	22,7	26,2	15,6

*Относительная погрешность 10%

Тем не менее, известно, что молекулярная масса полисахаридов варьирует при реакциях ассоциации- диссоциации, протекающих с различной скоростью в зависимости от температуры, ионной силы, рН растворов, продолжительности экстракции. В процессе извлечения полисахариды часто гидролизуются собственными ферментными системами семян.

Различия некрахмальных полисахаридов по содержанию отдельных моноз определяется генотипом семян (таблица 2). Так, для семян канадского сорта Норлин, липиды которого имеют повышенное содержание олеиновой кислоты, характерно низкое суммарное содержание моноз, и приблизительно равное 1:1 соотношение в полисахаридах суммы гексоз и пентоз [4].

Напротив, для полисахаридов семян сортов отечественной селекции свойственно высокое суммарное содержание моноз и повышенное соотношения гексоз и пентоз (3:1 и более). Не исключено,

что слизи из семян льна отечественных сортов содержат так же некоторое количество глюканов, о чем свидетельствует повышенное содержание глюкозы.

По химической структуре различают линейные и разветвленные формы полисахаридов. В случае некрахмальных полисахаридов степень ветвления оценивают по соотношению арабиноза/ксилоза, галактоза/рамноза или фукоза/рамноза. Линейные полимеры, по-видимому, имеют ограниченные возможности для образования различных ассоциатов в отличие от разветвленных полимеров, которые способны формировать разнообразные гелеобразные структуры (таблица 3).

Соотношения указанных моноз приведены в таблице 3.

Реологические свойства слизей льна зависят от состава и химической структуры полисахаридов.

Скелетными полисахаридами нейтральной фракции является арабиноксилан, а кислой – рамногалактуронан.

О степени их ветвления скелетных полисахаридов можно судить по соотношению некоторых боковых моноз к монозам, входящим в цепочку скелетных полисахаридов (таблица 3).

Из представленных данных, очевидно, что текстурные свойства изделий формируется в основном в результате образования полисахаридных комплексов (полисахариды льняной муки, крахмал, сахароза). При этом комплексообразующий эффект определяет исходными эмульгирующимся компонентами меланжа (полярные липиды, яичные альбумины).

Таблица 3

Соотношение содержания некоторых моноз в полисахаридах слизей семян льна различных сортов

Соотношения моноз	Название сорта			
	Норлин	ЛМ 97	Белоснежка	ЛМ 98
арабиноза/ ксилоза	0,5	3,3	3,0	8,0
галактоза/ ксилоза	0,5	1,6	3,6	7,7
глюкоза/ ксилоза	0,4	1,0	4,0	10,0
галактоза/рамноза	0,8	3,1	2,4	2,2
фукоза/рамноза	0,2	2,2	1,7	1,3
рамноза/ксилоза	0,6	0,5	1,6	3,5

С коллоидно-химической точки зрения основой данной технологии является процесс формирования коагуляционных структур (гель) и их переход при влаготепловой обработке к конденсационным структурам (золь). Этот процесс определяется химической природой природных полимеров и режимами влаготепловой обработки.

Особенностью приготовления теста для корпусов является кратковременность замеса взбитой яичной массы с мукой. Меланж без подогрева взбивают до увеличения объема в 2,5–3 раза. Перед окончанием взбивания добавляют льняную муку, смешанную с картофельным крахмалом, и перемешивают не более 15 секунд. Муку вводят в 2–3 приема.

Льняное тесто по своим реологическим свойствам является неньютоновской дисперсной системой, кривые течения которой описываются уравнением Оствальда-ДеВила: $\tau = a \cdot \dot{\gamma}^n$. Линейные зависимости в координатах $\lg \tau$ (вязкость) - $\lg \dot{\gamma}$ (скорость сдвига) для всех образцов теста довольно близки, что характеризует однородность образующихся гелевых структур. Индекс течения (n) для всех образцов льняного теста находится в диапазоне 1,0–0,83, что характерно для разжижающихся при сдвиге дисперсных систем. Коэффициент консистенции (a) снижается в ряду пшеничное тесто > тесто из семян льна сорта Белоснежка > тесто из семян льна сорта Норлин > тесто из семян льна сорта ЛМ 97 > тесто из семян льна сорта ЛМ 98. Можно предполагать, что данная зависимость соответствует

высоким вязкостным характеристикам дисперсий слизей семян льна с повышенным содержанием ксилозы (таблица 4).

Изделия на основе полножирной льняной муки сравнимы по своим физико-химическим характеристикам с контрольными образцами из пшеничной муки [5].

По снижению общей деформации исследованные образцы располагаются в следующий ряд: корпуса из семян сорта ЛМ 98 > корпуса из семян сорта ЛМ 97 > корпуса из семян сорта «Белоснежка» > корпуса из семян сорта «Норлин». Отмеченные зависимости коррелируют с содержанием в полисахаридах льна ксилозы, а также соотношением арабиноза/ксилоза. На основании данных таблиц 2 и 3 можно предположить, что эта зависимость определяется содержанием скелетного полисахарида нейтральной фракции – арабиноксилана и степенью его ветвления. Для слизей семян льна сорта «Норлин» характерно повышенные содержания линейных форм арабиноксилана с низкой степенью ветвления. Для полисахаридного комплекса семян отечественной селекции характерна высокая степень ветвления арабиноксиланов и снижения их содержания в суммарных полисахаридах.

При рассмотрении изменения пластической деформации корпусов необходимо принимать во внимания молекулярно-массовое распределения полисахаридов (таблица 2). По-видимому, более низкое значение пластической деформации изделий из семян сорта «Белоснежка» по сравнению с изделиями из семян сорта «Норлин» обусловлено высоким содержанием в последней фракции полисахаридов с молекулярной массой более 1000 Да.

Упругая деформация бисквитов хорошо коррелирует не только с количеством разветвленных арабиноксиланов, характеризующих суммой пентоз, но и со степенью ветвления рамногалактуронанов, о чем свидетельствует соотношение галактоза/ ксилоза, рамноза/ксилоза, глюкоза/ксилоза.

Органолептические профили корпусов из льняной муки с учетом допустимых приемлемых значений выбранных дескрипторов близки органолептическому профилю контрольного пшеничного изделия и характерны для данного типа мучных изделий.

С точки зрения потребительских свойств изделий необходимо отметить оригинальный вкус и запах корпусов из льняной муки, свойственный жареному миндалю.

Тем не менее, для органолептических свойств изделий принципиальное значение имеет качество исходных семян льна.

В частности, пониженная балльная оценка дескрипторов запах и вкус для корпусов из семян льна отечественной селекции с высокими содержанием полиненасыщенных липидов (ЛМ 97), связана с их окислительной неустойчивости, образованию продуктов окисления линолевой и линоленовой жирных кислот, имеющих горький и прогорклый привкус.

Изделия из льняной муки относятся к категории продуктов питания специализированного назначения, не содержащих проламинов, токсичных при глютеновой энтропатии. Эти продукты могут быть рекомендованы для включения в пищевые рационы для восполнения дефицита по полиненасыщенным жирным кислотам, пищевым волокнам.

Особенно необходимо обратить внимания на разнообразный химический состав и коллоидно-химические свойства пищевых волокон (некрахмальные полисахариды) семян льна различных сортов. Полученные данные по их химическому составу позволяют предполагать, что некрахмальные полисахариды семян льна являются эффективными энтеросорбентами, позволяющими снижать содержания холестерина сыворотки и холестерина липопротеидов низкой плотности, а также пребиотиками, стимулирующими анализ короткоцепочечных жирных кислот в кишечнике. Содержание пищевых волокон в 100 г изделий из полножирной льняной муки обеспечивает 25–35% от рекомендуемой нормы их суточного потребления.

На основании исследованных биохимических свойств семян льна различных сортов установлено, что зерно льна может рассматриваться в качестве сырья или эффективной пищевой добавки,

регулирующей пищевую ценность, консистенцию, органолептические свойства, продолжительность хранения мучных изделий функционального и специализированного назначения.

Наиболее полно достоинства исследованных рецептур корпусов из льняной муки могут быть реализованы в сочетании с продуктами, дополняющими их по пищевой и биологической ценности и использованными в качестве начинки.

К числу таких продуктов относятся различные виды гидробионтов.

Комплексное исследование сырья, полуфабрикатов и готовой продукции проводилось в соответствии со схемой (таблица 4).

Определение влажности проводили высушиванием образцов до постоянной массы при 105⁰С по ГОСТ 4288-76.

Содержание золы, общего азота, белка определяли по общепринятым методикам. Содержание жира – весовым методом, с экстракцией липидов хлороформ-этанольной смесью.

Таблица 4

Показатели комплексного исследования объектов

Наименование групп показателей	Наименование отдельных показателей
Физико-химические	Влажность Зола Общий азот Жир Углеводы Нуклеиновые кислоты Поваренная соль Активная кислотность Объемная масса
Структурно-механические	Водоудерживающая способность «Нежность» Эффективная вязкость Темп разрушения структуры Вязкость
Биологическая ценность	Аминокислотный скор Коэффициент утилизации белка
Органолептические показатели	Внешний вид Вид на разрезе Консистенция Цвет Запах Вкус

Определение массы доли хлористого натрия (поваренной соли) проводили аргентометрическим способом по ГОСТ 7636-85.

Суммарное содержание нуклеиновых кислот определяли методом, описанным А.С. Спириным. В основе модификации спектрометрического метода лежит экстракция нуклеиновых кислот из биологического материала горячей хлорной кислотой с последующим определением поглощения

экстрактов в ультрафиолетовой области спектра при длинах волн $\lambda = 270$ нм и $\lambda = 290$ нм, толщине рабочего слоя кюветы 10 мм на спектрофотометре СФ-26.

Определение фракционного состава нуклеиновых кислот, а также кислоторастворимой фракции проводили спектрофотометрическим методом Цанева–Маркова в модификации Бердышева–Галкина на спектрофотометре СФ-26, при длинах волн $\lambda = 270$ нм и $\lambda = 290$ нм, толщине рабочего слоя кюветы 10 мм. В основу метода положен метод Шмидта–Таннгаузера, количество кислото-растворимой фракции рассчитывали по формуле:

$$K\Phi_{M2}\% = \frac{(E_{270} - E_{290})V100}{0,19W} \times 10,3$$

количество РНК:

$$PHK_{M2}\% = \frac{(E_{270} - E_{290})V100}{0,193W} \times 10,5$$

количество ДНК:

$$ДНК_{M2}\% = \frac{(E_{270} - E_{290})V100}{0,186W} \times 10,1,$$

где: E_{270}, E_{290} – оптическая плотность раствора при длинах волн 270 и 290 нм; V – объем экстракта в мл; W – навеска ткани в мг.

Предварительно обработку овощей проводили по методу Е.П. Нечаевой.

Определение α -аминного азота проводили спектрофотометрическим методом Диетера и Кайзера с нингидрином на спектрофотометре СФ-26, при длине волны $\lambda=580$ нм, толщине рабочего слоя кюветы 10 мм.

Определение мочевой кислоты проводили методом прямой спектрофотометрии с α_1 CO₃ на СФ-26, при длине волны $\lambda = 289$ нм, толщине рабочего слоя кюветы 10 мм /143/.

Определение креатина в бульоне проводили колориметрически по методу Поппера и Яффе с пикриновой кислотой.

Определение мочевины проводили спектрофотометрическим методом с диацетилмоноксидом на СФ-26, при длине волны $\lambda = 540$ нм, толщина рабочего слоя кюветы 10 мм.

В процессе разработки рецептур изучались технологические свойства рыбных фаршей, различных рыбобукрупных и рыбоовощных моделей.

Влагоудерживающую способность фаршей, «нежность» определяли методом Г. Грау и Р. Хамма в модификации Воловинской В.П. и Кельман Б.Я.

Определение общей кислотности проводили по ГОСТ 4288-76, активной кислотности (РН) – потенциометрически в водной вытяжке при гидромодуле 10 на универсальном иономере ЭВ-74 /89/.

Структурно-механические исследования образцов проводили на ротационном вискозиметре «Реотест – 2» (ГДР). Образцы помещали между ребристым ротором и цилиндром «Н», и измеряли вязкость при возрастающих значениях скорости вращения ротора.

Эффективная вязкость определялась по формуле:

$$\eta_{эф} = \frac{\kappa \cdot \alpha}{\gamma}$$

где: κ – константа цилиндра; α – значение на шкале; γ – градиент скорости.

Течение фаршей описывали с помощью уравнения Оствальда-де-Вилля, преобразованного А.В. Горбатовым:

$$\eta_{\text{эф}} = B_0 \cdot \gamma^{-m},$$

где $\eta_{\text{эф}}$ – эффективная вязкость, Па·с; B_0 – эффективная вязкость при $\gamma = 1 \text{ с}^{-1}$; γ^* – безразмерный градиент скорости (числовое значение); m – темп разрушения структуры, который определяется как $m = 1-n$, где n – индекс значения.

Кривые течения строились в логарифмических координатах, что позволяет по серии пар экспериментальных данных γ^* и $\eta_{\text{эф}}$ вычислить m и B_0 .

Органолептическую оценку готовых кулинарных изделий проводили с оценкой каждого показателя (цвета, внешнего вида, консистенции, запаха, вкуса) по пятибалльной шкале, с учетом коэффициента важности. Коэффициенты важности показателей были приняты следующим образом: вкус, консистенция – 3, внешний вид – 2, цвет, запах – 1.

Вязкость пюре определяли с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ – 1. Динамическую вязкость пюре определяли, исходя из кинематической вязкости:

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_o \cdot \rho,$$

где \mathcal{G} – динамическая вязкость, Па·с; \mathcal{G}_o – кинематическая вязкость, $\text{м}^2/\text{с}$; ρ – плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$.

При определении стойкости суспензии пюре в основу был положен метод, описанный А.А. Шмидтом и др.: 10 мл соуса центрифугировали в градуированной пробирке в течение 5 минут при 1500 об/мин. Стойкость супов-пюре рассчитывали по формуле:

$$C = 100 \cdot 10 \cdot V,$$

где C – стойкость супов-пюре, %; V – объем отслоившейся жидкости, %.

Для оценки санитарно-гигиенической доброкачественности полуфабрикатов и готовых продуктов проводили микробиологические исследования по ГОСТ 4288-76, а также по ГОСТ 10444.0-75 и 10444.15-75.

Экспериментальные исследования проводились не менее, чем в пяти–шести повторностях.

Бланшированную рыбу выбранную в качестве начинки измельчали подбирая параметры измельчительных рабочих органов абразивного типа [6–7].

Испытания предложенного рабочего органа для абразивно-импульсного воздействия проводили на бланшированном минтае отдельными кусками массой 80–110 граммов с механическими характеристиками, соответственно, $E = 25,7 \times 10^5 \text{ Па}$ и $\sigma_{\text{сж}} = 7,0 \times 10^5 \text{ Па}$.

Поскольку на основании литературных данных можно предположить зависимость эксплуатационных свойств рабочих органов такой конструкции от отношения расстояния между полосами к ширине полос (Δ/h) и содержания использованного зерна, в ходе планирования эксперимента в качестве варьируемых выбирались:

– параметр Δ/h с интервалом $0,2 \leq \Delta/h \leq 1,0$;

– параметр η , характеризующий содержание абразивного зерна в покрытии, в весовых %.

Интервал изменения последнего параметра варьирования устанавливался на основании литературных данных из соображений минимального содержания абразивного зерна для проявления терочных способностей и максимально возможного насыщения допускаемого современной технологией гальваностегии.

Этот интервал представлял собой следующий диапазон изменения содержания зерна 24А50:

$$5 \leq \eta \leq 45.$$

В соответствии с принятыми интервалами варьирования кодированные переменные записывались в виде

$$X_1 = (\Delta/h - 0,6)/0,4 \text{ и } X_2 = (\eta - 25)/20.$$

Для детального исследования влияния указанных параметров на эксплуатационные характеристики для разработки рекомендаций по проектированию рабочих органов целесообразно провести факторный эксперимент, выбрав указанные выше интервалы в качестве интервалов варьирования изменяемых факторов.

Для отыскания зависимости адекватной реальной строили центрально композиционный ротатабельный план эксперимента.

После испытания образцов результаты заносились в столбцы, отведенные для функций отклика: Y_1 – качество очистки как отношение массы рыбы с 95% очищенной от чешуи к общей массе очищаемой рыбы; Y_2 – время наработки до снижения производительности опытной машины до 95%.

Матрица планирования и некоторые вспомогательные величины представлены в виде таблицы 5.

Таблица 5

Планирование эксперимента для модели зависимости качества очистки и времени наработки от конструктивных параметров рабочих органов

№ опы- тов	Значения нормированных факторов					Значения функции отклика Y_1		Значения функции отклика Y_2	
	X_1	X_2	X_1X_2	X_1^2	X_2^2	эксперим. Y_{1i}	расчетные Y_{1p}	эксперим. Y_{2i}	расчетные Y_{2p}
1	1	1	1	1	1	96,8	96,85	1580	1571,36
2	-1	1	-1	1	1	94,8	94,84	1480	1488,97
3	1	-1	-1	1	1	95,0	94,94	1470	1479,03
4	-1	-1	1	1	1	92,9	92,92	1400	1396,64
5	1,41	0	0	2	0	97,3	97,31	1517	1517,24
6	-1,41	0	0	2	0	94,5	94,46	1404	1400,72
7	0	1,41	0	0	2	95,3	95,24	1574	1574,31
8	0	-1,41	0	0	2	92,5	92,53	1447	1443,73
9	0	0	0	0	0	98,1		1620	
10	0	0	0	0	0	98,0		1600	
11	0	0	0	0	0	98,2		1610	
12	0	0	0	0	0	97,9		1630	
13	0	0	0	0	0	98,3		1620	

Зависимости Y_1 и Y_2 от варьируемых параметров в этом случае искали в виде

$$f = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2.$$

Учитывая проведенные, с помощью пакета EXCEL вычисления, включавшие оценку значимости полученных коэффициентов, уравнения регрессии записывали в виде:

$$Y_1 = 98,1 + 1,0067X_1 + 0,9567X_2 - 1,1059X_1^2 - 2,1067X_2^2$$

$$Y_2 = 1616 + 41,1945X_1 + 46,1655X_2 - 78,51X_1^2 - 53,49X_2^2$$

Полученные уравнения лишь в том случае имеют практическую ценность, когда адекватно описывают исследуемую зависимость. С целью проверки адекватности полученных уравнений

регрессии вычисляли дисперсию адекватности. Адекватным уравнение регрессии признается, как известно, в том случае, когда

$$S_{ad}^2 / S_y^2 < F_{табл.}$$

где $F_{табл.}$ – табличное значение критерия Фишера.

Для данных таблицы 3, уровня значимости 0,05 и соответствующих степеней свободы числителя и знаменателя, расчетное значение критерия Фишера значительно меньше табличного.

Полученные, таким образом, уравнения регрессии отображают реальные зависимости эксплуатационных характеристик абразивных рабочих органов измельчительных машин от конструктивных параметров. Для удобства использования полученных моделей рабочих органов при реальном проектировании, нормированные факторы целесообразно перевести в физические переменные [8]. С этой целью в полученные уравнения регрессии необходимо подставить выражения для кодированных переменных. После соответствующих преобразований получили:

$$K = Y_1 = 164,9(d/t) + 406,4(a/d) - 110,6(d/t)^2 - 2340,8(a/d)^2 + 19,4$$

$$T = Y_2 = 11401,9(d/t) + 9910,5(a/d) - 7850(d/t)^2 - 52322,2(a/d)^2 - 2980,6.$$

Записанные соотношения могут служить для прогнозирования величин эксплуатационных характеристик рабочих органов по величине отношения расстояния между полосами к ширине полос (Δ/h) и содержания использованного зерна.

С другой стороны, для заранее заданных значений K_0 – качества и T_0 – долговечности, могут быть подобраны величины (Δ/h) и η , удовлетворяющие заказчика по технологическим или экономическим соображениям.

Таким образом, полученные экспериментально уравнения регрессии могут служить математическими моделями новых абразивных рабочих органов, которые целесообразно использовать для разработки конкретных конструкций.

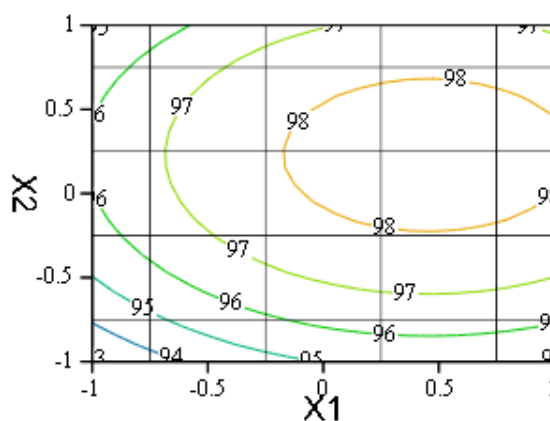
Вторые степени варьируемых переменных говорят об экстремальном характере полученных моделей и вызывают необходимость исследования характера монотонности функций отклика, что сделано графически (рис.2).

Точное определение области экстремума, то есть значений изменяемых параметров, при которых достигается максимальное качество измельчения, определяется дифференцированием полученного уравнения и проверкой критерия Сильвестра.

Для Y_1 из равенств $\partial Y_1 / \partial X_1 = \partial Y_1 / \partial X_2 = 0$ имеем: (Δ/h) = 0,7455 и (η) = 0,0868.

Для Y_2 из равенств $\partial Y_2 / \partial X_1 = \partial Y_2 / \partial X_2 = 0$ имеем: (Δ/h) = 0,7262 и (η) = 0,0947.

При использовании полос $h = 10$ мм экстремум по качеству измельчения должен, таким образом, быть достигнут при $\Delta = 7,4-7,3$ мм и содержании абразива $\eta = 8,5-9,5\%$.



F

Рис. Характер экстремума функции качества U_1 (от параметров $X_1 = \Delta/h$ и $X_2 = \eta$)

Характер монотонности, судя по знакам при квадратичных членах, для обеих функций отклика аналогичен.

Проведенные эксперименты подтвердили целесообразность абразивно-импульсного воздействия на обрабатываемые гидробионты и позволяют включить, соответствующую начинку, в число ингредиентов для производства нового экструдированного продукта [9–23].

Таким образом, выполненные предварительные проработки технологии получения полуфабриката для корпуса и начинки из бланшированных гидробионтов, подтвердили возможность изготовления нового продукта питания при выборе специальных режимов для его экструзии.

Литература

1. *Верболоз Е.И., Алексеев Г.В.* Современные тенденции совершенствования процессов первичной обработки гидробионтов // Тезисы докладов 30-ой научно-практической конференции по итогам НИР (Санкт-Петербург, 22–26 марта 2004 г.). СПб., 2004. С. 9.
2. Kireeva M.S., Markina V.Y. Development of technology for gluten-free confectionery based on full-fat meal from flax seeds. *3rd International Symposium on Gluten-Free Cereal Products and Beverages* (12–14 June 2013 Vienna, Austria). P. 26.
3. *Верболоз Е.И., Арет В.А., Алексеев Г.В., Кондратов А.В.* Возможности управления процессом измельчения путем изменения структурно-механических свойств пищевой смеси // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2008. № 4. С. 54-58.
4. *Арет В.А.* Реологические основы расчета оборудования производства жиросодержащих пищевых продуктов: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПб. гос. ун-та низкотемператур. и пищевых технологий, 2004.
5. *Алексеев Г.В., Красильников В.Н., Киреева М.С.* Исследование структурно-механических свойств бездрожжевого бисквитного теста на основе полножирной муки из семян льна // Вестник Международной академии холода. 2014. № 2.
6. *Алексеев Г.В., Кондратов А.В.* О модели развития кавитационной полости при измельчении пищевого сырья. Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 2. С. 38.
7. *Алексеев Г.В., Гришанова (Даниленко) Е.А., Кондратов А.В., Гончаров М.В.* Возможности реализации эффектов кавитации для измельчения пищевого сырья // Вестник Международной академии холода. 2012. № 3. С. 45-47.

8. *Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Гончаров М.В., Холявин И.И.* Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования. учебное пособие. СПб., 2014.
9. *Андреев М.П.* Современная технология гидробионтов // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 5–13.
10. *Артюхова С.А.* Концепция оптимизации технологии стерилизованной продукции из гидробионтов // Сб. науч. тр./ Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 19–27.
11. Каталог зарубежного технологического оборудования для обработки рыбы и морепродуктов: каталож.-справ. информ. Вып. 6 / Всерос. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т экономики, информ. и автоматизир. систем упр. рыб. хоз-ва. М., 1997. 49 с.
12. *Квасницкая А.А., Капитанова А.В., Мартынова Е.Т.* Пастеризация рыбных полуфабрикатов – перспективное направление в производстве продуктов высокой степени готовности // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 33–41.
13. *Князева Н. С., Мартынова Е.Т., Серпунина Л.Т., Черникова Л.В.* Влияние термостатной выдержки рыбных консервов на их качество в процессе хранения // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 27–33.
14. *Нехамкин Б. Л., Ездакова О. Ю., Напалкова Л. А.* Проблема безопасного потребления малосолёных рыбных продуктов // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 68–81.
15. *Нехамкин Б.Л., Голенкова В.В., Сахно В.И.* Технология низкотемпературной пастеризации пресервов // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 55–68.
16. Современные достижения в области производства охлажденной и мороженой продукции из гидробионтов / Всерос. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т экономики, информ. и автоматизир. систем упр. рыб. хоз-ва. М., 1997. 24 с.
17. Современная тара и упаковка для рыбных продуктов / Всерос. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т экономики, информ. и автоматизир. систем упр. рыб. хоз-ва. М., 1998. 22 с.
18. Современное производство из гидробионтов готовых блюд и продукции в мелкой расфасовке / Всерос. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т экономики, информ. и автоматизир. систем упр. рыб. хоз-ва. М., 1997. 28 с.
19. Новости отечественной и зарубежной рыбообработки / Всерос. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т экономики, информ. и автоматизир. систем упр. рыб. хоз-ва. М., 1998. 24 с.
20. Использование беспозвоночных на пищевые и кормовые цели / Всерос. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т экономики, информ. и автоматизир. систем упр. рыб. хоз-ва. М., 1997. 22 с.
21. *Рамбеза Е.Ф., Байдалинова Л.С.* Новое направление в обогащении рыбных жиров // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 47–54.
22. *Рулева Т.Н.* Термогравиметрические исследования мышечной ткани ставриды при нагревании // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 92–104.
23. *Серпунина Л.Т.* О влиянии режимов теплового консервирования на пищевые и биологически активные вещества рыбных консервов // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 1996. Т. 2. С. 41–47.

References

1. Verboloz E.I., Alekseev G.V. Sovremennye tendentsii sovershenstvovaniya protsessov pervichnoi obrabotki gidrobiontov. *Tezisy dokladov 30-oi nauchno-prakticheskoi konferen-tsii po itogam NIR (Sankt-Peterburg, 22–26 marta 2004 g.)*. St. Petersburg, 2004. P. 9.
2. Kireeva M.S., Markina V.Y. Development of technology for gluten-free confectionery based on full-fat meal from flax seeds. *3rd International Symposium on Gluten-Free Cereal Products and Beverages (12–14 June 2013 Vienna, Austria)*. R. 26.

3. Verboloz E.I., Aret V.A., Alekseev G.V., Kondratov A.V. Vozmozhnosti upravleniya protsessom izmel'cheniya putem izmeneniya strukturno-mekhanicheskikh svoystv pishchevoi smesi. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta nizkotemperaturnykh i pishchevykh tekhnologii*. 2008, no. 4. pp. 54–58.
4. Aret V.A. *Reologicheskie osnovy rascheta oborudovaniya proizvodstva zhirosoderzhashchikh pishchevykh produktov: ucheb. posobie*. St. Petersburg, SPb. gos. un-t nizkotemperatur. i pishchevykh tekhnologii Publ., 2004.
5. Alekseev G.V., Krasil'nikov V.N., Kireeva M.S. Issledovanie strukturno-mekhanicheskikh svoystv bezdrozhzhevogo biskvitnogo testa na osnove polnozhiirnoi muki iz semyan l'na. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014, no. 2.
6. Alekseev G.V., Kondratov A.V. O modeli razvitiya kavitatsionnoi polosti pri izmel'chenii pishchevogo syr'ya. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. 2008, no. 2, P. 38.
7. Alekseev G.V., Grishanova (Danilenko) E.A., Kondratov A.V., Goncharov M.V. Vozmozhnosti realizatsii effektivov kavitatsii dlya izmel'cheniya pishchevogo syr'ya. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2012, no. 3, pp. 45–47.
8. Alekseev G.V., Voronenko B.A., Goncharov M.V., Kholyavin I.I. *Chislennyye metody pri modelirovanii tekhnologicheskikh mashin i oborudovaniya. uchebnoe posobie*. St. Petersburg, 2014.
9. Andreev M.P. Sovremennaya tekhnologiya gidrobiontov. *Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii*. 1996, V. 2, pp. 5–13.
10. Artyukhova S.A. Kontseptsiya optimizatsii tekhnologii sterilizovannoi produktsii iz gidrobiontov. *Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii*. 1996, V. 2, pp. 19–27.
11. *Katalog zarubezhnogo tekhnologicheskogo oborudovaniya dlya obrabotki ryby i moreproduktov: katalogh.-sprav. inform. Vyp. 6. Vseros. n.-i. i proekt.-konstrukt. in-t ekonomiki, inform. i avtomatizir. sistem upr. ryb. khoz-va. M., 1997, 49 p.*
12. Kvasnitskaya A.A., Kapitanova A.V., Martynova E.T. Pasterizatsiya rybnykh polufabrikatov – perspektivnoe napravlenie v proizvodstve produktov vysokoi stepeni gotovnosti. *Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii*. 1996, V. 2, pp. 33–41.
13. Knyazeva N. S., Martynova E.T., Serpunina L.T., Chernikova L.V. Vliyanie termostatnoi vyderzhki rybnykh konservov na ikh kachestvo v protsesse khraneniya. *Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii*. 1996, V. 2, pp. 27–33.
14. Nekhamkin B. L., Ezdakova O. Yu., Napalkova L. A. Problema bezopasnogo potrebleniya malosolenykh rybnykh produktov. *Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii*. 1996, V. 2, pp. 68–81.
15. Nekhamkin B.L., Golenkova V.V., Sakhno V.I. Tekhnologiya nizkotemperaturnoi pasterizatsii preservov. *Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii*. 1996, V. 2, pp. 55–68.
16. Sovremennyye dostizheniya v oblasti proizvodstva okhlazhdennoi i morozhenoi produktsii iz gidrobiontov. Vseros. n.-i. i proekt.-konstrukt. in-t ekonomiki, inform. i avtomatizir. sistem upr. ryb. khoz-va. M., 1997, 24 p.
17. *Sovremennaya tara i upakovka dlya rybnykh produktov*. Vseros. n.-i. i proekt.-konstrukt. in-t ekonomiki, inform. i avtomatizir. sistem upr. ryb. khoz-va. M., 1998, 22 p.
18. Sovremennoe proizvodstvo iz gidrobiontov gotovykh blyud i produktsii v melkoi rasfasovke. Vseros. n.-i. i proekt.-konstrukt. in-t ekonomiki, in-form. i avtomatizir. sistem upr. ryb. khoz-va. M., 1997, 28 p.
19. *Novosti otechestvennoi i zarubezhnoi ryboobrabotki*. Vseros. n.-i. i proekt.-konstrukt. in-t ekonomiki, inform. i avtomatizir. sistem upr. ryb. khoz-va. M., 1998, 24 p.
20. *Ispol'zovanie bespozvonochnykh na pishchevye i kormovye tseli*. Vseros. n.-i. i proekt.-konstrukt. in-t ekonomiki, inform. i avtomatizir. sistem upr. ryb. khoz-va. M., 1997, 22 p.
21. Rambeza E.F., Baidalinova L.S. *Novoe napravlenie v obogashchenii rybnykh zhиров*. Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii. 1996, V. 2, pp. 47–54.

22. Ruleva T.N. Termogravimetricheskie issledovaniya myshechnoi tkani stavridy pri nagrevanii. *Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii.* 1996, V. 2, pp. 92–104.
23. Serpunina L.T. O vliyani rezhimov teplovogo konservirovaniya na pishchevye i biologicheski aktivnye veshchestva rybnykh konservov. *Sb. nauch. tr. Atlant. NII ryb. khoz-va i okeanografii.* 1996, V. 2, pp. 41–47.