

Ирина Владимировна Федорович¹, Марина Анатольевна Янова²

^{1,2}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹iriska1687@mail.ru

²yanova.m@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЗЕРНОВЫХ ТЕКСТУРАТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ

В статье приведены результаты исследований аминокислотного состава зерновых текстуратов в процессе хранения в различных вариантах упаковки. В качестве объекта исследования был выбран текстурат различных зерновых культур (пшеница, ячмень, овес), полученный из зерна указанных культур, выращенного на агропромышленном предприятии Красноярского края ООО «АГРОСФЕРА». Определен и проанализирован аминокислотный состав образцов пшеничного, ячменного и овсяного текстуратов в различных вариантах упаковки при 6-месячном сроке хранения с целью определения изменения указанного показателя в процессе хранения. Установлено, что более высоким содержанием незаменимых аминокислот в составе белка обладает пшеничный текстурат, самым низким содержанием – ячменный текстурат, что обусловлено генетическими особенностями видов рассматриваемых культур. Выявлено, что в процессе хранения в полиэтиленовой пленке в вакуумной упаковке в целом отмечается изменение содержания незаменимых аминокислот в сторону его снижения, что говорит о связи протекания физико-химических реакций в сырье с окислительным воздействием кислорода воздуха. Отмечено, что существенного изменения аминокислотного состава исследуемых образцов не выявлено, что может быть обусловлено невысокой скоростью протекания процессов изменения аминокислотного состава, ведущих к снижению биологической ценности. Выявлено, что оптимальным вариантом хранения, характеризующимся более высоким значением содержания незаменимых и заменимых аминокислот, для пшеничного текстурата является хранение в полипропиленовом мешке, для ячменного текстурата – в упаковке, изготовленной из бумаги высокой плотности, для овсяного текстурата – хранение в полиэтиленовом пакете. Учитывая полученные данные, можно заключить, что проведение более долгосрочного анализа аминокислотного состава текстурированного сырья, а также необходимость учета других показателей (содержание белка, крахмала, сахара и др.) являются перспективным направлением исследований и обуславливают необходимость комплексной оценки при выборе вида упаковки.

Ключевые слова: зерновой текстурат, аминокислотный состав текстурата, пшеница, ячмень, овес, хранение текстуратов

Для цитирования: Федорович И.В., Янова М.А. Изменение аминокислотного состава зерновых текстуратов при хранении // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6. С. 225–236. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-225-236.

Irina Vladimirovna Fedorovich¹, Marina Anatolyevna Yanova²

^{1,2}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹iriska1687@mail.ru

²yanova.m@mail.ru

CHANGE AMINO ACID COMPOSITION OF GRAIN TEXTURATES DURING STORAGE

The paper presents the results of studies of the amino acid composition of grain texturates during storage in various packaging options. The texturate of various grain crops (wheat, barley, oats) obtained from the grain of these crops grown at the agro-industrial enterprise of the Krasnoyarsk Territory LLC "AGROSFERA" was chosen as the object of study. The amino acid composition of samples of wheat, barley and oat texturates in various packaging options for a 6-month storage period was determined and analyzed in order to determine the change in this indicator during storage. It has been established that wheat texturate has a higher content of essential amino acids in the protein composition, and barley texturate has the lowest content, which is due to the genetic characteristics of the types of crops under consideration. It was revealed that in the process of storage in a plastic film in vacuum packaging, in general, there is a change in the content of essential amino acids towards its decrease, which indicates the connection between the occurrence of physicochemical reactions in the raw material and the oxidative effect of atmospheric oxygen. It was noted that no significant change in the amino acid composition of the studied samples was detected, which may be due to the low rate of the processes of changing the amino acid composition, leading to a decrease in biological value. It was found that the best storage option, characterized by a higher content of essential and non-essential amino acids, for wheat texturate is storage in a polypropylene bag, for barley texturate – in a package made of high-density paper, for oat texturate - storage in a plastic bag. Considering the data obtained, it can be concluded that a longer-term analysis of the amino acid composition of textured raw materials, as well as the need to take into account other indicators (protein, starch, sugar, etc.) are a promising area of research and necessitate a comprehensive assessment when choosing the type of packaging.

Keywords: grain texturate, amino acid composition of texturate, wheat, barley, oats, storage of texturates

For citation: Fedorovich I.V., Yanova M.A. Change amino acid composition of grain texturates during storage // Bulliten KrasSAU. 2022;(6): 225–236. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-225-236.

Введение. Одним из направлений изготовления новых белковых продуктов является получение структурированных белковых продуктов из различного сырья (рыба, криль и др.). Данное направление получило развитие и находит отражение в работах различных исследователей [1–5]. Формы белковых продуктов могут представлять собой различные вариации (например, волокна, гранулы), зависящие напрямую от способов их получения, различающихся приемами формования пищевых систем и структурированием [1].

Перспективным направлением, включающим в себя создание новых видов пищевых продуктов не только на пищевые, но и кормовые цели, является экструзионная технология, появившаяся во второй половине XX в. Данный метод, сильной стороной которого является высокая производительность, используется достаточно широко, а получаемые экструзионные продукты имеют широкий рынок сбыта. Конечным продуктом процесса экструзии являются текстураты, которые могут иметь различную структуру (вспененную (пористую) или волокнистую), за-

висящую от конструкции самого экструдера [1]. К текстуратам относятся сухие специализированные продукты, получаемые методом экструзии, обладающие определенной влажностью, производимые из различного вида сырья [1, 6]. Диапазон сырья, подвергаемого экструзионной обработке, имеет широкий спектр и включает в себя различное пищевое сырье растительного и животного происхождения [7–18].

Одним из первых появившихся текстуратов, по сей день не теряющих свою популярность на рынке, является текстурат на основе муки бобов сои [1]. Использование соевых бобов нашло широкое применение как за рубежом, так и на территории России благодаря тому, что белки сои принадлежат к полноценным белкам, получившим признание как полезные и рентабельные ингредиенты [7,19–21]. Но они обладают специфическим привкусом и запахом, что может ограничивать их использование, и для целей создания новых видов пищевых продуктов начинают использовать другое сырье, например зерновые культуры (пшеница, ячмень, овес). Важно отметить, что в контексте создания но-

вых пищевых продуктов важное значение имеет его целевое направление: он будет являться аналогом, обладающим определенными показателями качества, или он будет представлять собой качественно новый продукт, с новыми свойствами и составом, отвечающими, например, целям лечебного, диетического или профилактического питания. Основными критериями здесь будут являться биологическая ценность продукта, его стоимость и функциональные свойства (растворимость, отсутствие специфического запаха, вкуса, окраски, стабильность свойств при продолжительном хранении) [1, 15, 22, 23].

Работы отечественных исследователей имеют разную направленность: разработка и совершенствование технологии различных текстуратов; разработка и научное обоснование способа производства пищевых текстуратов в самом экструдере; разработка концептуальных подходов к созданию рецептур с использованием различных текстуратов; реализация технологии новых видов продуктов на основе экструзионного способа обработки различного вида сырья [6, 21, 24–32]. Вопрос о хранении текстуратов, влиянии различных видов упаковки на качественные показатели продукта остается открытым для исследований, что подчеркивает его актуальность.

Цель исследования – изучение аминокислотного состава зерновых текстуратов при хранении в различных видах упаковки.

Задачи: определить аминокислотный состав зерновых текстуратов; провести анализ содержания аминокислот в исследуемых образцах; исследовать изменения содержания аминокислот в анализируемых образцах зерновых текстуратов в процессе хранения в различных видах упаковки.

Объекты и методы. В качестве объекта исследования был выбран текстурат различных зерновых культур (пшеница, ячмень, овес). Образцы текстуратов были получены из зерна указанных культур, выращенных на агропромышленном предприятии Красноярского края ООО «АГРОСФЕРА», в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ методом экструзии на экструдере ЭК-100 с последующим измельчением полученного экструдированного текстурата на пальцевой мельнице. Образцы

зерновых текстуратов (пшеничный, ячменный, овсяный) были заложены на срок хранения 6 месяцев в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ с использованием следующих видов упаковки: крафтовый пакет из бумаги высокой плотности, полиэтиленовый пакет (ПВД) с застежкой zip lock плотностью 50 мкм, пакет Дой-Пак (Doу Pack) с застежкой zip lock металлизированный непрозрачный (ПЭТ мет/ПЭ), плотностью 12 × 80 мкм, полиэтиленовый пакет (ПВД) в вакуумной упаковке, полипропиленовый мешок. Хранение текстуратов осуществлялось при следующих условиях: температура не более 20 °С при относительной влажности 70–75 %, образцы не подвергались воздействию прямых солнечных лучей, находясь в сухом вентилируемом помещении. Биохимические анализы контроля и образцов 6-месячного срока хранения (определение аминокислотного состава) проводились в Научно-исследовательском испытательном центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ методом капиллярного электрофореза с использованием поверенной системы капиллярного электрофореза «Капель-105М» в соответствии с ГОСТ Р 55569-2013 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза».

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования по определению аминокислотного состава образцов зерновых текстуратов представлены на рисунках 1–7. Анализируя полученные данные, можно отметить, что у образца пшеничного текстурата содержание незаменимых аминокислот выше по сравнению с текстуратами из других зерновых культур, кроме данных по аминокислоте метионин (рис. 1), по ряду заменимых аминокислот нет единого преобладания. Содержание лизина в пшеничном текстурате по сравнению с образцами ячменного и овсяного выше на 45 и 21,2 % соответственно; валина – на 28,6 и 13,2; лейцина+изолейцина – на 43,4 и 21,7; треонина – на 70,5 и 55,8; фенилаланина – на 23,2 и 12,7 %. Самым низким содержанием незаменимых аминокислот по сравнению с другими образцами обладает ячменный текстурат. Данные различия указывают, что аминокислотный состав является генетической особенностью видов рассматриваемых культур.

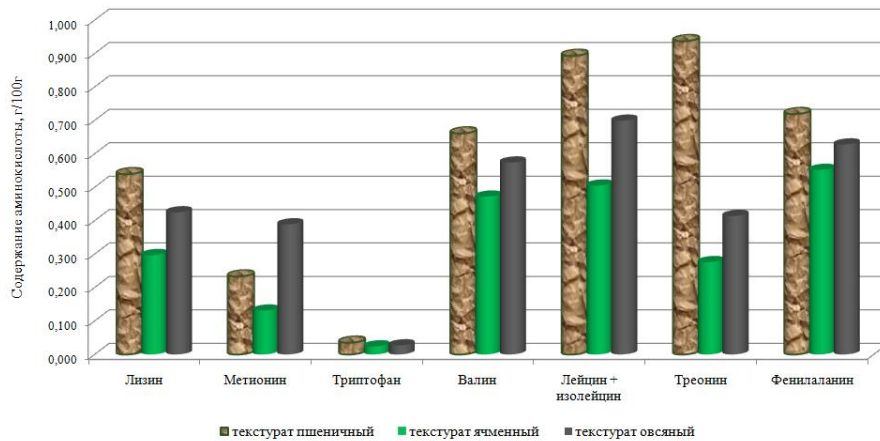


Рис. 1. Содержание незаменимых аминокислот в контрольных образцах зерновых текстуратов

При анализе данных по содержанию незаменимых аминокислот можно отметить снижение их содержания при хранении в вакуумной упаковке по сравнению с контролем (рис. 2–4): лизин – на 38,7 %, 31,4 и 7,2 % для пшеничного, ячменного и овсяного текстуратов соответственно; лейцин+изолейцин – на 32,7 %, 31,3 и 19,1 %, валин – на 24,5 %, 45,7 и 27,4 %, фенилаланин – на 13,7 %, 29,5 и 10,7 %, треонин – на 48,2 % для пшеничного и на 22,1 % для ячменного текстурата. Это свидетельствует о связи протекания физико-химических реакций в сырье с окислительным воздействием кислорода воздуха и его воздействию на белково-протеиназный комплекс, все его компоненты. При данном варианте хранения нет такого уровня газообмена, как, например, при хранении в полипропиленовых мешках, между частицами

храняемого сырья и кислородом воздуха, вызывающим протекание химических окислительных процессов.

В связи с низким значением содержания триптофана (менее 0,1 г/100г) в дальнейшем анализе данная аминокислота не учитывалась. При сравнении текстуратов различных зерновых культур между собой, исключая хранение в вакуумной упаковке, следует выделить следующее: относительно контроля содержание незаменимых аминокислот в пшеничном текстурате снижается в среднем по всем видам упаковки по лизину на 25,1 %, лейцину+изолейцину – на 8,9, треонину – на 40,7 % (рис. 2). По аминокислоте валин содержание уменьшилось в среднем на 3,3 % по вариантам хранения в полиэтиленовом пакете и в пакете Дой-Пак металлизированном.

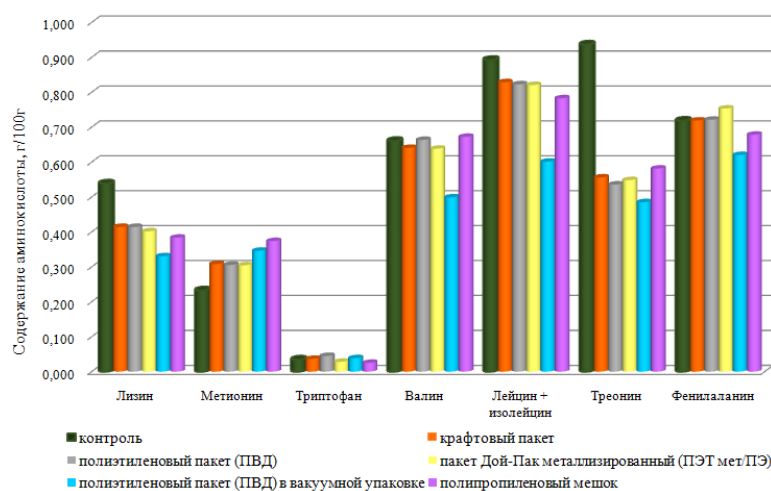


Рис. 2. Изменение содержания незаменимых аминокислот пшеничного текстурата при 6-месячном сроке хранения в зависимости от вида упаковки

Для ячменного и овсяного текстуратов наблюдается противоположная тенденция – по всем видам упаковки (исключая вакуумную) отмечается увеличение ряда содержания следующих аминокислот: лизин (от 3,5 до 17 % для ячменного и от 18 до 24 % для овсяного текстурата), метионин (от 81,7 до 367,3 % для ячмен-

ного текстурата), лейцин+изолейцин (от 10 до 18 % для пшеничного и до 1,6 % у овсяного текстурата), треонин (от 42,2 до 88,5 % для пшеничного и от 12,6 до 53,5 % для овсяного текстуратов), фенилаланин (до 14,4 и до 7,2 % для пшеничного и овсяного текстуратов соответственно) (рис. 3, 4).

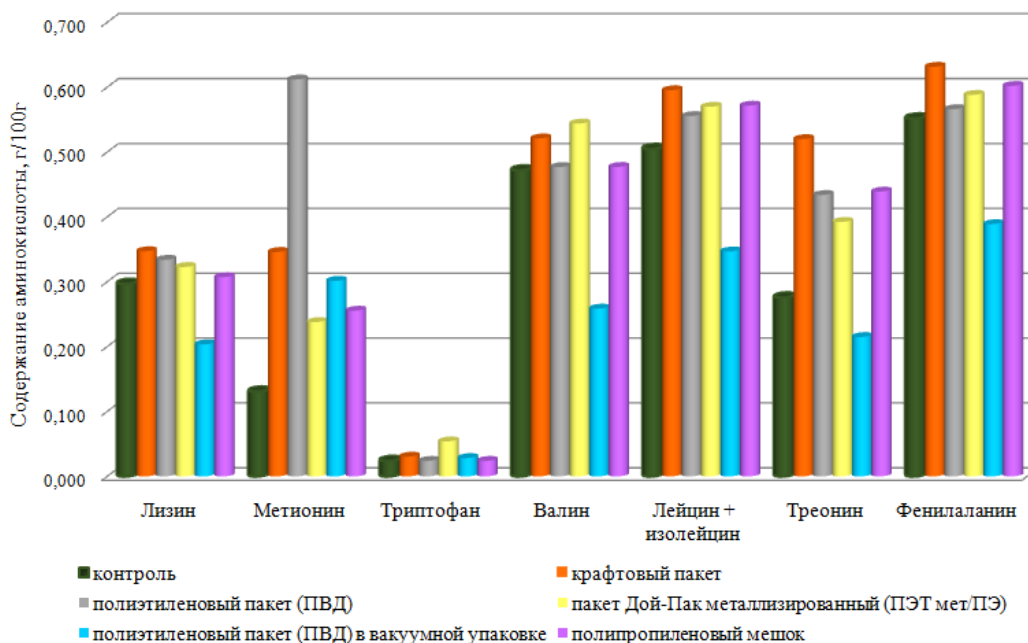


Рис. 3. Изменение содержания незаменимых аминокислот ячменного текстурата при 6-месячном сроке хранения в зависимости от вида упаковки

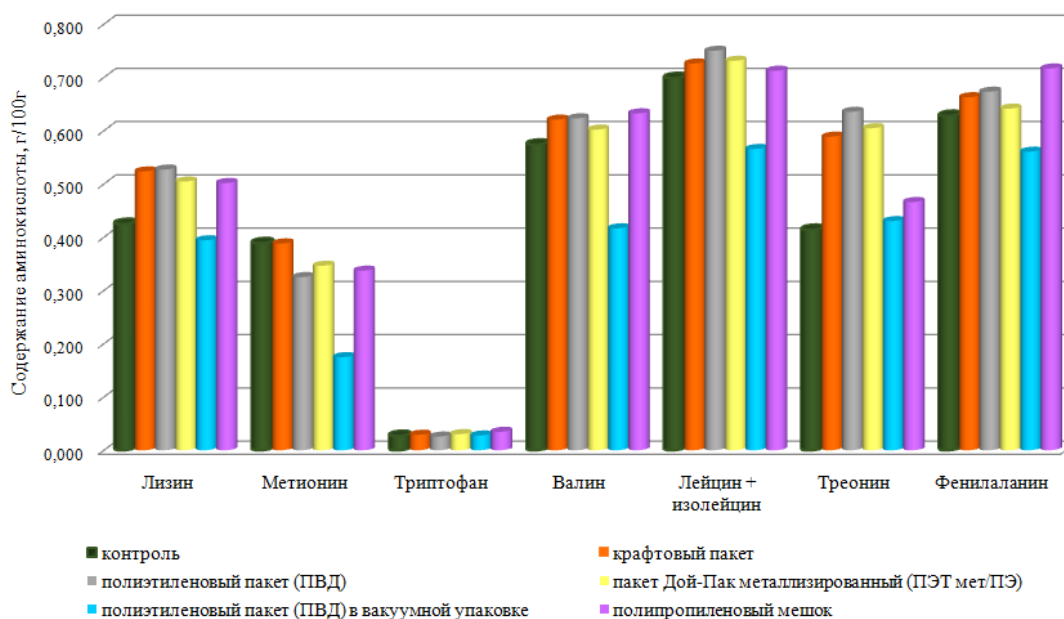


Рис. 4. Изменение содержания незаменимых аминокислот овсяного текстурата при 6-месячном сроке хранения в зависимости от вида упаковки

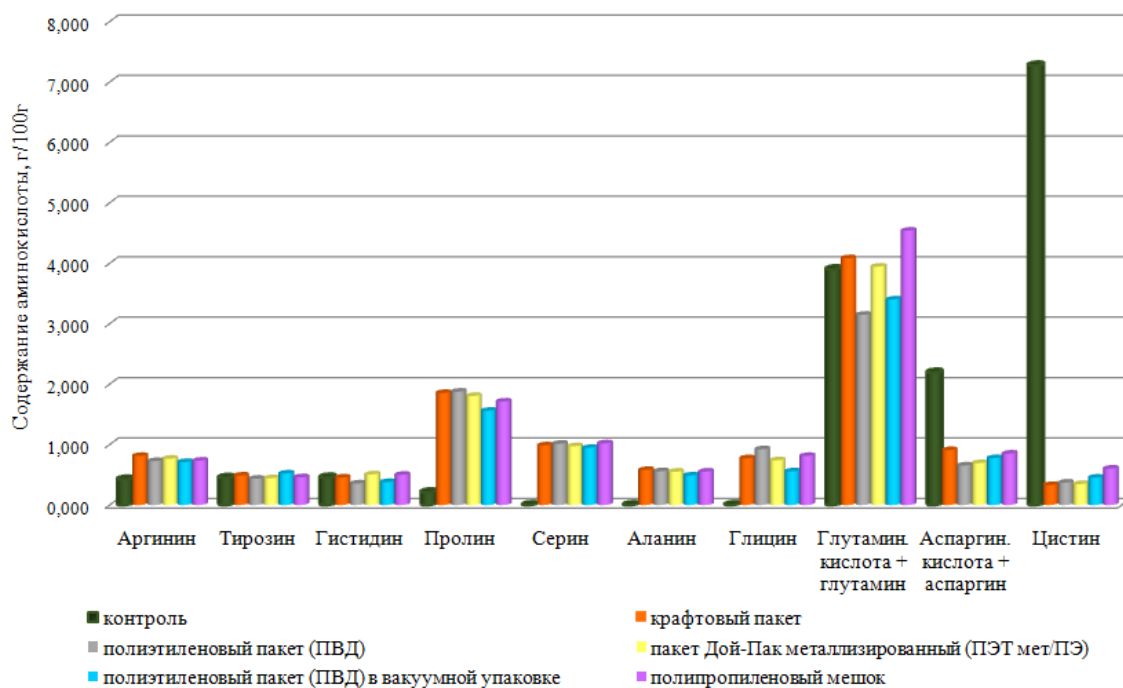


Рис. 5. Изменение содержания заменимых аминокислот пшеничного текстура при 6-месячном сроке хранения в зависимости от вида упаковки

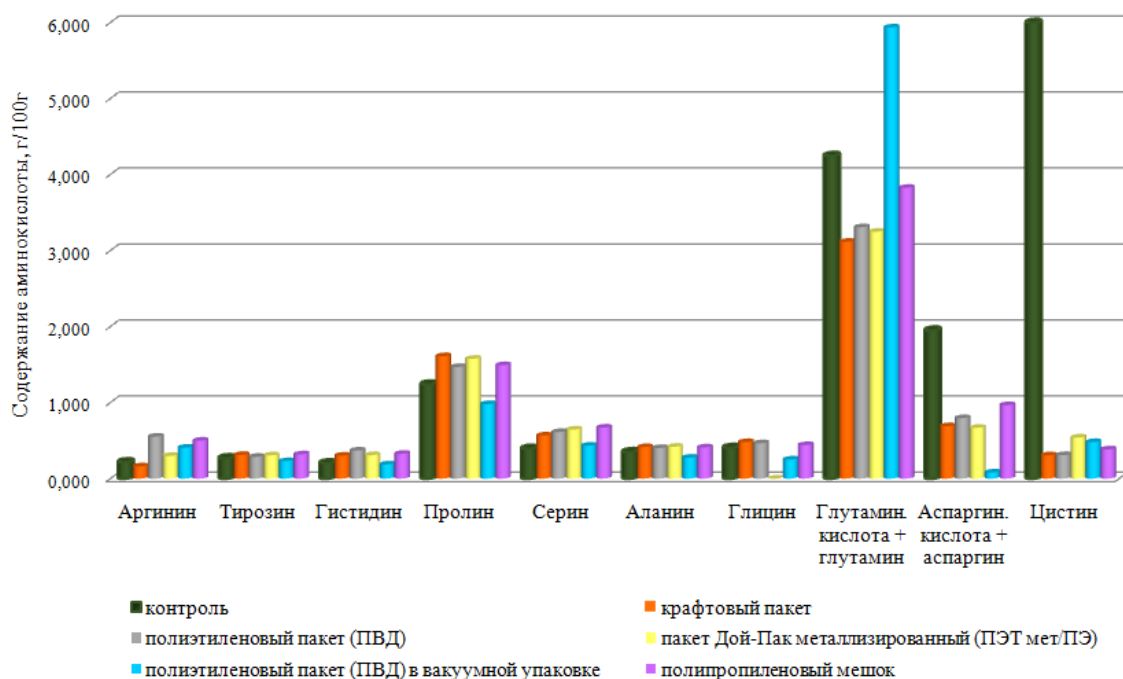


Рис. 6. Изменение содержания заменимых аминокислот ячменного текстура при 6-месячном сроке хранения в зависимости от вида упаковки

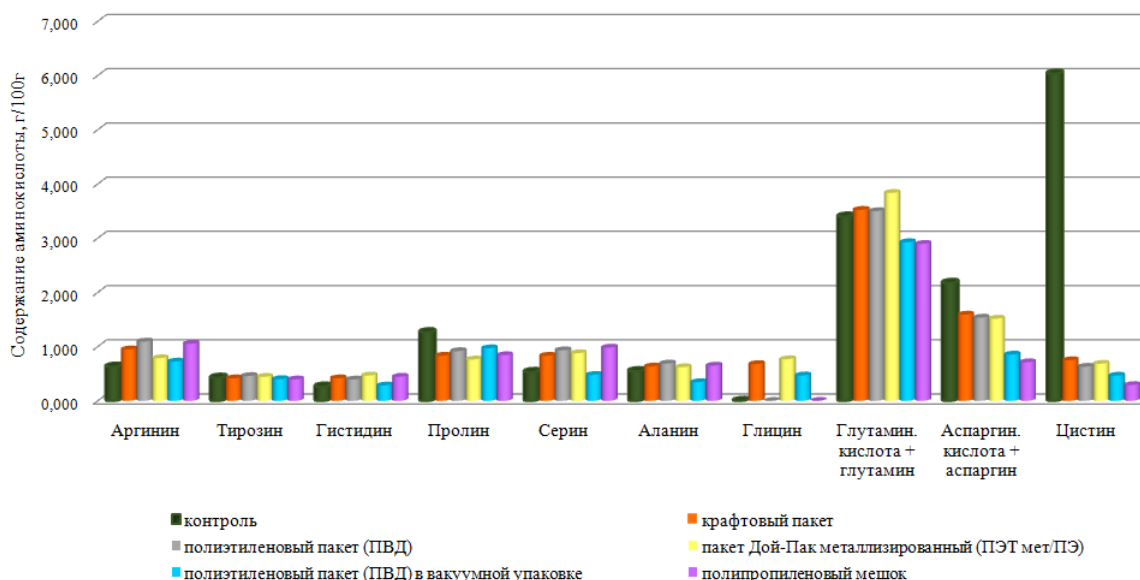


Рис. 7. Изменение содержания заменимых аминокислот овсяного текстурата при 6-месячном сроке хранения в зависимости от вида упаковки

По экспериментальным данным определения аминокислотного состава заменимых аминокислот нельзя сделать однозначный вывод об определенном направлении изменения данного показателя в процессе рассматриваемого срока хранения в зависимости от вида упаковки. Зафиксировано как уменьшение, так и увеличение содержания по ряду аминокислот. Например, по пшеничному текстурату по всем вариантам упаковки содержание аргинина и пролина увеличилось в процессе хранения в среднем на 79,7 и 754,7 % соответственно, а по аспарагиновой кислоте+аспарагину и цистину наблюдается их увеличение в среднем на 64,7 и 94,3 % соответственно. Для ячменного текстурата отмечено среднее увеличение содержания аминокислот: тирозин – на 13,3 %, гистидин – на 59,3, пролин – на 24, серин – на 59, аланин – на 17,2 % и уменьшение содержания аминокислот глутамин. кислоты+глутамин в среднем на 20,6 %, аспарагин. кислоты+аспарагин в среднем на 60, цистина в среднем на 93,6 %. В образце овсяного текстурата наблюдается увеличение аминокислот аргинин, гистидин, серин, аланин в среднем на 53,8 %; 62,6; 70,2; 18,2 % соответственно и уменьшение пролина в среднем на 33,7 %, аспарагин. кислоты+аспарагин в среднем на 38,5, цистина в среднем на 90,2 %.

При дальнейшей оценке вариантов упаковки для хранения сырья в анализе учитывались

первые два наиболее высоких значения содержания незаменимых и заменимых аминокислот в исследуемых образцах.

Для пшеничного текстурата наиболее высокими значениями содержания аминокислот после 6 месяцев хранения характеризуются следующие варианты упаковки:

1) в полипропиленовом мешке (по незаменимым аминокислотам – метионин, валин, треонин; по незаменимым – гистидин, серин, аланин, глицин, глутамин. кислота+глутамин, аспарагин. кислота+аспарагин, цистин);

2) в крафтовом пакете (по незаменимым аминокислотам – лизин, лейцин+изолейцин, треонин; по незаменимым – аргинин, тирозин, пролин, аланин, глутамин. кислота+глутамин, аспарагин. кислота+аспарагин);

3) в полиэтиленовом пакете (по незаменимым аминокислотам – метионин, валин, треонин; по незаменимым – пролин, серин, аланин, глицин).

Для ячменного текстурата наиболее высокими значениями содержания аминокислот после 6 месяцев хранения характеризуются следующие варианты упаковки:

1) в крафтовом пакете (по незаменимым аминокислотам – лизин, метионин, триптофан, валин, лейцин+изолейцин, треонин, фенилаланин; по незаменимым – тирозин, пролин, аланин, глицин);

2) в полипропиленовом мешке (по незаменимым аминокислотам – лейцин+изолейцин, треонин, фенилаланин; по незаменимым – аргинин, тирозин, гистидин, серин, глутамин. кислота+глутамин, аспарагин. кислота+аспиарагин).

Для овсяного текстурата наиболее высокими значениями содержания аминокислот после 6 месяцев хранения характеризуются следующие варианты упаковки:

1) в полиэтиленовом пакете (по незаменимым аминокислотам – лизин, валин, лейцин+изолейцин, треонин, фенилаланин; по незаменимым – аргинин, тирозин, пролин, серин, аланин, аспарагин. кислота+аспиарагин);

2) в пакете металлизированном (по незаменимым аминокислотам – метионин, лейцин+изолейцин, треонин; по незаменимым – тирозин, гистидин, глицин, глутамин. кислота+глутамин, цистин);

3) в крафтовом пакете (по незаменимым аминокислотам – лизин, метионин, фенилаланин; по незаменимым – глицин, глутамин. кислота+глутамин, аспарагин. кислота+аспиарагин, цистин).

Заключение. В результате проведенных исследований был определен аминокислотный состав образцов пшеничного, ячменного и овсяного текстуратов. В исследуемых образцах более высоким содержанием незаменимых аминокислот в составе белка обладает пшеничный текстурат, самым низким содержанием – ячменный текстурат, что подтверждает влияние генетических особенностей видов рассматриваемых культур. При хранении в полиэтиленовой пленке в вакуумной упаковке отмечается изменение содержания незаменимых аминокислот в сторону его снижения, что говорит о связи протекания физико-химических реакций в сырье с окислительным воздействием кислорода воздуха. Изменения в содержании аминокислот по исследуемым образцам в целом не носило критического характера, что говорит о невысокой скорости протекания процессов изменения аминокислотного состава, ведущих к снижению биологической ценности продукта.

Для пшеничного текстурата вариант хранения в полипропиленовом мешке характеризовался более высоким значением содержания незаменимых и заменимых аминокислот в исследуемых образцах, для ячменного текстурата

это был вариант хранения в упаковке, изготовленной из бумаги высокой плотности, для овсяного – вариант хранения в полиэтиленовом пакете. Вариант применения полимерных пленочных материалов позволил лучше сохранить биологическую ценность овсяного текстурата. При этом для пшеничного и ячменного текстуратов варианты хранения в материалах, обеспечивающих газообмен между частицами сырья и воздухом, при сроке хранения 6 мес. характеризовались более высокими значениями содержания аминокислот.

Следует отметить, что хранение является комплексным процессом с множеством влияющих на него факторов, одним из которых является вариант упаковочного материала. Выбор упаковки следует проводить на основании различных качественных показателей, одним из которых является и аминокислотный состав сырья, определяющий его биологическую ценность. Учитывая полученные данные, следует заключить, что проведение более долгосрочного анализа аминокислотного состава текстурированного сырья, а также требования учета других показателей (содержание белка, крахмала, сахара, жира, жирнокислотный состав, кислотное число жира и др.) обуславливают необходимость комплексной оценки при выборе вида упаковки.

Список источников

1. Биотехнология рационального питания гидробионтов: учебник / под ред. О.Я. Мезеновой. СПб.: Лань, 2022. 416 с.
2. Остроумов Л.А., Просекова О.Е., Просеков А.Ю. Особенности технологии производства молочных структурированных продуктов на основе белково-углеводного и растительного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2003. № 1. С. 28–30.
3. Рязанова О.А., Дацун В.М., Позняковский В.М. Экспертиза рыбы, рыбопродуктов и нерыбных объектов водного промысла. Качество и безопасность: учебник / под общ. ред. В.М. Позняковского. СПб.: Лань, 2022. 572 с.
4. Extrusion processing characteristics of whole grain flours of select major millets (foxtail, finger, and pearl) / Kharat Swapnil [et al.] // Food

- and Bioproducts Processing. March 2019. Vol. 114. P. 60–71.
5. *Wolf Bettina*. Polysaccharide functionality through extrusion processing // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. April 2010. Vol. 15, Issues 1–2. P. 50–54.
 6. *Алферников О. Ю.* Совершенствование технологии пищевых текстуратов, получаемых способом термопластической экструзии: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01, 05.18.04 / Кубан. гос. технол. ун-т. Краснодар, 2010. 24 с.
 7. *Антипова Л.В., Толпыгина И.Н., Мартемьянова Л.Е.* Текстураты растительных белков для производства продуктов питания // *Пищевая промышленность*. 2014. № 2. С. 20–23.
 8. *Балуян Х.А.* Разработка технологий экструзионных и хлебобулочных изделий с применением экстракта гарцинии камбоджийской: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Моск. гос. ун-т пищевых пр-в (МГУПП). М., 2017. 25 с.
 9. Белковые продукты нового поколения на основе зернобобовых культур / *В.Н. Василенко* [и др.] // *Хлебопродукты*. 2012. № 5. С. 52–54.
 10. *Бобренева И.В., Мерников Д.А., Степанов В.И.* Возможность использования текстурата клейковины в технологии мясных продуктов // *Мясная индустрия*. 2013. № 12. С. 42–44.
 11. *Борисенков К.Н.* Получение, свойства и применение комбинированного экструдата в мясных системах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2010. 20 с.
 12. Использование экструдированной пшеничной муки при производстве кондитерских изделий / *С.В. Краус* [и др.] // *Хлебопродукты*. 2012. № 8. С. 58–60.
 13. *Мартиросян В.В.* Научные и практические аспекты применения экструдатов зернового сырья в технологии профилактических пищевых продуктов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Моск. гос. ун-т технологий и управления им. К.Г. Разумовского. М., 2013. 50 с.
 14. *Меренкова С.П., Савостина Т.В.* Практические аспекты использования растительных белковых добавок в технологии мясных продуктов // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Пищевые и биотехнологии*. 2014. Т. 2, № 1. С. 23–29.
 15. *Северина Н.А., Сокол А.О., Родионова Е.А.* Белково-углеводный продукт для питания при повышенных физических нагрузках // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2014. № 2-3 (338-339). С. 31–33.
 16. Экструзионная технология пищевых текстуратов / *А.Н. Остриков* [и др.] // *Пищевая промышленность*. 2007. № 9. С. 18–20.
 17. *Янова М.А., Присухина Н.В.* Использование текстурированных зерновых продуктов в производстве основного бисквита // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 2 (155). С. 137–147.
 18. *Янова М.А., Росляков Ю.Ф.* Текстурированные зерновые продукты – перспективное сырье для хлебопекарной и кондитерской промышленности // *Науч. тр. КубГТУ*. 2019. № S9. С. 164–172.
 19. *Бобренева И.В.* Функциональные продукты питания и их разработка: монография. СПб.: Лань, 2022. 368 с.
 20. *Сергиенко И.В.* Разработка технологий функциональных хлебобулочных изделий с применением соепродуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2009. 22 с.
 21. *Скрипникова Т.П.* Обоснование и разработка технологии текстурированного соевого концентрата и кулинарной продукции на его основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Дальневост. гос. акад. экономики и упр. Владивосток, 2004. 25 с.
 22. *Мартинчик А.Н., Шариков А.Ю.* Влияние экструзии на сохранность аминокислот и пищевую ценность белка // *Вопросы питания*. 2015. Т. 84, № 3. С. 13–21.
 23. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии: монография / *В.Е. Торилов*, [и др.]. Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2019. 284 с.
 24. *Глухов М.А.* Разработка и научное обоснование способа производства пищевых текстуратов в экструдере с динамической матрицей: автореф. дис. ... канд. техн. наук:

- 05.18.12, 05.18.01 / Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2008. 20 с.
25. *Иванова Т.С.* Разработка технологии экструдирования зерна ячменя и овса для получения муки и мучных кондитерских, хлебобулочных изделий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2013. 16 с.
26. *Коржов И.В.* Разработка технологии растительных текстуратов для использования в производстве пищевых продуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01, 05.18.04 / Краснодар. гос. аграр. ун-т. Краснодар, 2014. 19 с.
27. *Напольских М.С.* Научное обоснование способа производства растительно-мясных экструдатов в двухшнековом экструдере: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12, 05.18.01 / Воронеж. гос. ун-т инженер. технологий. Воронеж, 2013. 20 с.
28. *Рензяева Т.В.* Научное обоснование, разработка и оценка качества мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки масличных культур Сибирского региона: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / Кемер. технол. ин-т пищевой пром. Кемерово, 2009. 46 с.
29. *Татаренков Е.А.* Научное обеспечение процесса производства экструдированных текстуратов методом динамического формования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12, 05.18.01 / Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2011. 19 с.
30. *Татаренков Е.А., Копылов М.В., Борисова И.А.* Разработка ресурсосберегающего оборудования для получения белковых текстурированных продуктов // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж, 2014. С. 155–156.
31. *Харьбина Н.А.* Повышение эффективности процесса экструдирования зерна с обоснованием конструктивно-режимных параметров рабочих органов зоны подачи пресс-экструдера: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Башкир. гос. аграр. ун-т. Уфа, 2011. 18 с.
32. *Шабурова, Г.В., Шешницан И.Н.* Экструзионная обработка растительного сырья как способ повышения пищевой ценности продуктов питания // Инновационная техника и технология. 2019. № 2 (19). С. 14–20.

References

1. *Biotehnologiya racional'nogo pitaniya gidrobiontov: uchebnik / pod red. O.Ya. Mezenovoj.* SPb.: Lan', 2022. 416 s.
2. *Ostroumov L.A., Prosekova O.E., Prosekov A.Yu.* Osobennosti tehnologii proizvodstva molochnyh strukturirovannyh produktov na osnove belkovo-uglevodnogo i rastitel'nogo syr'ya // *Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya.* 2003. № 1. S. 28–30.
3. *Ryazanova O.A., Dacun V.M., Poznyakovskij V.M.* `Ekspertiza ryby, ryboproduktov i nerybnyh ob`ektov vodnogo promysla. Kachestvo i bezopasnost': uchebnik / pod obsch. red. V.M. Poznyakovskogo. SPb.: Lan', 2022. 572 s.
4. Extrusion processing characteristics of whole grain flours of select major millets (foxtail, finger, and pearl) / *Kharat Swapnil [et al.] // Food and Bioproducts Processing.* March 2019. Vol. 114. P. 60–71.
5. *Wolf Bettina.* Polysaccharide functionality through extrusion processing // *Current Opinion in Colloid & Interface Science.* April 2010. Vol. 15, Issues 1-2. P. 50–54.
6. *Alfernikov O. Yu.* Sovershenstvovanie tehnologii pischevyh teksturatov, poluchaemyh sposobom termoplasticheskoy `ekstruzii: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.01, 05.18.04 / Kuban. gos. tehnol. un-t. Krasnodar, 2010. 24 s.
7. *Antipova L.V., Tolpygina I.N., Martem'yanova L.E.* Teksturaty rastitel'nyh belkov dlya proizvodstva produktov pitaniya // *Pischevaya promyshlennost'.* 2014. № 2. S. 20–23.
8. *Baluyan H.A.* Razrabotka tehnologij `ekstruzionnyh i hlebobulochnyh izdelij s primeneniem `ekstrakta garcinii kambodzhijskoj: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.01 / Mosk. gos. un-t pischevyh pr-v (MGUPP). M., 2017. 25 s.
9. *Belkovye produkty novogo pokoleniya na osnove zernobobovyh kul'tur / V.N. Vasilenko [i dr.] // Hleboprodukty.* 2012. № 5. S. 52–54.

10. *Bobreneva I.V., Mernikov D.A., Stepanov V.I.* Vozmozhnost' ispol'zovaniya teksturata klejkoviny v tehnologii myasnyh produktov // *Myasnaya industriya*. 2013. № 12. S. 42–44.
11. *Borisenkov K.N.* Poluchenie, svoystva i primeneniye kombinirovannogo `ekstrudata v myasnyh sistemah: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.04 / Voronezh. gos. tehnol. akad. Voronezh, 2010. 20 s.
12. Ispol'zovanie `ekstrudirovannoy pshenichnoy muki pri proizvodstve konditerskih izdelij / *S.V. Kraus* [i dr.] // *Hleboprodukty*. 2012. № 8. S. 58–60.
13. *Martirosyan V.V.* Nauchnye i prakticheskie aspekty primeneniya `ekstrudatov zernovogo syr'ya v tehnologii profilakticheskikh pischevyh produktov: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.18.01 / Mosk. gos. un-t tehnologij i upravleniya im. K.G. Razumovskogo. M., 2013. 50 s.
14. *Merenkova S.P., Savostina T.V.* Prakticheskie aspekty ispol'zovaniya rastitel'nyh belkovykh dobavok v tehnologii myasnyh produktov // *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta*. Ser. Pischevye i biotehnologii. 2014. T. 2, № 1. S. 23–29.
15. *Severina N.A., Sokol A.O., Rodionova E.A.* Belkovo-uglevodnyj produkt dlya pitaniya pri povyshennyh fizicheskikh nagruzkah // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pischevaya tehnologiya*. 2014. № 2-3 (338-339). S. 31–33.
16. `Ekstruzionnaya tehnologiya pischevyh teksturatov / *A.N. Ostrikov* [i dr.] // *Pischevaya promyshlennost'*. 2007. № 9. S. 18–20.
17. *Yanova M.A., Prishuhina N.V.* Ispol'zovanie teksturirovannyh zernovyh produktov v proizvodstve osnovnogo biskvita // *Vestnik KrasGAU*. 2020. № 2 (155). S. 137–147.
18. *Yanova M.A., Roslyakov Yu.F.* Teksturirovannyye zernovyye produkty – perspektivnoye syr'e dlya hlebopekarnoy i konditerskoj promyshlennosti // *Nauch. tr. KubGTU*. 2019. № S9. S. 164–172.
19. *Bobreneva I.V.* Funkcional'nye produkty pitaniya i ih razrabotka: monografiya. SPb.: Lan', 2022. 368 s.
20. *Sergienko I.V.* Razrabotka tehnologij funkcional'nyh hlebobulochnykh izdelij s primeneniem soeproduktov: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.01 / Voronezh. gos. tehnol. akad. Voronezh, 2009. 22 s.
21. *Skripnikova T.P.* Obosnovanie i razrabotka tehnologii teksturirovannogo soevogo koncentrata i kulinarnoj produkcii na ego osnove: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.15 / Dal'nevost. gos. akad. `ekonomiki i upr. Vladivostok, 2004. 25 s.
22. *Martinchik A.N., Sharikov A.Yu.* Vliyaniye `ekstruzii na sohrannost' aminokislot i pischevuyu cennost' belka // *Voprosy pitaniya*. 2015. T. 84, № 3. S. 13–21.
23. Soya severnogo `ekotipa v intensivnom zemledelii: monografiya / *V.E. Torikov*, [i dr.]. Bryansk: Izd-vo Bryanskogo GAU, 2019. 284 s.
24. *Gluhov M.A.* Razrabotka i nauchnoe obosnovanie sposoba proizvodstva pischevyh teksturatov v `ekstrudere s dinamicheskoy matricej: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.12, 05.18.01 / Voronezh. gos. tehnol. akad. Voronezh, 2008. 20 s.
25. *Ivanova T.S.* Razrabotka tehnologii `ekstrudirovaniya zerna yachmenya i ovsya dlya polucheniya muki i muchnykh konditerskih, hlebobulochnykh izdelij: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.01 / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2013. 16 s.
26. *Korzhev I.V.* Razrabotka tehnologii rastitel'nyh teksturatov dlya ispol'zovaniya v proizvodstve pischevyh produktov: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.01, 05.18.04 / Krasnodar. gos. agrar. un-t. Krasnodar, 2014. 19 s.
27. *Napol'skih M.S.* Nauchnoe obosnovanie sposoba proizvodstva rastitel'no-myasnyh `ekstrudatov v dvuhshnekovom `ekstrudere: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.12, 05.18.01 / Voronezh. gos. un-t inzhener. tehnologij. Voronezh, 2013. 20 s.
28. *Renzyaeva T.V.* Nauchnoe obosnovanie, razrabotka i ocenka kachestva muchnykh konditerskih i hlebobulochnykh izdelij s ispol'zovaniem produktov pererabotki maslichnykh kul'tur Sibirskogo regiona: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.18.15 / Kemer. tehnol. in-t pischevoj prom. Kemerovo, 2009. 46 s.
29. *Tatarenkov E.A.* Nauchnoe obespecheniye processa proizvodstva `ekstrudirovannyh teksturatov metodom dinamicheskogo formovaniya: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk:

- 05.18.12, 05.18.01 / Voronezh. gos. tehnol. akad. Voronezh, 2011. 19 s.
30. *Tatarenkov E.A., Kopylov M.V., Borisova I.A.* Razrabotka resursosberegayuschego oborudovaniya dlya polucheniya belkovyh teksturirovannykh produktov // *Prodovol'stvennaya bezopasnost': nauchnoe, kadrovoe i informacionnoe obespechenie: mat-ly Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. Voronezh, 2014. S. 155–156.*
31. *Harybina N.A.* Povyshenie `effektivnosti processa `ekstrudirovaniya zerna s obosnovaniem konstruktivno-rezhimnykh parametrov rabochih organov zony podachi press-`ekstrudera: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01 / Bashkir. gos. agrar. un-t. Ufa, 2011. 18 s.
32. *Shaburova, G.V., Sheshnican I.N.* `Ekstruzionnaya obrabotka rastitel'nogo syr'ya kak sposob povysheniya pischevoj cennosti produktov pitaniya // *Innovacionnaya tehnika i tehnologiya. 2019. № 2 (19). S. 14–20.*

Статья принята к публикации 13.04.2022 / The article accepted for publication 13.04.2022.

Информация об авторах:

Ирина Владимировна Федорович¹, главный специалист Управления аспирантуры и аттестации кадров высшей квалификации

Марина Анатольевна Янова², доцент кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Information about the authors:

Irina Vladimirovna Fedorovich¹, Chief Specialist at the Department of Postgraduate Studies and Certification of Highly Qualified Personnel

Marina Anatolyevna Yanova², Associate Professor at the Department of Commodity Science and Quality Management of Agricultural Products, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

