

Наталья Владимировна Снегирева^{1✉}, Марина Анатольевна Янова²

¹Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

²Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹snegirevanv@gausz.ru

²yanova.m@mail.ru

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОЙ ЛЬНЯНОЙ МУКИ

Цель исследования – совершенствование технологии получения безглютеновой льняной муки и изучение ее химического состава. Задачи: разработать технологическую схему получения безглютеновой льняной муки; определить влияние экструзионной обработки на химический состав безглютеновой льняной муки, в частности на белковый комплекс; определить влагосвязывающую способность муки. Семена льна являются перспективным сырьем для получения безглютеновой муки с целью моделирования рецептур хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Льняная мука может применяться как самостоятельный продукт, так и в качестве добавки в мучную смесь. Разработанная технология включает дополнительную экструзионную обработку льняного жмыха. Вследствие кратковременного воздействия высокой температуры (140 °С) возрастает доступность питательных веществ и усвояемость белков, так как происходит изменение нативной структуры белковой молекулы. Полученная безглютеновая мука характеризуется не только отсутствием глютена, но также обладает высококачественным белковым комплексом, содержащим 17 аминокислот, 8 из которых незаменимые и не могут синтезироваться организмом человека, а попадают в него только с едой. В ходе исследования были обнаружены такие незаменимые аминокислоты, как лизин (0,72 %), фенилаланин (1,06 %), лейцин и изолейцин (1,08 %), метионин (0,43 %), валин (0,97 %), треонин (0,89 %) и триптофан (0,05 %). Суммарная доля незаменимых аминокислот составляет 5,20 %. Добавление льняной муки к пшеничной высшего сорта повышает влагосвязывающие свойства мучной смеси, что оказывает положительное воздействие на качество теста, которое приобретает оптимальные реологические характеристики, легко замешивается и формуется.

Ключевые слова: целиакция, глютен, семена льна, экструзия, льняная мука, функциональный ингредиент

Для цитирования: Снегирева Н.В., Янова М.А. Способ получения безглютеновой льняной муки // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10. С. 253–259. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-253-259.

Natalya Vladimirovna Snegireva^{1✉}, Marina Anatolyevna Yanova²

¹Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

²Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹snegirevanv@gausz.ru

²yanova.m@mail.ru

GLUTEN-FREE FLAX FLOUR PRODUCTION METHOD

The purpose of the study is to improve the technology for producing gluten-free flaxseed flour and study its chemical composition. Objectives: to develop a technological scheme for producing gluten-free flaxseed flour; to determine the effect of extrusion processing on the chemical composition of gluten-free flaxseed flour, in particular on the protein complex; to determine the moisture-binding ability of flour. Flax seeds are a promising raw material for producing gluten-free flour for the purpose of modeling recipes for

bakery and flour confectionery products. Flaxseed flour can be used as a stand-alone product or as an additive to a flour mixture. The developed technology includes additional extrusion processing of flaxseed cake. Due to short-term exposure to high temperature (140 °C), the availability of nutrients and the digestibility of proteins increase, as the native structure of the protein molecule changes. The resulting gluten-free flour is characterized not only by the absence of gluten, but also has a high-quality protein complex containing 17 amino acids, 8 of which are essential and cannot be synthesized by the human body, but enter it only with food. The study found such essential amino acids as lysine (0.72 %), phenylalanine (1.06 %), leucine and isoleucine (1.08 %), methionine (0.43 %), valine (0.97 %), threonine (0.89 %) and tryptophan (0.05 %). The total proportion of essential amino acids is 5.20 %. The addition of flax flour to premium wheat flour increases the moisture-binding properties of the flour mixture, which has a positive effect on the quality of the dough, which acquires optimal rheological characteristics, is easily kneaded and shaped.

Keywords: celiac disease, gluten, flax seeds, extrusion, flax flour, functional ingredient

For citation: Snegireva N.V., Yanova M.A. Gluten-free flax flour production method // Bulliten KrasSAU. 2023;(10): 253–259. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-253-259.

Введение. После многих лет исследований современные взгляды на распространенность целиакии, непереносимости злакового белка глютена, претерпели значительные изменения. Было установлено, что этот «коварный» белок, скрывающийся в безобидных злаках (пшеница, рожь, ячмень), тысячелетиями лишал нас здоровья, провоцируя пищевые аллергии, анемию, заболевания нервной системы и нарушения репродуктивной функции [1–3].

Соблюдение безглютеновой диеты – необходимость для людей, страдающих сложным аутоиммунным заболеванием. В связи с этим одной из задач, стоящей перед пищевой промышленностью, является обеспечение больных целиакией безопасными хлебобулочными и мучными кондитерскими изделиями, традиционно содержащими в своем составе пшеничную и ржаную муку. Кроме того, безглютеновая диета стала популярной среди людей, придерживающихся здорового образа жизни. Поэтому получение и использование альтернативных видов муки в производстве продуктов питания является актуальным [4, 5].

Семена льна являются перспективным сырьем для получения безглютеновой муки с целью моделирования рецептур хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, которая может применяться как самостоятельный продукт, так и в качестве добавки в мучную смесь. Льняная мука ценится не только отсутствием глютена, но также богата клетчаткой, содержит омега-3 и омега-6 (полиненасыщенные жирные кислоты) и легкоусвояемые организмом человека белки, содержащие полный набор незаменимых аминокислот, что способствует снижению аллерги-

ческих реакций, а также укрепляет иммунитет, восстанавливает работу желудочно-кишечного тракта, понижает уровень холестерина, нормализует обменные процессы, улучшает функционирование сердца и сосудов [6].

Помимо возможности обогащения хлебобулочных и мучных кондитерских изделий биологически активными веществами, льняная мука придает изделиям ярко выраженный ореховый вкус, а наличие водорастворимых полисахаридов дает возможность использовать льняную муку в качестве водоудерживающего, структурообразующего и связующего вещества [7, 8].

Цель исследования – совершенствование технологии получения безглютеновой льняной муки.

Задачи: разработать технологическую схему получения безглютеновой льняной муки; определить влияние экструзионной обработки на химический состав безглютеновой льняной муки, в частности на белковый комплекс; определить влагосвязывающую способность муки.

Объекты и методы. Использовали семена льна масличного сорта ЛМ-98, выращенного в условиях Западно-Сибирского региона. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный маломощный среднегумусовый. Сорт семян льна масличного ЛМ-98 пищевого назначения, отличается высокими хлебопекарными и функциональными свойствами. Он характеризуется высоким содержанием жира в семенах (42,8 %), линолевой (68,9 %) и линоленовой кислоты (4,0 %). Семена имеют светло-желтую окраску и тонкую оболочку.

Исследования проведены на базе Научно-исследовательского испытательного центра

ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Отжим масла из семян льна проводили «холодным» способом на шнековом маслопрессе АКПА-400. Льняной жмых подвергали экструзионной обработке на зерновом экструдере ЭК-100, с последующим измельчением на лабораторной мельнице SM-3С.

Состав основных питательных веществ в безглютеновой льняной муке определяли методами согласно ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка», ГОСТ 29033-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира». Влажность муки определяли методом обезвоживания навески в сушильном шкафу при температуре 130 °С в течение 40 мин; зольность – сжиганием навески в муфельной печи и дальнейшим расчетом массы несгораемого остатка.

Измерения массовой доли аминокислот проводили методом капиллярного электрофореза с помощью аминокислотного анализатора марки КАПЕЛЬ.

Определение влагосвязывающей способности муки проводили центрифугированием навески с мукой и разным количеством воды в те-

чение 15 мин при 1 500 оборотах в минуту на центрифуге ЦЖ 1-65.

Результаты и их обсуждение. На кафедре «Технологии продуктов питания» ГАУ Северного Зауралья совместно с кафедрой «Технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» КрасГАУ совершенствовали способ получения безглютеновой льняной муки. Технология получения муки отличается от традиционной дополнительной экструзионной обработкой льняного жмыха, повышающей качество готового продукта. Вследствие кратковременного воздействия высокой температуры возрастает доступность питательных веществ и усвояемость белков, так как происходит изменение нативной структуры белковой молекулы.

Способ предусматривает предварительное получение жмыха при «холодном» отжиге льняного масла из семян льна масличного с последующей обработкой жмыха через экструдер, где на него действует высокая температура 140 °С и давление 35 атмосфер. Далее полученные продукты измельчаются на мельнице и просеиваются через сито с размером отверстий 450 мкм (рис. 1).

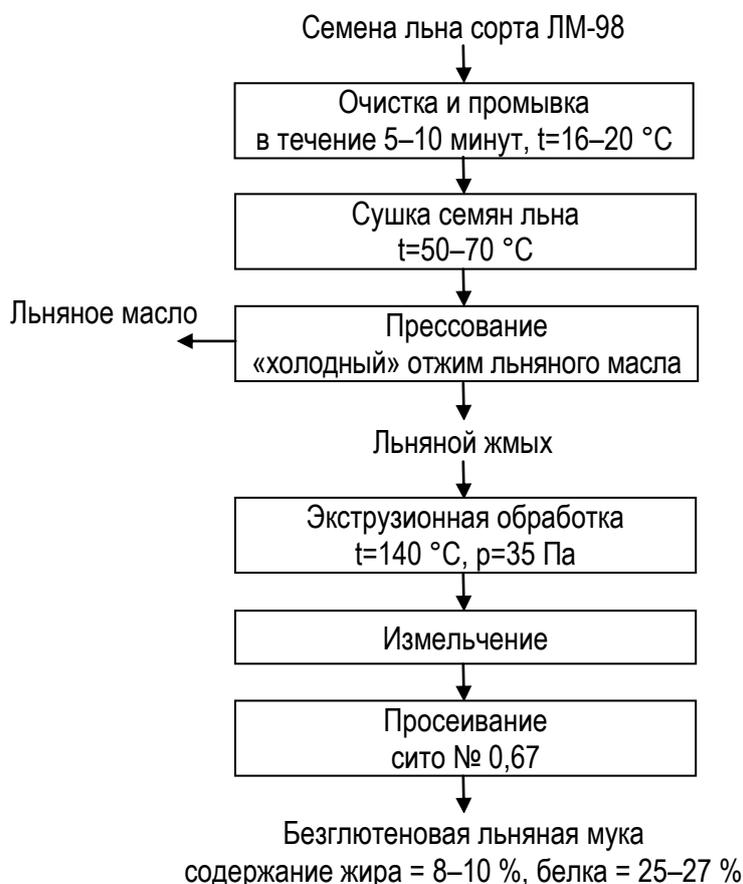


Рис. 1. Схема получения безглютеновой льняной муки

Данный способ обеспечивает получение муки с содержанием белка 25–27 %, включающего полный состав незаменимых аминокислот, которые необходимы нашему организму, но не синтезируются им самостоятельно. Экструдирование способствует денатурации белка и увеличению содержания его водорастворимых фрак-

ций, что повышает усвояемость продукта организмом человека. В процессе отжима масла снижается количество жира до 10–8 %, что благоприятствует замедлению прогоркания жиров при хранении и, как следствие, получению готовых изделий с улучшенными вкусовыми качествами и длительным сроком хранения (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав безглютеновой льняной муки, %

Показатель	Количественное значение
Влага	4,20
Белки	25,96
Жиры	9,07
Углеводы	41,28
Зола	4,20

Согласно результатам проведенной идентификации и количественного определения аминокислот, в составе безглютеновой льняной муки содержится 17 аминокислот.

Белковый комплекс безглютеновой льняной муки представлен полным набором незаменимых для организма человека аминокислот: ли-

зин (0,72 %), фенилаланин (1,06), лейцин и изолейцин (1,08), метионин (0,43), валин (0,97), треонин (0,89) и триптофан (0,05 %). Суммарная доля незаменимых аминокислот составляет 5,20 %. Наибольшим количеством отличаются аминокислоты фенилаланин, лейцин и изолейцин, содержание которых более 1 % (рис. 2).

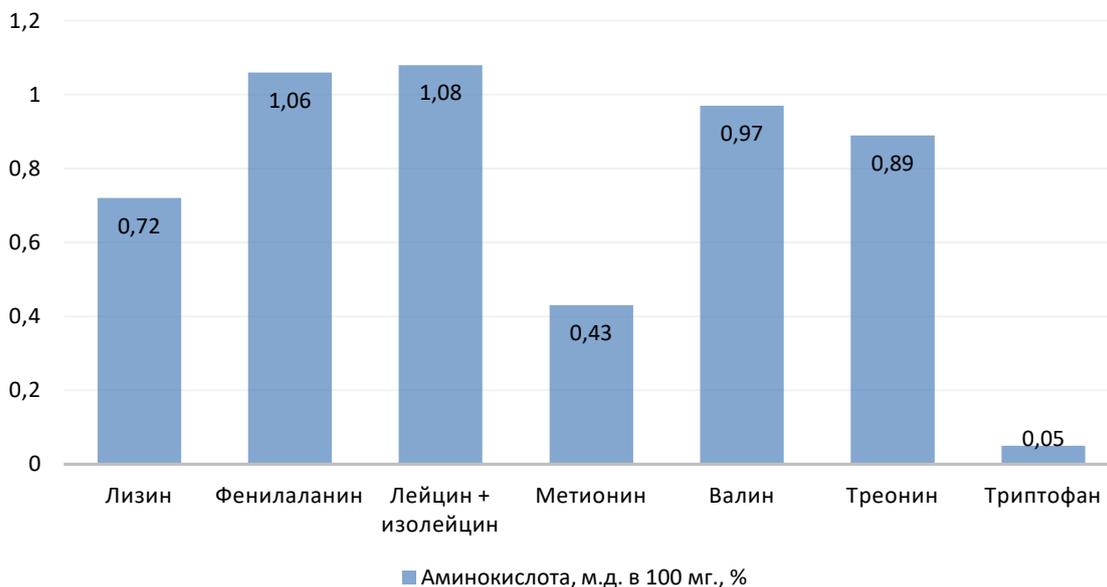


Рис. 2. Содержание незаменимых аминокислот в безглютеновой льняной муке, %

Белки безглютеновой льняной муки содержат функционально важные заменимые аминокислоты: аргинин (1,52 %), тирозин (0,64), пролин (1,29), цистин (1,35), аспаргиновую кислоту и аспаргин (0,87), глутаминовую кислоту и глута-

мин (0,73), гистидин (0,55 %). Суммарная доля заменимых аминокислот составляет 6,95 %. Наибольшим количеством отличаются аргинин, пролин и цистин, содержание которых более 1 % (рис. 3).

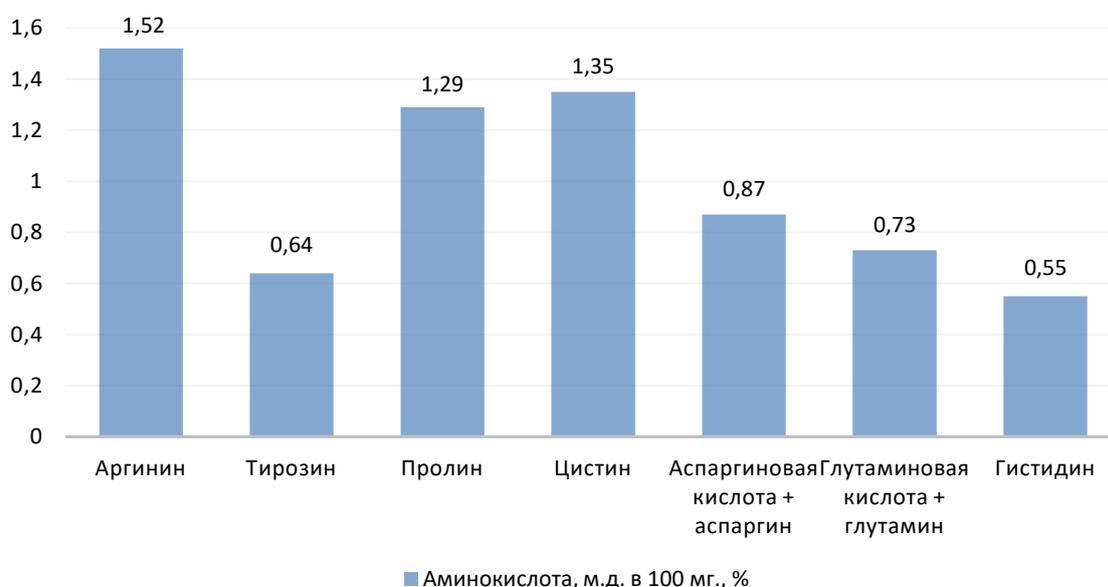


Рис. 3. Содержание заменимых аминокислот в безглютеновой льняной муке, %

Следующим этапом изучали влагосвязывающую способность безглютеновой льняной муки, для этого к пшеничной муке высшего сорта добавляли полученную экструзионным методом безглютеновую льняную муку в количестве 10, 20, и 30 % и центрифугировали навески с внесением 1, 3, 5, 7, 9 мл дистиллированной воды. Полученные результаты свидетельствуют

о том, что при увеличении доли внесения безглютеновой льняной муки в навеске возрастает влагосвязывающая способность мучной смеси, что говорит об обогащении смеси высококачественным белковым комплексом. В итоге мучная смесь способна связывать большее количество воды и образовывать при этом тесто хорошей консистенции.

Таблица 2

Влагосвязывающая способность, %

Вариант	Общий объем внесенной воды, см ³				
	1	3	5	7	9
Пшеничная мука высшего сорта	100,00	40,00	20,00	14,29	12,50
Мучная смесь с внесением 10 % безглютеновой льняной муки	100,00	40,00	30,00	20,00	13,33
Мучная смесь с внесением 20 % безглютеновой льняной муки	100,00	60,00	36,00	22,86	18,89
Мучная смесь с внесением 30 % безглютеновой льняной муки	100,00	66,67	40,00	27,14	20,00

Заключение

1. Разработана технологическая схема получения безглютеновой льняной муки. Технологическая схема предусматривает предварительное получение жмыха при «холодном» отжиге льняного масла из семян льна масличного с последующей обработкой жмыха через экструдер, где на него действует высокая температура 140 °С и давление 35 атмосфер. Далее полученные продукты измельчаются на мельнице и

просеиваются через сито с размером отверстий 450 мкм.

2. Данный способ обеспечивает получение муки с низким содержанием жира (10–8 %), содержание белка варьируется в пределах 27–25 %. Полученная безглютеновая мука обладает высококачественным белковым комплексом, содержащим 17 аминокислот, 8 из которых незаменимые, массовая доля в 100 мг: лизина – 0,72 %; фенилаланина – 1,06; лейцина и изолейцина – 1,08; метионина – 0,43; валина – 0,97; треонина – 0,89; триптофана – 0,05 %.

3. Влагосвязывающая способность навески пшеничной муки с увеличением доли внесения безглютеновой льняной муки возрастает в среднем в 1,5 раза. В итоге мучная смесь способна связывать большее количество воды и образовывать при этом тесто хорошей консистенции, что оказывает положительное воздействие на качество полуфабрикатов и готовой продукции.

Список источников

1. Гурова М.М., Романова Т.А., Попова В.С. Целиакия и синдром непереносимости пшеницы. Современные взгляды на проблему // Пищевая непереносимость у детей. Современные аспекты диагностики, лечения, профилактики и диетотерапии: сб. тр. III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 26 апреля 2018 г.). СПб., 2018. С. 14–31.
2. ЩербакOVA А.Ю., Бурова Н.О. Обзор безглютеновых продуктов, а также продуктов с пониженным содержанием глютена // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 128–131.
3. Giménez-Bastida J.A., Piskula M., Zieliński H. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products // Trends in Food Science & Technology: Vol. 44, Is. 1, July 2015, P. 58–65.
4. Minevich I.É., Osipova L.L. Сравнительная характеристика некоторых видов муки для производства безглютеновых пищевых продуктов // Хлебopодукты. 2018. № 8. С. 42–44.
5. Янова М.А., Колесникова Н.А. Исследование зерна теффа в сравнении с традиционными безглютеновыми злаковыми культурами // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 241–248.
6. Мука льняная. URL: <https://vn.siberianhealth.com/ru/blogs/ingredients/muka-lnyanaya> (дата обращения: 01.06.2023).
7. Kuhn K.R., Netto F.M., Cunha R.L.D. Assessing the potential of flaxseed protein as an emulsifier combined with whey protein iso-

- late // Food Research International. 2014. Vol. 58. P. 89–97.
8. Снегирева Н.В. Использование растительного сырья в производстве мучных кондитерских изделий // Вестник КрасГАУ. 2021. № 3 (168). С. 144–149.

References

1. Gurova M.M., Romanova T.A., Popova V.S. Celiakiya i sindrom neperenosimosti pshenicy. Sovremennye vzglyady na problemu // Pischevaya neperenosimost' u detej. Sovremennye aspekty diagnostiki, lecheniya, profilaktiki i dietoterapii: sb. tr. III Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem (Sankt-Peterburg, 26 aprelya 2018 g.). SPb., 2018. S. 14–31.
2. Scherbakova A.Yu., Burova N.O. Obzor bezglyutenovyh produktov, a takzhe produktov s ponizhennym soderzhaniem glyutena // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tehnologii proizvodstva i pererabotki produkci sel'skogo hozyajstva. 2018. № 20. S. 128–131.
3. Giménez-Bastida J.A., Piskula M., Zieliński H. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products // Trends in Food Science & Technology: Vol. 44, Is. 1, July 2015, P. 58–65.
4. Minevich I.É., Osipova L.L. Sravnitel'naya harakteristika nekotoryh vidov muki dlya proizvodstva bezglyutenovyh pischevyh produktov // Hleboprodukty. 2018. № 8. S. 42–44.
5. Yanova M.A., Kolesnikova N.A. Issledovanie zerna teffa v sravnenii s tradicionnymi bezglyutenovymi zlakovymi kulturami // Vestnik KrasGAU. 2022. № 5. С. 241–248.
6. Muka l'nyanaya. URL: <https://vn.siberianhealth.com/ru/blogs/ingredients/muka-lnyanaya> (data obrascheniya: 01.06.2023).
7. Kuhn K.R., Netto F.M., Cunha R.L.D. Assessing the potential of flaxseed protein as an emulsifier combined with whey protein isolate // Food Research International. 2014. Vol. 58. P. 89–97.
8. Snegireva N.V. Ispol'zovanie rastitel'nogo syr'ya v proizvodstve muchnyh konditerskih izdelij // Vestnik KrasGAU. 2021. № 3 (168). S. 144–149.

Статья принята к публикации 06.06.2023 / The article accepted for publication 06.06.2023.

Информация об авторах:

Наталья Владимировна Снегирева¹, заведующая лабораторией технологий продуктов питания
Марина Анатольевна Янова², доцент, заведующая кафедрой технологий хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Information about the authors:

Natalya Vladimirovna Snegireva¹, Head of the Laboratory of Food Technologies
Marina Anatolyevna Yanova², Associate Professor, Head of the Department of Bakery, Confectionery and Pasta Production Technologies, Doctor of Agricultural Sciences, Docent

