

**Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции**

УДК: 664.788 / 664.668.9

DOI:10.31857/S2500262720030163

**ПШЕНИЧНО-ЛЬНЯНАЯ МУКА: УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**

**Г.Н. Панкратов, Е.П. Мелешкина**, доктора технических наук,  
**И.С. Витол**, кандидат биологических наук, **И.А. Кечкин, Ю.Р. Нагайникова,**  
**С.Н. Коломиец**, кандидат сельскохозяйственных наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки –  
 филиал федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова,  
 127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11  
 E-mail: vitolis@yandex.ru*

*Исследован процесс подготовки и размола зерносмеси, содержащей 7% семян льна, с целью получить композиционную пшенично-льняную муку, в которой сохранен весь биопотенциал семян льна. Выявлено, что подготовку компонентов зерновой смеси следует осуществлять независимо, параллельными потоками. Определены оптимальные режимы извлечения пшенично-льняной смеси, которые составили: извлечение (%) / зольность (%) на трех драных системах (в пересчете на I драную систему – зерно) для I – 53,5/1,00; II – 22,2/1,11; I+II – 75,7/1,035; I+II+III драных систем – 81,0/1,1. Разработаны технологические схемы и сформированы новые сорта пшенично-льняной муки с заданными технологическими свойствами и повышенной пищевой ценностью. Выявлены особенности распределения белков, жиров, углеводов и основных ферментных систем в сформированных сортах пшенично-льняной муки, полученной из бинарной смеси, состоящей из 93% зерна пшеницы и 7% семян льна. Показано, что общее содержание жира в муке из двухкомпонентных смесей возрастает примерно в 4 раза, а общее содержание белка в исследуемых образцах – на 1-2%. Отмечено увеличение доли альбумино-глобулиновой фракции в образцах пшенично-льняной муки по сравнению с пшеничной. Активность кислых липаз примерно в 1,5 раза превосходила активность щелочных липаз; содержание линолевой кислоты ( $\omega$ -6) в образцах пшенично-льняной муки было больше в 1,6-3,3 раза, чем в пшеничной, содержание линоленовой кислоты ( $\omega$ -3) – в 36,8-57,2 раза (с учетом общего содержания жира в образцах). Хлеб из новых сортов муки получил высокую дегустационную оценку. Обогащение пшеничной муки за счет всего фитопотенциала семян льна позволит компенсировать недостаток полиненасыщенных жирных кислот в рационе питания современного человека и получать продукты сбалансированного состава.*

**WHEAT-LINEN FLOUR: CONDITIONS FOR PRODUCING AND BIOCHEMICAL FEATURES**

**Pankratov G.N., Meleshkina E.P., Vitol I.S., Kechkin I.A., Nagainikova Yu. R., Kolomiets S.N.**

*All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing –  
 Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS,  
 127434, Moskva, Dmitrovskoe shosse, 11  
 E-mail: vitolis@yandex.ru*

*A study of the preparation and grinding of a grain mixture containing seeds of 7% flax was carried out in order to obtain a composite wheat-flax flour, in which the entire biopotential of flax seeds was preserved. It was revealed that the preparation of the components of the grain mixture should be carried out independently, in parallel flows. The optimal extraction conditions for the wheat-flax mixture were determined, which were: Extraction (%) / Ash content (%) on 3 torn systems (in terms of the 1st tattered system - grain) for I torn system - 53.5 / 1.00; for the second tattered system. - 22.2 / 1.11; total for I + II torn systems - 75.7 / 1.035; total for I + II + III torn systems - 81.0 / 1.1. Technological schemes have been developed and new varieties of wheat-flax flour have been formed with predetermined technological properties and increased nutritional value. Peculiarities of the distribution of proteins, fats, carbohydrates and basic enzyme systems in the formed varieties of wheat-flax flour obtained from a binary mixture consisting of 93% wheat and 7% flax seeds were revealed. It was shown that the total fat content in flour from two-component mixtures increases by about 4 times, and the total protein content in the studied samples increases by 1-2%. An increase in the proportion of the albumin-globulin fraction in wheat-flax flour samples was noted. The activity of acid lipases is approximately 1.5 times higher than the activity of alkaline lipases in the studied samples of wheat-flax flour. The content of linoleic acid ( $\omega$ -6) in the samples of wheat-flax flour is 1.6...3.3 times higher than in wheat flour; the content of linolenic acid ( $\omega$ -3) in wheat-flax flour samples is 36.8...57.2 times higher than in wheat flour (taking into account the total fat content in the samples). Bread from new varieties of flour received a high tasting score. The enrichment of wheat flour due to the entire phytopotential of flax seeds will make it possible to compensate for the lack of PUFA family in the diet of a modern person and to obtain products of a balanced composition.*

**Ключевые слова:** зерно пшеницы, семена льна, бинарная зерносмесь, технологическая схема переработки, биохимические показатели

**Key words:** wheat grain, flax seeds, binary grain mixture, processing technological scheme, biochemical parameters

Новые направления развития технологий переработки зерна в муку предполагают получение продуктов сбалансированного состава, присутствие в них в необходимых количествах макро- и микронутриентов, веществ, обладающих профилактическими и лечебными свойствами. На протяжении 20-ого столетия перед технологами стояла задача увеличить степень извлечения

муки из эндосперма при максимальном удалении периферийных частей зерновки. В настоящее время актуально создание продуктов, соответствующих современным приоритетам в пищевых технологиях, а именно: обладающих лечебно-профилактическими качествами, а не только удовлетворяющих потребности человека в пищевых веществах [1-4]. Разработка технологий

**Табл. 1. Технологические свойства исходного зерна пшеницы и семян льна**

Объект	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Выравненность, %	Стекловидность, %	Зольность, %	Размер, мм		
						L*	A*	B*
Зерно пшеницы	769	44,66	89,0	50	2,18	6,5	3,6	2,9
Семена льна	668	8,40	91,8	–	3,60	5,2	2,5	1,2

\* L – длина, A – ширина, B – толщина.

получения продуктов мукомольного производства путем переработки поликомпонентных зерновых смесей, например, на основе зерновых и масличных культур обеспечит получение продуктов сбалансированного состава, присутствие в них в необходимых количествах нутрицевтиков [2, 5-7].

Использование семян льна для создания композиционной пшенично-льняной муки целевого назначения оправдано, так как семена льна обладают не только высоким содержанием белка и жира, но и уникальным составом этих макронутриентов, включающим в первую очередь полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), общее количество которых с ПНЖК семейства  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 составляет 75-95%; незаменимые аминокислоты (аминокислотный скор белка по лизину составляет 83%, а значение скорректированного аминокислотного коэффициента усвояемости белка – PDCAAS=0,95); а также другие не менее ценные компоненты – пищевые волокна, лигнаны, микроэлементы (калий, магний, цинк), витамины (PP, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, фолиевая кислота) и др. [8,9-12].

Целью исследований была разработка технологической схемы процесса размола бинарных зерновых смесей на основе зерна пшеницы и семян льна и выявление биохимических особенностей новых сортов пшенично-льняной муки.

**Методика.** Объектами исследования были зерно пшеницы и семена льна – компоненты бинарной зерносмеси, содержащей 93% зерна пшеницы и 7% семян льна. Содержание семян льна в смеси определяли в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления [7]. Химический состав зерна пшеницы (%): влажность – 13,6, содержание белка – 13,4, жира – 1,83, клетчатки – 2,2, крахмала – 66,8; семян льна – соответственно 5,7; 24,7; 39,80; 15,0; 5,2. Технологические свойства исходных объектов приведены в табл. 1.

Для исследования измельчения и получения пшеничной и пшенично-льняной муки использовали размольно-сортировочный агрегат РСА-5 с рифлеными вальцами для драных систем (P-10<sup>1</sup>/<sub>см</sub>) и вальцами с микрошероховатой поверхностью на размольных системах и лабораторной вымольной машины. Белизну муки определяли методом измерения отражательной способности уплотненно-сглаженной поверхности муки с применением фотоэлектрического прибора (ГОСТ 26361-2013), зольность (Z) – сжиганием муки с последующим определением массы несгораемого остатка (ГОСТ 27494-2016). Общее содержание белка (N×6,25) определяли по методу Кьельдаля (ГОСТ 10846-91), растворимого белка – по методу Лоури, жира – по Сокслету (ГОСТ 29033-91, клетчатки – по Кюшнеру и Ганеку, крахмала – по Эверсу (ГОСТ 31675-2012), восстанавливающие сахара – по методу Бертрена. Фракционный состав белков анализировали по Осборну: альбумины выделяли дистиллированной водой, глобулины – 10%-ным раствором NaCl, проламины – 70%-ным этанолом, глютелины – 0,2%-ным раствором NaOH. Ферментативную активность протеаз определяли модифициро-

ванным методом Ансона с использованием в качестве стандартного субстрата бычьего сывороточного альбумина; активность амилаз – колориметрическим методом по количеству прогидролизованного крахмала на основе оценки интенсивности окраски комплекса крахмал-йодом; активность щелочных и кислых липаз – титрометрическим методом по количеству образовавшихся жирных кислот [13]; жирно-кислотный состав – методом газовой хроматографии (хроматограф газовый 6890N с детектором масс-селективным Agilent 5975C, США).

Анализы проводили в трех повторностях, представляя результаты как средние арифметические. Расхождение между параллельными определениями не превышало 3% от среднего арифметического значения при доверительной вероятности P=0,95.

**Результаты и обсуждение.** Переработка зерносмесей, компоненты которой существенно различаются по физическо-химическим свойствам, представляет собой достаточно сложную задачу [14-16]. Для определения оптимальных значений параметров кондиционирования применяли метод контурно-графического анализа. В качестве критериев оптимизации использовали расчетный выход муки высшего сорта; максимальное значение белизны муки; отношение выхода отрубей драных систем к выходу отрубей размольных систем как характеристику эффективности крупнообразования. К оптимальным значениям показателей кондиционирования относятся: влажность не менее 15% и продолжительность отволаживания не менее 18 часов. Смешивание зерна пшеницы с семенами льна возможно непосредственно перед измельчением, что обусловлено раздельной подготовкой компонентов и самосортированием смеси при перемещении.

Устойчивость смеси зависела от близости физических свойств компонентов прежде всего размера и формы частиц, являющихся фундаментальными характеристиками сыпучего материала. Как видно из данных табл. 1, зерна пшеницы и семена льна существенно различаются по физическим свойствам. По этой причине были смоделированы основные методы смешивания для определения необходимых условий формирования бинарной зерносмеси. К ним относятся: активные – с высокой относительной скоростью перемещения компонентов на основе конвективного механизма перемещения (лопастные смесители); пассивные, в основе которых лежит перемещение скользящих относительно друг друга слоев (барабанные смесители). Оценку качества смеси проводят по коэффициенту неоднородности (коэффициенту вариации):

$$V = \frac{100}{\bar{c}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}{n-1}}, \% \quad (1)$$

где  $\bar{c}$  – среднее арифметическое значение концентрации ключевого компонента,  $c_i$  – текущее значение концентрации,  $n$  – количество измерений.

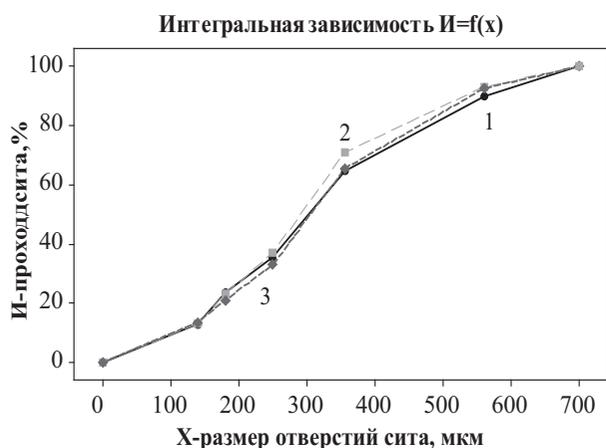


Рис. 1. Гранулометрический состав крупно-дунстовых продуктов и муки I-III драных систем с разной степенью извлечения: 1 – 66%; 2 – 72%; 3 – 79%.

Сравнение методов смешивания показало, что пассивный метод существенно уступает активному. Так, при равенстве циклов смешивания коэффициент  $V = 37,4\%$  для барабанного смесителя и  $V=15,9\%$  для шнекового смесителя. В дальнейшем использовали активный метод смешивания, что обеспечивало удовлетворительное качество процесса. Оптимальные режимы были достигнуты при зазорах на драных системах: I – 0,40 мм, II – 0,20 мм, III – 0,05 мм.

Анализ гранулометрического состава показал, что размер основной части промежуточных продуктов составляет 600-150 мкм (рис. 1). В дальнейшем это и определило подбор сит для анализа крупно-дунстовых продуктов и создания технологической схемы размола.

На основании результатов измельчения зерносмеси на крупочных драных системах разработана технологическая схема размола (рис. 2), включающая три драные, вымольную, шлифовочную и пять размольных систем, что способствовало выходу муки 70-75 %. Определены оптимальные режимы извлечения пшенично-льняной смеси – извлечение (%) / зольность (%) на I-III драных системах (в пересчете на I драную систему – зерно): для I – 53,5/1,00; II – 22,2/1,11; I+II – 75,7/1,035; I+II+III – 81,0/1,1.

Характеристика потоков муки отдельных технологических систем приведена в табл. 2. Качественные характеристики муки отдельных систем варьируют в широком диапазоне, что хорошо известно [15, 16]. Содержание жира возрастает по мере перехода от первых к последним системам измельчения. Такое распределение жира по потокам муки можно объяснить селективным характером измельчения материала, обладающего различной способностью размола. Однако неравномерное распределение жира по отдельным системам представляет определенный интерес для формирования сортов муки, обогащенной полиненасыщенными жирными кислотами.

В основе принципа формирования сортов муки лежит принадлежность отдельных потоков различным анатомическим частям зерна. Таким образом, потоки муки из центральной части эндосперма (I, II драная система, шлифовальная, 1, 2, 3 размольные системы) характеризуются низкой зольностью и высоким показателем белизны. При смешивании этих потоков был сформирован сорт муки А, сорт муки Б получен при смешивании потоков муки III драной системы, вымольной, 4 и 5 размольных систем и представляет собой измельченные периферийные части зерновки; сорт муки В – результат объединения всех потоков муки.

Химический состав сформированных сортов муки А, Б, В, представленный в табл. 3, свидетельствует об обогащении пшеничной муки белковыми, жировыми компонентами, а также клетчаткой за счет включения семян льна в состав бинарной зерносмеси. Так, массовая доля белка увеличилась на 1,0-2,0%, жира – в 1,5-3,5 раза; клетчатки – в 3,4-4,0 раза, крахмала снизилась примерно на 2-4%.

Фракционный состав растворимых белков, соотношение различных фракций имеет большое значение с позиции как оценки технологических свойств (формирование клейковины, ее количество и качество), так и биологической ценности белков, степени их усвоения [5, 11]. Данные, представленные в табл. 4, показывают соотношение фракций растворимых белков в сформированных сортах пшенично-льняной муки. Следует отметить существенное увеличение доли альбумино-глобулиновой фракции в этих образцах по отношению к спирто- и щелочерастворимым белкам, а также к пшеничной муке, у которой доля клейковинных белков преобладает.

Табл. 2. Выход и качество потоков муки отдельных систем

Образец	Показатели качества потоков муки				
	выход, %	белизна, ед.	белок, %	жир, %	зола, %
Мука с драной системы:					
I	17,7	41,0	13,13	3,7	0,75
II	3,8	29,3	15,42	5,4	0,94
III	3,2	7,8	19,37	8,5	1,34
Мука с вымольной системы	4,9	45,3	12,25	3,8	0,55
Мука со шлифовочной системы	6,5	38,6	12,97	3,9	0,68
Мука с размольных систем:					
1	9,9	38,7	13,14	3,4	0,54
2	4,0	37,8	13,25	4,1	0,67
3	1,0	12,5	15,09	7,9	
4	2,5	24,5	12,99	5,1	0,85
5	5,9	12,6	13,62	4,7	0,74

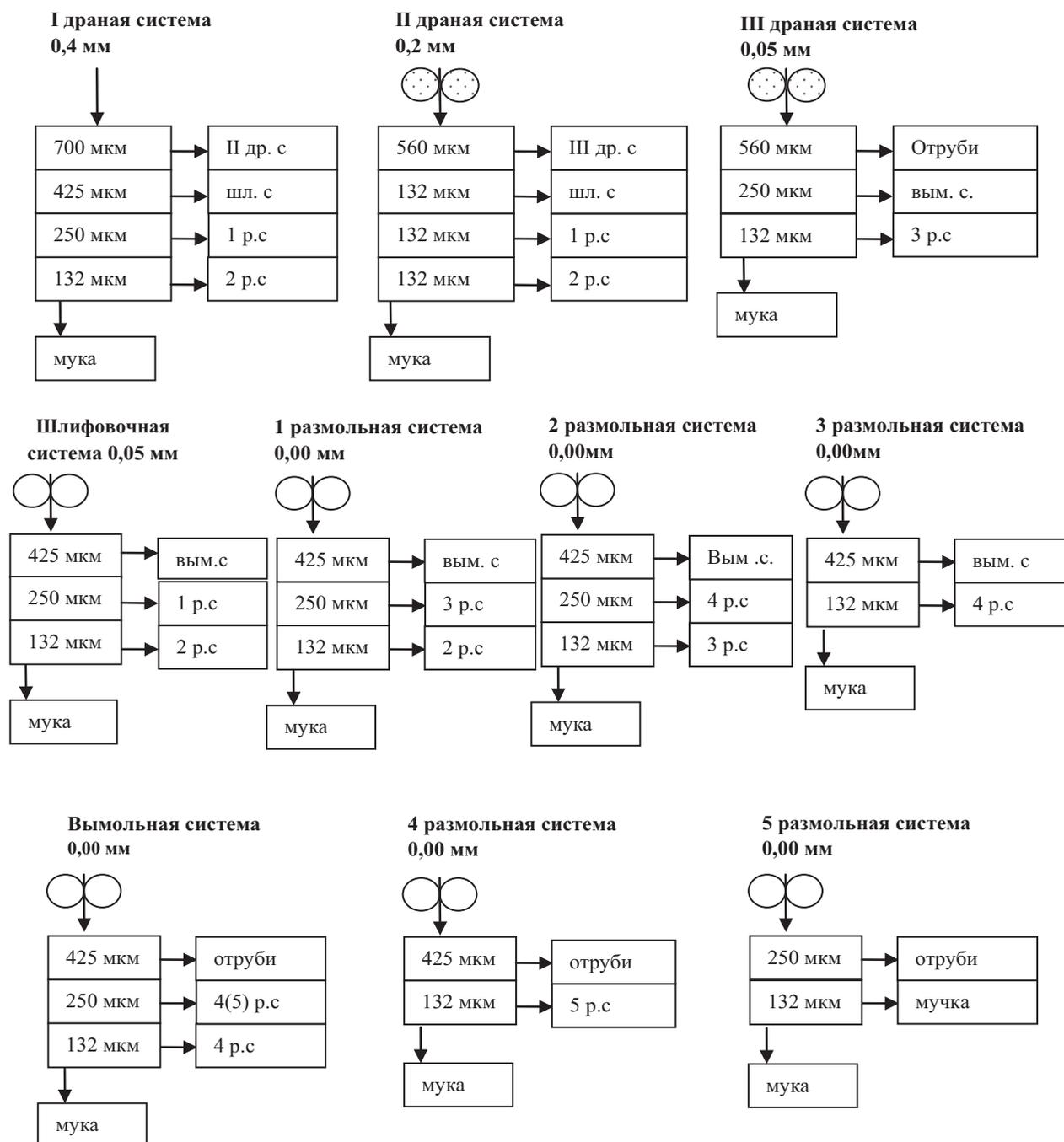


Рис. 2. Технологическая схема лабораторного помола бинарной зерносмеси.

Табл. 3. Химический состав сортов муки

Образец муки	Белок (N×6,25), %	Жир, %	Крахмал, %	Клетчатка, %	Восстанавливающие сахара, %
Сорт А	13,16	3,6	69,52	1,60	0,16
Сорт Б	14,38	5,6	64,85	1,92	0,18
Сорт В	13,58	4,3	68,11	1,86	0,16
Контроль: пшеничная высшего сорта	12,65	1,6	72,10	0,46	0,14

При переработке зерна в муку разрушается клеточная структура и, как следствие, усиливаются окислительные и гидролитические процессы [5, 6, 17]. В связи с этим представляет интерес оценка активности основных гидролитических ферментов в образцах сформированных сортов пшенично-льняной муки. Так, величина протеолитической активности, наряду с другими биохимическими показателями, имеет большое значение, поскольку протеиназы способны активно гидролизовать собственные, в том числе и клейковинные белки, а также участвовать в регуляции активности других ферментных систем, например, амилаз, что сказывается на технологическом процессе и готовом

**Табл. 4. Фракционный состав растворимых белков**

Образец муки	Фракционный состав растворимых белков, % от общего количества				
	альбумины	глобулины	проламины	глотелины	нерастворимый остаток
Сорт А	15,8	18,8	30,8	28,6	6,0
Сорт Б	13,2	18,5	29,6	29,8	7,8
Сорт В	14,8	20,2	28,8	30,2	6,0
Контроль: пшеничная, высшего сорта	8,4	17,0	35,8	30,8	8,0

продукте. Амилазы также важны при оценке качества муки и изделий из нее. Высокая амилолитическая активность отрицательно сказывается на хлебопекарных достоинствах муки.

В пшеничной муке субстратом для липаз служат собственные липиды, содержание которых достигает 1,5-2,0% от массы, а в исследуемых образцах пшенично-льняной муки – 3,6-5,6%. Липазы влияют на реологические свойства теста, удельный объем изделий, структуру и цвет мякиша. Они также снижают скорость черствения хлеба, что зависит от действия продуктов гидролиза – моноглицеридов и жирных кислот, которые образуют комплексы с амилозой, замедляют ее ретроградацию. Есть мнение, что липазы изменяют взаимодействие между белками и липидами муки, улучшают качество клейковины. Растительные липазы характеризуются оптимальным значением pH: зерновые липазы проявляют активность в щелочной области (pH 8,0), липазы масличных культур – в кислой (pH 4,7) [18].

Изучение активности гидролитических ферментов показало, что активность протеаз и амилаз в исследуемых образцах пшенично-льняной муки изменяется незначительно, а активность щелочных липаз остается неизменной по отношению к пшеничной муке (контроль). При этом активность кислых липаз примерно в 1,5 раза выше, чем щелочных липаз в исследуемых образцах пшенично-льняной муки. Это связано с присутствием продуктов размола семян льна и может сказываться на сроках хранения муки такого типа. Однако хранение исследуемых образцов в лабораторных условиях при 4-6 °С в течение 14 недель привело к незначительному увеличению активности кислых липаз – на 1,8-2,5%.

Данные жирнокислотного состава сортов пшенично-льняной муки представлены в табл. 5. Так, содержание линолевой кислоты (ω-6) было меньше в образце пшеничной муки в 1,6-3,3 раза, чем в образцах пшенично-льняной муки (0,93% против 1,51-3,14%) с учетом общего содержания жира в образцах; содержание линоленовой кислоты (ω-3) – соответственно в 36,8-57,2 раза (0,047% против 1,73-2,69%).

Хлеб, выпеченный из пшенично-льняной муки, имел достаточно хороший объемный выход – 524 и 505 см<sup>3</sup>/100 г муки и удельный объем – 4,02 и 4,38 г/см<sup>3</sup> (за исключением образца № 2). Все образцы хлеба отличались высокой оценкой внешнего вида. Пористость равномерная средняя и мелкая составила 83-82%, максимальная суммарная органолептическая оценка – 10 и 9 баллов из 10 возможных у образцов муки сорта А и В (рис. 3).

На основании выявленных закономерностей подготовки и размола бинарных зерновых смесей разработаны технологические схемы процессов получения композиционных видов муки с заданными технологическими свойствами и повышенной пищевой ценностью за счет обогащения полиненасыщенными жирными кислотами семейства ω-3, ω-6 традиционных видов зерна путем добавления в него семян льна. Такую муку можно рекомендовать для хлебопекарных и кондитерских целей.



**Рис. 3. Хлеб из муки разных сортов:**  
1 – контроль (пшеничная мука);  
2-4 – пшенично-льняная мука соответственно сортов А, Б и В.

**Табл. 5. Жирнокислотный состав сортов пшенично-льняной муки**

Показатель	Содержание ВЖК, %			
	мука пшеничная высший сорт	мука пшенично-льняная, сорт А	мука пшенично-льняная, сорт Б	мука пшенично-льняная, сорт В
С 16 : 0 пальмитиновая	19.64 ± 1.57	18.79 ± 7.50	12.54 ± 1.00	15.44 ± 1.24
С 18 : 0 стеариновая	1.21 ± 0.13	5.79 ± 0.46	4.81 ± 0.53	5.26 ± 0.42
С 18 : 1 олеиновая	17.54 ± 1.40	28.50 ± 1.43	22.54 ± 1.8	25.15 ± 0.02
С 18 : 2 линолевая	57.95 ± 2.90	41.21 ± 3.06	55.57 ± 2.78	49.97 ± 2.46
С 18 : 3 линоленовая	2.95 ± 0.32	48.80 ± 0.54	39.23 ± 0.43	45.10 ± 0.45
С 20 : 0 арахидиновая	< 0.1	0.25 ± 0.03	0.17 ± 0.02	< 0.1
С 20 : 1 гондоиновая	0.73 ± 0.08	0.58 ± 0.06	0.39 ± 0.04	0.31 ± 0.03
С 20 : 2 эйкозодиеновая	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
С 22 : 0 бегеновая	< 0.1	0.29 ± 0.03	0.15 ± 0.02	0.15 ± 0.02

**Литература**

1. Цыганова Т.Б., Миневиц И.Э., Зубцов В.А., Оситова Л.Л. Пищевая ценность семян льна и перспективные направления их переработки. – Калуга: Эйдос, 2010. – 124 с.
2. Панкратов Г.Н., Мелешикина Е.П., Витол И.С., Кандроков Р.Х., Жильцова Н.С. Особенности продуктов переработки двухкомпонентных смесей пшеницы и льна // *Хлебопродукты*. – 2018. – № 12. – С. 42 – 46. <https://doi.org/10/32462-0235-2508-2018-0-12-42-46>
3. Конева С.И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий // *Ползуновский вестник*. – 2016. – № 3. – С. 35-37.
4. Сигарева М.А., Могильный М.П., Шалтумаев Т.Ш. Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2015. – № 5-6. – С. 42-45.
5. Витол И.С., Панкратов Г.Н., Мелешикина Е.П., Кандроков Р.Х. Особенности состава и белково-протеинового комплекса муки из двухкомпонентной зерновой смеси и семян льна // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2019. – № 6 (59). – С. 83-85.
6. Витол И.С., Панкратов Г.Н., Мелешикина Е.П. Углеводно-амилазный и липидный комплексы муки из двухкомпонентной зерновой смеси пшеницы и льна // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2020. – № 1. – С. 57-61.
7. Зайцева Л. В., Нечаев А.П. Баланс полиненасыщенных жирных кислот в питании // *Пищевая промышленность*. – 2014. – № 11. – С. 56-59.
8. Rabetafika H.N., Van Remoortel V., Danthine S., Paquot M. and Blecker C. Flaxseed proteins: food uses and health benefits // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2011. – № 46. – P. 221-228. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02477.x>
9. Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive components of flaxseed and its health benefits // *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. – 2015. – V. 31. – № 1. – P. 42-51.
10. Бакуменко О.Е., Шатнюк Л.Н. Технологические аспекты применения льняной муки в пищевых концентратах функционального назначения // *Хлебопродукты*. – 2017. – № 6. – С. 56-59.
11. 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. – V. 58. – P.89–97.
12. Goyal, Sharma V., Upadhyay N., Gill S. and Sigag M. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food // *Journal Food Science Technology*. – 2014. – V. 51. – № 9. – P. 1633–1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
13. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А., Колпакова В.В., Витол И.С., Кобелева И.Б. Пищевая химия. Лабораторный практикум. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 304 с.
14. Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов: монография. – Воронеж: ВГУ, 2002. – 296 с.
15. Панкратов Г.Н., Резчиков В.А. Физико-химические основы зерновых технологий. – М.: ИК МГУПП, 2007. – 120 с.
16. Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 348 с.
17. Гридина С.Б., Зинкевич Е.П., Владимирцева Т.А., Забусова К.А. Ферментативная активность зерновых культур // *Вестник Краснодарского государственного аграрного университета*. – 2014. – № 8. – С. 57-60.
18. Демченко Ю.А. Липаза: свойства источника, способы получения, применение // *Наука: комплексные проблемы. Сетевое электронное научное издание. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.nignikr.adygnet.ru> (дата обращения 23.12.2019)*. – 2018. – Вып. 2. – С.15 – 34.

**Поступила в редакцию 27.01.20**  
**После доработки 10.02.20**  
**Принята к публикации 01.03.20**