

Юлия Владиславовна Устинова¹, Дмитрий Михайлович Бородулин²,

Максим Валерьевич Просин³, Денис Викторович Доня⁴

^{1,2,3,4}Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

¹yul48888048@yandex.ru

²borodulin@rgau-msha.ru

³prosinmv@yandex.ru

⁴doniadv@rambler.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ОВСА

Цель исследования – изучить физико-химические и функциональные свойства различных сортов овса, для использования его в дальнейшем в качестве пищевых ингредиентов. Объекты исследования – пять сортов овса: Кречет, Аллюр, Иртыш, Яков, Комес. Были определены физико-химические характеристики муки из пяти сортов овса. Аминокислотный состав различных сортов овса определяли с помощью гидролиза. Исследовали микрофотографии образцов овсяной муки. Физико-химические показатели качества хлеба определяли по ГОСТ Р 58233-2018. Пять сортов овса были охарактеризованы по физико-химическим, функциональным свойствам, определен аминокислотный состав овса. Образец № 5 (сорт Комес) показал максимум содержания белка – 13,88 г, указывающее на возможность использования в качестве источника белка для питания человека, в то время как образец № 4 (сорт Яков) его превосходил по содержанию клетчатки (18,76 г). Образец № 1 (сорт Кречет) показал самое высокое содержание жира – 6,67 г. Максимальное содержание влажности определено у образца № 4 (сорт Яков) – 9,55 г. Образец № 5 показал максимальное содержание золы – 6,09 г. Образец № 2 (сорт Аллюр) показал максимальное значение массы тысячи зерен – 36,74 г. Наибольшую водопоглощающую, маслопоглощающую способность показал образец № 4 (сорт Яков). Самая высокая пенообразующая способность была продемонстрирована у образца № 2 (20 %). Образец № 4 был бы хорошей заменой клетчатки, а также обладал бы другими функциональными свойствами, включая общее содержание флавоноидов, антоцианов. Микрофотографии образцов овсяной муки показали: средний размер гранул образцов овсяного крахмала находился в пределах 1,5–6,6 мкм в муке сорта Аллюр, 1,1–5,2 мкм в муке сорта Яков и 1,7–6,8 мкм в муке сорта Комес. При исследовании показателей качества хлеба из смеси овсяной и пшеничной муки было выявлено, что рекомендуется вносить овсяную муку в рецептуру не более 30 %, поскольку данное количество не несет существенного изменения качества хлеба.

Ключевые слова: овес, физико-химические характеристики овса, функциональные свойства овса, аминокислотный состав овса, хлеб, клетчатка, мука, белок

Для цитирования: Устинова Ю.В., Бородулин Д.М., Просин М.В., и др. Физико-химические и функциональные свойства различных сортов овса // Вестник КрасГАУ. 2026. № 1. С. 227–237. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-1-227-237.

Yulia Vladislavovna Ustinova¹, Dmitry Mikhailovich Borodulin², Maksim Valerievich Prosin³,

Denis Viktorovich Donya⁴

^{1,2,3,4}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

¹yul48888048@yandex.ru

²borodulin@rgau-msha.ru

³prosinmv@yandex.ru

⁴doniadv@rambler.ru

PHYSICO-CHEMICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF VARIOUS VARIETIES OF OATS

The aim of the study is to investigate the physicochemical and functional properties of different oat varieties for their future use as food ingredients. The objects of the study were five oat varieties: Krechet, Allur, Irtysh, Yakov, and Komes. The physicochemical characteristics of flour from the five oat varieties were determined. The amino acid composition of different oat varieties was determined using hydrolysis. Micrographs of oat flour samples were examined. The physicochemical quality indicators of bread were determined according to GOST R 58233-2018. Five oat varieties were characterized by their physicochemical and functional properties, and the amino acid composition of oats was determined. Sample No. 5 (Komes variety) showed the maximum protein content – 13.88 g, indicating the possibility of using it as a protein source for human nutrition, while sample No. 4 (Yakov variety) surpassed it in fiber content (18.76 g). Sample No. 1 (Krechet variety) showed the highest fat content – 6.67 g. The maximum moisture content was determined in sample No. 4 (Yakov variety) – 9.55 g. Sample No. 5 showed the maximum ash content – 6.09 g. Sample No. 2 (Allur variety) showed the maximum thousand grain weight – 36.74 g. Sample No. 4 (Yakov variety) demonstrated the highest water and oil absorption capacity. Sample No. 2 demonstrated the highest foaming capacity (20 %). Sample No. 4 would be a good fiber substitute and would also possess other functional properties, including total flavonoid and anthocyanin content. Micrographs of oat flour samples showed that the average granule size of oat starch samples ranged from 1.5 to 6.6 μm in Allur flour, 1.1 to 5.2 μm in Yakov flour, and 1.7 to 6.8 μm in Komes flour. A study of the quality of bread made from a mixture of oat and wheat flours revealed that it is recommended to add no more than 30 % of oat flour to the recipe, as this amount does not significantly alter the quality of the bread.

Keywords: oats, physicochemical characteristics of oats, functional properties of oats, amino acid composition of oats, bread, fiber, flour, protein

For citation: Ustinova YuV, Borodulin DM, Prosin MV, et al. Physico-chemical and functional properties of various varieties of oats. *Bulletin of KSAU*. 2026;(1):227-237. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-1-227-237.

Введение. Растения являются незаменимыми компонентами питания человека и используются на протяжении всей жизни. Злаки относятся к основным продуктам питания, которые ежедневно потребляются в России. Овес (*Avena Sativa* L.) выращивается по всему миру [1, 2].

Овес относится к числу зерновых культур, обладающих множеством биологически активных веществ с существенной пользой для здоровья за счет высокого содержания пищевых волокон [3]. Овсяный белок содержит 80 % глобулинов, 15 % проламина, 4 % глютелина и 1 % альбумина. Он также содержит 5–9 % липидов, из которых 78–81,5 % являются ненасыщенными [4, 5] Антиоксидантный потенциал овса обусловлен присутствием 5,7 % фенольных соединений. Овес также содержит жизненно важные витамины, такие как витамин В₁ (0,002 %), витамин В₂ (0,001 %), витамин В₃ (0,032 %) и витамин Е (0,84 %) [6, 7]. Химический состав овса обычно зависит от сорта и состава почвы. Анализ питания очищенных и неочищенных зерен овса показал, что в неочищенных зернах содержится больше белка, жира и меньше клетчатки. Химическая структура фенольных соеди-

нений из овса указывает на то, что они содержат фенольные кислоты и полифенол с гидроксильной группой. Присоединенная гидроксильная группа придает овсу антиоксидантные свойства, и следовательно, он обладает нутрицевтическим эффектом [8]. Овес обладает высоким антиоксидантным потенциалом благодаря наличию авентрамидов, фенольных соединений, витамина Е и фитиновой кислоты.

Овсяное зерно, помимо питательной ценности, является самым богатым источником биологически активных компонентов. Зерна овса, присутствующие в наружном слое, содержат флавоноиды, стеролы, а также пищевые волокна и фитохимические вещества, обладающие противораковыми свойствами. Овес является источником растворимых пищевых волокон и фитохимикатов, имеющих важное нутрицевтическое значение, таких как авенантрамиды и авенакозиды А, В, обладающие противовоспалительными и антиоксидантными свойствами [9–11].

Овсяный β -глюкан. D- β -глюкан (β -глюкан) является наиболее растворимым волокном. β -глюкан содержится в овсе и ячмене, в зернах овса содержание β -глюкана колеблется от 3 до 9 %

[12, 13]. Большая часть β -глюкана содержится в клеточных стенках эндосперма зерен. β -глюкан состоит из мономеров β -D-глюкопиранозы (рис. 1) в линейной цепи, и мономеры связаны последовательными связями, которые разделены одиночными связями. Связь не бывает последовательной, и это считается причиной гибкости и растворимости β -глюкана. Связь также способствует высокой способности β -глюкана связывать воду [14–16].

Физиологические преимущества β -глюкана. Различные исследования показали зависимость пользы для здоровья от β -глюкана, влияющего на желудочно-кишечный тракт [17].

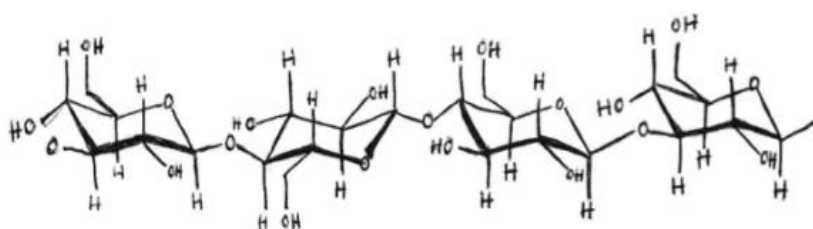


Рис. 1. Структура D- β -глюкана из овса
The structure of D- β -glucan from oats

Цель исследования – изучить физико-химические и функциональные свойства различных сортов овса для использования его в дальнейшем в качестве пищевых ингредиентов.

Задачи: определить физико-химические характеристики муки из пяти сортов овса, насыпную плотность пяти сортов овса по ГОСТ 30046-93, изучить аминокислотный состав сортов овса с помощью гидролиза, исследовать микрофотографии образцов овсяной муки, показатели качества хлеба из смеси овсяной и пшеничной муки.

Объекты и методы. В качестве объектов в работе использовали пять сортов овса: Кречет, Аллюр, Иртыш, Яков, Комес.

Овес был правильно очищен от посторонних примесей для дальнейшего использования. После очистки, удаления посторонних примесей зерна овса измельчали с помощью циклонной мельницы в муку и пропускали через сетку размером 20 мм.

Физико-химические характеристики муки из пяти сортов овса были определены с использованием следующих методов.

1. Содержание влаги в овсяной муке измеряли путем сушки при $(130 \pm 5)^\circ\text{C}$ в соответствии с описанным методом по ГОСТ ISO 24557-2015.

Продукты с низким гликемическим индексом (ГИ) связаны со снижением риска таких заболеваний, как диабет 2-го типа, сердечно-сосудистые заболевания и ожирение. Прием пищи с низким ГИ приводит к медленному повышению уровня глюкозы в крови, что приводит к снижению секреции инсулина по сравнению с пищей с высоким ГИ. Исследования показали, что β -глюкан с высокой молекулярной массой обладает низкой гликемической реакцией. Реакция приводит к задержке всасывания углеводов и глюкозы, и как результат – к снижению реакции на инсулин [18–20].

2. Для определения сырого белка использовали метод Кьельдаля по ГОСТ Р 54607.7-2016.

3. Содержание жира в образцах муки определяли с помощью аппарата Сокслета в соответствии с ГОСТ 29033-91.

4. Сырую клетчатку оценивали путем переваривания обезжиренных образцов овсяной муки в 1,25 %-й серной кислоте с последующим 1,25 %-м раствором гидроксида натрия в соответствии с ГОСТ 31675-2012.

5. Содержание золы оценивали путем воспламенения образца массой 5 г в муфельной печи при температуре 550°C . Остаток после сжигания охлаждали в эксикаторах и взвешивали (ГОСТ 26312.5-84).

6. Сорта овса были проанализированы на предмет массы 1000 зерен (ГОСТ ISO 520-2014) и насыпной плотности (ГОСТ 30046-93).

7. Аминокислотный состав различных сортов овса определяли следующим образом: сначала образец подвергали гидролизу 30 мл 6 N HCl. Затем образец инкубировали при 130°C в течение 24 ч.

Результаты и их обсуждение. Результаты физико-химических характеристик различных сортов овса представлены в таблице 1. Среди сортов масса 1000 зерен значительно разли-

чается и варьируется в диапазоне от 29,63 до 36,74 г. Самые высокие и самые низкие показатели были показаны у образцов № 1 и 2 соответственно.

Физико-химическая характеристика сортов овса позволит изучить их потенциал для использования в пищевой промышленности. Предварительный анализ зерна различных сортов овса приведен в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические характеристики различных сортов овса
Physico-chemical characteristics of various varieties of oats

| Образец | Белки, г | Сырая клетчатка, г | Жир, г | Влажность | Содержание золы, г | Масса тысячи зерен, г |
|--------------|------------|--------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------------------|
| № 1 – Кречет | 7,62±0,06 | 13,56±0,02 | 6,67±0,01 | 6,39±0,05 | 5,07±0,01 | 29,63±0,01 |
| № 2 – Аллур | 8,56±0,07 | 13,58±0,02 | 6,38±0,01 | 7,80±0,01 | 3,02±0,02 | 36,74±0,02 |
| № 3 – Иртыш | 11,12±0,05 | 11,34±0,02 | 6,31±0,01 | 6,86±0,01 | 3,05±0,01 | 30,35±0,04 |
| № 4 – Яков | 8,95±0,06 | 18,76±0,02 | 6,15±0,01 | 9,55±0,01 | 4,68±0,01 | 33,38±0,01 |
| № 5 – Комес | 13,88±0,05 | 14,75±0,02 | 6,15±0,01 | 6,75±0,05 | 6,09±0,01 | 35,24±0,05 |

Содержание белка среди сортов значительно различается и находится в диапазоне от 7,62 до 13,88 г. Содержание сырой клетчатки среди сортов варьировалось от 11,34 до 18,76 г. Образец № 4 показал самое высокое содержание сырой клетчатки. Клетчатка является важным питательным компонентом, имеющим большую функциональную направленность. Она играет регулируемую роль для различных физиологических функций, начиная от регуляции и заканчивая лечением хронических заболеваний. Также она выполняет несколько функций, которые способствуют лучшему перевариванию пищи и поддержанию здоровья кишечника.

Образцы № 1, 2 были статистически на одном уровне с точки зрения содержания клетчатки. Содержание жира среди сортов варьировалось от 6,15 до 6,67 г. Самое высокое содержание жира наблюдалось в образце № 1 – у сорта Кречет. Содержание золы среди сортов варьировалось от 3,02 до 6,09 г. Влажность у исследуемых образцов варьировалась от 9,55 до 6,39.

Функциональные свойства овсяной муки. Функциональное исследование определяет пригодность тестируемых сортов для различных операций по производству и переработке пищевых продуктов. Благодаря более высокому содержанию β-глюканов овсяная мука обладает более высоким коэффициентом водопоглощения. Содержание глобулина в овсяной муке улучшает ее пригодность для хлебопекарной промышленности. Результаты, относящиеся к функциональным характеристикам, указаны в таблице 2.

Водопоглощающая способность зависит от гидрофильности полярных или заряженных боковых цепей биомакромолекул, таких как углеводы и белки в муке. Водопоглощающая способность муки влияет на ее кулинарные свойства и характеристики продукта. Водопоглощающая способность значительно различалась у разных сортов и составляла от 172,56 до 188,99 %. Полярная аминокислота в муке определяет водопоглощающую способность. Самая высокая водопоглощающая способность может быть обусловлена увеличением содержания амилозы, выщелачиванием и потерей кристаллической структуры растворимого крахмала. Мука с большей фракцией полисахаридов обладает гораздо большей водопоглощающей способностью по сравнению со всеми остальными.

Белок влияет на способность поглощения масла, обладая как гидрофильной, так и гидрофобной природой.

Неполярная боковая цепь аминокислоты может образовывать гидрофобную ассоциацию с липидами в муке. Маслопоглощающая способность у исследуемых сортов значительно отличалась друг от друга с точки зрения эмульсионной активности. Низкая гибкость белковой пленки образует большие пузырьки воздуха и имеет большую склонность к разрыву, следовательно, снижает пенообразующую способность. Основным компонентом, влияющим на способность поглощения масла, является белок, состоящий как из гидрофильной, так и из гидрофобной части. Также неполярные аминокислотные боковые цепи способны взаимодействовать с углеводо-

родными цепями липидов посредством гидрофобных взаимодействий. Маслопоглощающая способность сортов находился в диапазоне

185,23–219,00 %. Образец № 4 обладал наибольшей способностью поглощения масла, наименьшая была у образца № 5.

Таблица 2

Функциональные свойства овсяной муки, %
Functional properties of oatmeal, %

| Образец | Водопоглощающая способность | Маслопоглощающая способность | Пенообразующая способность |
|---------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| № 1 | 174,33÷3,20 | 188,67÷5,00 | 6,66÷0,61 |
| № 2 | 181,00÷4,10 | 197,00÷5,01 | 20,00÷1,00 |
| № 3 | 183,45÷5,10 | 209,00÷5,45 | 17,00÷1,00 |
| № 4 | 188,99÷4,03 | 219,00÷7,54 | 10,00÷1,00 |
| № 5 | 172,56÷3,04 | 185,23÷7,56 | 8,55÷0,61 |

Способность к пенообразованию среди сортов варьировалась от 6,66 до 20,00 %. Максимальную пенообразующую способность показал образец № 2, сорт Аллюр.

Аминокислотный состав сортов овса. Белок является важным структурным и функциональным питательным ингредиентом. Пита-

тельные качества белка определяются аминокислотным составом и усвояемостью. Незаменимые аминокислоты вносят вклад в питательные качества белка. Аминокислотный состав овсяной муки из разных сортов овса, представлен в таблице 3.

Таблица 3

Аминокислотный состав овсяной муки из разных сортов овса, г, кг⁻¹ в пересчете на сухой вес
Amino acid composition of oatmeal from different varieties of oats, g, kg⁻¹ in terms of dry weight

| Аминокислота | Образец № 1 | Образец № 2 | Образец № 3 | Образец № 4 | Образец № 5 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Изолейцин | 4,19 | 4,02 | 4,0 | 3,93 | 4,24 |
| Лейцин | 9,06 | 8,57 | 8,99 | 8,77 | 9,02 |
| Треонин | 4,06 | 3,93 | 4,09 | 4,05 | 4,17 |
| Лизин | 3,62 | 3,44 | 3,58 | 3,45 | 3,61 |
| Метионин | 1,17 | 1,12 | 1,45 | 1,39 | 1,63 |
| Фенилаланин | 4,83 | 4,83 | 5,33 | 3,94 | 5,29 |
| Валин | 4,15 | 5,87 | 5,36 | 5,28 | 5,92 |
| Гистидин | 2,98 | 2,86 | 3,57 | 3,32 | 3,53 |
| Серин | 4,92 | 4,75 | 5,05 | 4,96 | 5,07 |
| Пролин | 6,69 | 6,82 | 6,83 | 6,61 | 6,96 |
| Тирозин | 3,11 | 3,37 | 3,44 | 3,42 | 3,42 |
| Аланин | 5,08 | 4,88 | 5,27 | 5,01 | 5,27 |
| Аргинин | 9,25 | 9,13 | 9,39 | 9,52 | 9,64 |
| Аспарагиновая кислота | 8,10 | 7,90 | 8,12 | 8,04 | 8,19 |
| Глутаминовая кислота | 22,91 | 22,38 | 22,77 | 23,61 | 24,02 |
| Глицин | 5,27 | 5,26 | 5,58 | 5,53 | 5,69 |

Сумма незаменимых аминокислот варьировалась от 34,06 до 37,41 г кг⁻¹. Самое высокое содержание незаменимых аминокислот было показано у образца № 5. Несущественное содержание аминокислот в сортах варьировалось от 64,49 до 68,26 г кг⁻¹.

Овес является лучшим источником как незаменимых, так и заменимых аминокислот. Усло-

вия выращивания, сортовые различия, погодные условия могут влиять на содержание белка и способствовать увеличению содержания незаменимых и заменимых аминокислот в различных сортах.

Пенообразующая способность овсяной муки. Мука способна образовывать пену благодаря поверхностно-активным растворимым бел-

кам в непрерывных водных фазах. Овес является единственным злаком, содержащим глобулин. Пенообразующая способность овсяной муки представлена в таблице 4. Значения пенообразующей способности значительно варьировались с изменением pH.

Мука при pH 2, 4, 6, 8 и 10 показала значения в диапазоне 12,003–32,433; 26,513–43,966; 25,87–31,633; 9,136–30,103 и 11,926–67,303

соответственно. Пенообразующая способность и стабильность в основном зависят от способности белков уменьшать поверхностное натяжение путем образования межфазной пленки, которая поддерживает пузырьки воздуха в суспензии и замедляет их слияние. Помимо белков, пенообразующая способность муки также зависит от углеводов.

Таблица 4

Способность овсяной муки к пенообразованию
The ability of oatmeal to foam

| Образец | pH = 2 | pH = 4 | pH = 6 | pH = 8 | pH = 10 |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| № 1 | 32,433±0,378 | 43,966±0,251 | 31,633±0,550 | 30,103±0,985 | 67,303±1,058 |
| № 2 | 25,333±1,527 | 36,306±0,100 | 26,966±0,838 | 25,593±0,467 | 66,213±0,015 |
| № 3 | 25,366±0,763 | 33,579±3,792 | 26,633±1,350 | 25,446±0,688 | 65,15±0,992 |
| № 4 | 13,206±2,155 | 27,433±0,404 | 27,166±0,089 | 9,803±0,453 | 12,793±2,095 |
| № 5 | 12,003±2,207 | 26,513±0,345 | 25,87±1,238 | 9,136±0,236 | 11,926±1,523 |

Пенообразующую стабильность при различном pH изучали в течение 1 ч. Наблюдалась значительная разница в стабильности пены, поскольку pH варьировался от 2 до 10. Самая высокая стабильность пены наблюдалась при pH 4–6 по сравнению с другими pH. Возможная причина может быть связана со стабильными

конформациями белков в их изоэлектрических точках или более высокой растворимостью белков при pH.

Микрофотографии овсяной муки. Микрофотография трех сортов овсяной муки показана на рисунке 2.

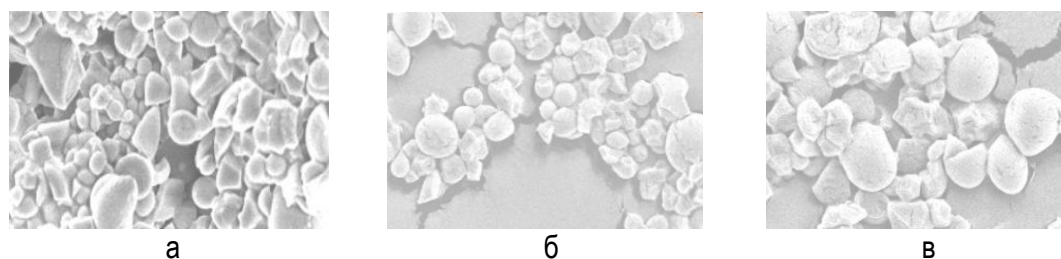


Рис. 2. Электронная микрофотография овсяной муки: а – мука сорта Аллюр; б – мука сорта Яков; в – мука сорта Комес

Electronic micrography of oat flour: a – Allure flour; б – Yakov flour; в – Komes flour

Образцы муки показали наличие как мелких, так и крупных гранул крахмала, овальной или неправильной формы, с гладкой поверхностью, имеющей некоторые вмятины или трещины, и поврежденные крахмалы с разными размерами. Средний размер гранул образцов овсяного крахмала находился в пределах 1,5–6,6 мкм в муке сорта Аллюр, 1,1–5,2 мкм в муке сорта Яков и 1,7–6,8 мкм в муке сорта Комес. Было обнаружено, что средний размер гранул овсяно-

го крахмала варьируется от 3 до 10 мкм. Гранулообразная форма и распределение крахмала по размерам являются уникальными свойствами, которые влияют на функциональность муки.

Для хлеба из смеси овсяной (сорт овса Яков) и пшеничной муки первого сорта исследовали физико-химические показатели качества (табл. 5). В качестве контрольного образца исследовали хлеб, испеченный из 100 % муки пшеничной первого сорта.

Физико-химические показатели качества хлеба
Physico-chemical indicators of bread quality

| Показатель | Овсяная мука, % | | | | | | |
|--|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Объем хлеба на единицу массы, см ³ /г | 2,60 | 2,50 | 2,50 | 2,47 | 2,10 | 1,7 | 1,4 |
| Воздухопроницаемость мякиша, % | 68,10 | 68,0 | 67,80 | 67,50 | 65,10 | 60,00 | 55,68 |
| Кислотность мякиша, град. | 1,60 | 1,70 | 1,70 | 1,75 | 1,97 | 2,50 | 2,67 |
| Влажность мякиша, % | 37,80 | 38,10 | 38,30 | 38,00 | 37,50 | 39,25 | 40,00 |
| Формоустойчивость подового хлеба | 0,65 | 0,63 | 0,63 | 0,61 | 0,55 | 0,62 | 0,76 |

Применение 60 % овсяной муки в рецептуре теста привело к ухудшению структуры мякиша, выраженному в снижении его пористости на 20 % относительно контрольного образца. Увеличение содержания овсяной муки в диапазоне 50–60 % привело к уменьшению удельного объема хлеба на половину. Высокая способность овсяной муки поглощать воду способствовала увеличению влажности мякиша на 10 %. Формоустойчивость подового хлеба повысилась

незначительно, что обусловлено трансформацией соотношения глютелинов и глиадинов в тесте при добавлении овсяной муки. Отмечалось снижение общего качества хлеба, изготовленного из пшеничной и овсяной муки, по мере увеличения доли овсяной муки в смеси. Для детального понимания наблюдаемых эффектов было проведено исследование характеристик сырой клейковины (рис. 3, 4).

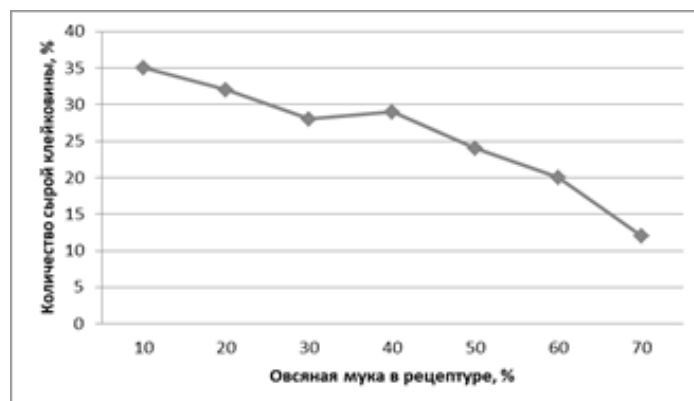


Рис. 3. Изменение количества сырой клейковины при использовании овсяной муки
Changes in the amount of raw gluten when using oat flour

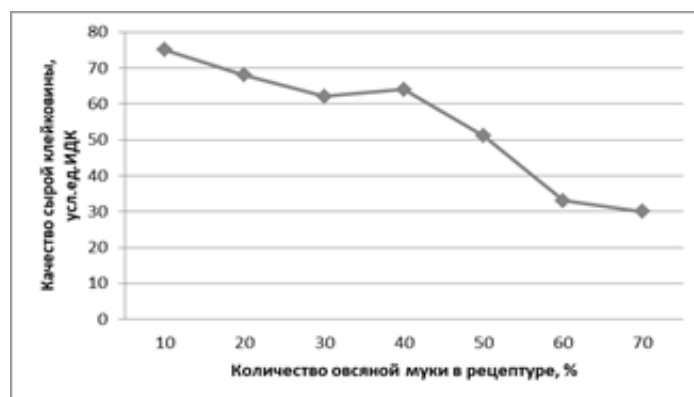


Рис. 4. Влияние овсяной муки в рецептуре на качество сырой клейковины
The effect of oatmeal in the formulation on the quality of raw gluten

За счет клейковинообразующих фракций белка в смеси происходит понижение клейковины. Данный факт подтверждается за счет поперечных связей между молекулами белка. При добавлении в смесь более 30 % овсяной муки происходит резкое снижение количества сырой клейковины в смеси. Качество клейковины по мере увеличения доли овсяной муки в смеси также меняется.

Заключение. Результаты физико-химических характеристик сортов овса показали, что масса 1000 зерен значительно различается и варьируется в диапазоне от 29,63 до 36,74 г. Самые высокие и самые низкие показатели были показаны у образцов № 1 и 2.

Содержание белка среди сортов овса различается и находится в диапазоне от 8,95 до 13,88 г. Содержание сырой клетчатки среди сортов варьируется от 11,34 до 18,76 г. Образец № 4 показал самое высокое содержание сырой клетчатки.

Образцы № 1 и 2 статистически на одном уровне с точки зрения содержания клетчатки. Содержание жира среди сортов варьировалось от 6,15 до 6,67 г. Самое высокое содержание жира наблюдалось в образце № 1 – у сорта Кречет. Содержание золы среди сортов варьировалось от 3,02 до 6,09 г. Влажность у исследуемых образцов варьировалась от 9,55 до 6,39.

Водопоглощающая способность значительно различалась у разных сортов и составляла от 172,56 до 188,99 %.

Маслопоглощающая способность сортов находилась в диапазоне 185,23–219,00 %. Образец

№ 4 обладал наибольшей способностью поглощения масла, наименьшая была у образца № 5.

Способность к пенообразованию среди сортов варьировалась от 6,66 до 20,00 %. Максимальную пенообразующую способность показал образец № 2, сорт Аллюр.

Самое высокое содержание незаменимых аминокислот было показано у образца № 5. Незначительное содержание аминокислот в сортах варьировалось от 64,49 до 68,26 г кг⁻¹.

Мука при pH 2, 4, 6, 8 и 10 показала значения пенообразующей способности в диапазоне от 12,003–32,433; 26,513–43,966; 25,87–31,633; 9,136–30,103 и 11,926–67,303.

При исследовании микрофотографии выявили, что средний размер гранул образцов овсяного крахмала находился в пределах 1,5–6,6 мкм в муке сорта Аллюр, 1,1–5,2 мкм в муке сорта Яков и 1,7–6,8 мкм в муке сорта Комес. Было обнаружено, что средний размер гранул овсяного крахмала варьируется от 3 до 10 мкм.

Применение 60 % овсяной муки в рецептуре теста привело к ухудшению структуры мякиша, выраженному в снижении его пористости на 20 % относительно контрольного образца. Увеличение содержания овсяной муки в диапазоне 50–60 % привело к уменьшению удельного объема хлеба наполовину. Высокая способность овсяной муки поглощать воду способствовала увеличению влажности мякиша на 10 %. Формоустойчивость подового хлеба повысилась незначительно, что обусловлено трансформацией соотношения глютенинов и глиадинов в тесте при добавлении овсяной муки.

Список источников

1. Чугунова О.В., Пастушкова Е.В., Плискин О.В., и др. Ферментативное получение концентратов β -глюканов из вторичных пищевых ресурсов // Вестник КрасГАУ. 2023. № 8 (197). С. 184–193. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-184-193.
2. Корнева О.А., Дунец Е.Г., Полозюк Т.Д., и др. Технология безглютеновых вафельных изделий на основе нетрадиционных видов растительного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология, 2019. № 5-6 (371-372). С. 44–47. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.5-6.11.
3. Wang Hung P. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity // Crit Rev Food Sci Nutr. 2016. Vol. 56. P. 25–35.
4. Morales-Polanco E., Campos-Vega R., Gaitan-Martinez M., et al. Functional and textural properties of oat (*Avena Sativa* L) and pea (*Pisum Sativum*) protein isolate cracker // LVT. 2017. Vol. 86. P. 418–423. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.015.

5. Sandhu K.S.; Godara P., Kaur M., et al. The effect of tests on the physical, functional and antioxidant properties of oat flour (*Avena Sativa* L.) Varieties // J. Saudi Soc. Agric. Sci. 2017. Vol. 16, N 2. P. 197–203. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.06.004.
6. Suda S.S.; Mohsen S.M.; Olsen K., et al.. Biologically active compounds and antioxidant activity of some by-products of grain milling // J. Food Sci. Technol, 2018. Vol. 55, N 3. P. 1134–1142. DOI: 10.1007/s13197-017-3029-2.
7. Sterna V.; Suite S.; Brunova L. Composition of oat grain and its nutrition // Agric. Sciences'. Strain. 2016. Vol. 8. P. 252–256. DOI: 10.1016/j.aaspro.2016.02.100.
8. Chen K., Wang L.; Wang R., et al. Phenolic content, cellular antioxidant activity and antiproliferative ability of various varieties of oats // Food chemistry. 2018. Vol. 239. P. 260–267. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.104.
9. Fritz R.D., Chen Y., Contreras V. Gluten-containing grains distort the assessment of gluten in oats due to the heterogeneity of the sample // Food chemistry. 2017. Vol. 216. P. 170–175. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.08.031.
10. Кудряшова Т.Р., Иванченко О.Б., Лоскутов И.Г. Оценка качества голозерного овса новой селекции // Известия СПбГАУ. 2021. № 1 (62). С. 50–58.
11. Баталова Г.А., Кротова Н.В., Вологжанина Е.Н., и др. Источники овса голозерного для селекции на качество зерна // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5 (66). С. 18–23.
12. Fritz R.D., Chen Y. Characteristics of the distribution of Ppm gluten in gluten-free oat portions contaminated with barley kernel // J Food Riz. 2020. Vol. 6. P. 92–98. DOI: 10.5539/jfr.v9n3p30.
13. Chen Y., Fritz R. Gluten-free oat production to meet gluten requirements at the feed level: an achievable industry standard // JAOAC Int. 2018. Vol. 101. P. 5740. DOI: 10.5740/jaoacint.18-0100.
14. Fritz R.D., Chen Y. Safety of oats for patients with celiac disease: theoretical analysis correlates adverse symptoms in clinical studies with contaminated oats under study // Inside the cut. 2018. Vol. 60. P. 54–67. DOI: 10.1016/j.nutres.2018.09.003.
15. Leonetti E., Gatti S., Galeazzi T., et al. Safety of oats in children with celiac disease: a double-blind, randomized, placebo-controlled study // D. Pediatrician. 2018. Vol. 194. P. 116–122. DOI: 10.1016/j.jpeds.2017.10.062.
16. Dumlupinar Z., Gungor X., Dokuku T., et al. Agronomic screening of the oat genetic mapping population OGLE1040/TAM O-301 // Malaysian Science. 2019. Vol. 48, N 5. P. 975–981. DOI: 10.17576/jsm-2019-4805-05.
17. Kaziu I., Kashta F., Selami A. Evaluation of grain yield, grain components and correlations between them in some varieties of oats // Albanian Journal of Agricultural Sciences. 2019. Vol. 18, N 1. P. 13–19.
18. Math Z., Aka H., Köse O. Grain yield, quality characteristics and yield stability of grain varieties of oats // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2018. Vol. 18, N 1. P. 269–281. DOI: 10.4067/S07 18-95162018005001001.
19. Temple B.M., Hwang J. Increased seed production and feed value of oats (*Avena sativa* L.) with different seeding rates and nitrogen fertilization levels in the Gyeongbuk area // Journal of Agriculture & Life Science. 2018. Vol. 52, N 6. P. 61–72.
20. Солтан О.И.А. Влияние добавки овсяной муки и семян пажитника на реологические характеристики пшеничного теста // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология, 2022. № 1 (385). С. 48–52.

References

1. Chugunova OV, Pastushkova EV, Pliska OV, et al. Fermentativnoe poluchenie konzentratov β -glyukanov iz vtorichnyh pishchevyh resursov. *Bulletin of KSAU*. 2023;8:184-193. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-184-193.
2. Korneva OA, Dunec EG, Polozyuk TD, et al. Tekhnologiya bezglyutenovykh vafel'nykh izdelij na osnove netradicionnykh vidov rastitel'nogo syr'ya. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*. 2019; 5-6:44-47. (In Russ.). DOI: 10.26297/0579-3009.2019.5-6.11.

3. Wang Hung P. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016;56:25-35.
4. Morales-Polanco E, Campos-Vega R, Gaitan-Martinez M, et al. Functional and textural properties of oat (*Avena Sativa* L) and pea (*Pisum Sativum*) protein isolate cracker. *LVT*. 2017;86:418-423. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.015.
5. Sandhu KS, Godara P, Kaur M, et al. The effect of tests on the physical, functional and antioxidant properties of oat flour (*Avena Sativa* L.) Varieties. *J. Saudi Soc. Agric. Sci*. 2017. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.06.004.
6. Suda SS, Mohsen SM, Olsen K, et al. Biologically active compounds and antioxidant activity of some by-products of grain milling. *J. Food Sci. Technol*. 2018;16(2):197-203. DOI: 10.1007/s 13197-017-3029-2.
7. Sterna V, Suite S, Brunova L. Composition of oat grain and its nutrition. *Agric. Sciences'. Strain*. 2016;8:252-256. DOI: 10.1016/j.aaspro.2016.02.100.
8. Chen K, Wang L, Wang R, et al. Phenolic content, cellular antioxidant activity and antiproliferative ability of various varieties of oats. *Food chemistry*. 2018;239:260-267. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.104.
9. Fritz RD, Chen Y, Contreras V. Gluten-containing grains distort the assessment of gluten in oats due to the heterogeneity of the sample. *Food chemistry*. 2017;216:170-175. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.08.031.
10. Kudryashova TR, Ivanchenko OB, Loskutov IG. Quality assessment of hullless oats new selection. *Proceedings of SpbGAU*. 2021;1:50-58. (In Russ.).
11. Batalova GA, Krotova NV, Vologzhanin EN, et al. Sources of hullless oats for breeding for grain quality. *Agricultural science Euro-North-East*. 2018;5:18-23. (In Russ.).
12. Fritz RD, Chen Y. Characteristics of the distribution of Ppm gluten in gluten-free oat portions contaminated with barley kernel. *J Food Riz*. 2020;6:92-98. DOI: 10.5539/jfr.v9n3p30.
13. Chen Y, Fritz R. Gluten-free oat production to meet gluten requirements at the feed level: an achievable industry standard. *JAOAC Int*. 2018;101:5740. DOI: 10.5740/jaoacint.18-0100.
14. Fritz RD, Chen Y. Safety of oats for patients with celiac disease: theoretical analysis correlates adverse symptoms in clinical studies with contaminated oats under study. *Inside the cut*. 2018;60:54-67. DOI: 10.1016/j.nutres.2018.09.003.
15. Leonetti E, Gatti S, Galeazzi T, et al. Safety of oats in children with celiac disease: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *D. Pediatrician*. 2018;194:116-122. DOI: 10.1016/j.jpeds.2017.10.062.
16. Dumlupinar Z, Gungor X, Dokuku T, et al. Agronomic screening of the oat genetic mapping population OGLE1040/TAM O-301. *Malaysian Science*. 2019;48(5):975-981. DOI: 10.17576/jsm-2019-4805-05.
17. Kaziu I, Kashta F, Selami A. Evaluation of grain yield, grain components and correlations between them in some varieties of oats. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*. 2019;18(1):13-19.
18. Math Z, Aka H, Köse O. Grain yield, quality characteristics and yield stability of grain varieties of oats. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2018;18(1):269-281. DOI: 10.4067/S0718-95162018005001001.
19. Temple BM, Hwang J. Increased seed production and feed value of oats (*Avena sativa* L.) with different seeding rates and nitrogen fertilization levels in the Gyeongbuk area. *Journal of Agriculture & Life Science*. 2018;52(6):61-72.
20. Soltan OIA. Vliyanie dobavki ovsyanoj muki i semyan pazhitnika na reologicheskie harakteristiki pshenichnogo testa. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*. 2022;148-52. (In Russ.).

Статья принята к публикации 13.10.2025 / The article accepted for publication 13.10.2025.

Информация об авторах:

Юлия Владиславовна Устинова, доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства, кандидат технических наук, доцент

Дмитрий Михайлович Бородулин, профессор кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства, доктор технических наук, профессор

Максим Валерьевич Просин, доцент кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, кандидат технических наук, доцент

Денис Викторович Доня, доцент кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, кандидат технических наук, доцент

Information about the authors:

Yulia Vladislavovna Ustinova, Associate Professor, Department of Livestock Product Storage and Processing Technology, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Dmitry Mikhailovich Borodulin, Professor, Department of Livestock Product Storage and Processing Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor

Maksim Valerievich Prosin, Associate Professor, Department of Processing Industries Processes and Equipment, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Denis Viktorovich Donya, Associate Professor, Department of Processing Industries Processes and Equipment, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

