

МРНТИ 65.29.33

Л.А. Касьянова | ©



Канд. техн. наук

ORCID

<https://orcid.org/0000-0003-1956-4466>



Могилевский государственный университет продовольствия,



Могилев, Республика Беларусь



kas_yan@gmail.com

<https://doi.org/10.55956/LXUY8637>

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО ПРИ ПРОРАЩИВАНИИ

Аннотация. В работе исследовалось влияние процесса проращивания на химический состав зерен голозерного овса различных сортов. Установлено, что проращивание является эффективным способом повышения биологических качеств зерна за счет активации ферментативных процессов и перевода простых соединений в более легкоусвояемые формы. Экспериментально показано, что с продолжительностью проращивания (до 25 часов) происходит снижение содержания белка (на 0,6-2,8%), крахмала (на 6,5-12,2%) и жира (на 0,3-0,9%), что связано с их ферментативным гидролизом. Столь заметное увеличение содержания сахаров приводит к уменьшению количества крахмала под действием амилазы, а также незначительному росту содержания клетчатки. Установлено, что в первые 5-10 часов проращивания биохимические процессы протекают слабо, затем как через 10 часов наблюдаются их постепенное усиление. Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии продолжительности роста химического состава овса голозерного и подтверждают перспективность его использования для получения продуктов питания повышенной биологической ценности.

Ключевые слова: овес голозерный, проращивание, зерно, активация, ферментативные процессы, гидролиз, биологическая ценность.



Касьянова, Л.А. Изменение химического состава овса голозерного при проращивании [Текст] / Л.А. Касьянова // *Механика и технологии / Научный журнал*. – 2026. – №1(91). – С.40-49. <https://doi.org/10.55956/LXUY8637>

Введение. Важное место в производстве продуктов массового питания, пользующихся ежедневным спросом у населения, занимают зерновые ресурсы республики. Их правильное использование позволяет производить продукты питания с заданным составом и свойствами.

В решении этой задачи важное место занимает внедрение новых процессов повышения биологической ценности зерна – проращивания.

Проросшее зерно – это полезный легкоусвояемый продукт. По сравнению с непророщенным оно содержит значительно больше витаминов, макро- и микроэлементов в легкоусвояемой форме, и, следовательно, обладает высокой биологической ценностью. Благодаря наличию в нем активных протеолитических ферментов улучшается усвояемость белков. Крахмал в проросших зернах частично превращается в солодовый сахар, что

облегчает его переваривание. В таком зерне пробуждаются силы зародышевого организма, активизируются ферменты, сохраняются в своем естественном природном виде все вещества, содержащиеся в целом зерне.

Из пророщенного зерна можно получать различные продукты питания – традиционные, обладающие лечебными свойствами, специального назначения и др. [1], их употребление не имеет побочных эффектов, приводит к нормализации обмена веществ и похудению людей с избыточным весом.

Проросшее зерно используют при производстве детского и диетического питания, спирта, хлебопекарных изделий, а также кормовых добавок животным.

Одной из перспективных зерновых культур, выращиваемых в Республике Беларусь, является овес.

В овсе содержатся незаменимые аминокислоты и протеины. Большую ценность представляет также клетчатка (11%). Растворимая клетчатка предотвращает колебания уровня сахара в крови и оказывает тонизирующее воздействие, а нерастворимая – восстанавливает микрофлору кишечника.

Продукты из овса отличаются наиболее высокой калорийностью по сравнению с другими крупяными продуктами, довольно высоким содержанием белка, жира. Кроме того, благодаря наличию значительного количества слизистых веществ овсяные продукты обладают диетическими свойствами. В этих продуктах содержится много витаминов – тиамин, рибофлавин, ниацин и ряд микроэлементов.

Однако из овса пленчатого в процессе переработки получается очень низкий выход готовой продукции (45–50%), что связано с большим содержанием в нем цветковых пленок (30%). Кроме того, у ядра пленчатого овса вся поверхность густо покрыта волосками. Хотя общая доля волосков составляет всего 1,5–3% от массы ядра, они снижают усвояемость и вкусовые качества крупы, поэтому в процессе переработки овса в крупу их удаляют.

В этой связи большой интерес представляет использование для переработки в пищевых целях овса голозерного, который имеет ряд преимуществ перед пленчатым [2].

В настоящее время в Государственный реестр Республики Беларусь включено три сорта овса голозерного – Вандровник, Гоша и Крепыш.

Овес голозерный – ценная продовольственная культура. Высокое содержание белка, жира, крахмала, витаминов при низком содержании клетчатки обуславливает его высокую пищевую ценность. Интерес к овсу голозерному обусловлен еще и тем, что в нем содержатся все незаменимые аминокислоты. По их содержанию белки овса не уступают белкам пшеницы, а по некоторым аминокислотам (лизин, аргинин, триптофан) даже превосходят их. Овес голозерный превосходит пленчатый по содержанию сырого протеина на 3,5–4,0%, жира – на 2,5–3,0%, кроме того, он имеет меньшее содержание сырой клетчатки. Зерно овса голозерного также содержит органические соединения железа, фосфора, кальция [3, 4].

Примерно у 90–95% зерновок овса голозерного отсутствуют цветковые пленки. Также у овса голозерного только на вершине зерновки имеются волоски, а на поверхности ядра они отсутствуют. Поэтому выход готовой продукции из зерна овса голозерного значительно выше.

При изучении физических свойств зерна установлено, что овес голозерный по гранулометрическому составу, натуре, массе 1000 зерен, плотности, пленчатости, содержанию ядра, объему зерновки существенно

отличается от пленчатого. Овес голозерный имеет низкую пленчатость (практически нулевую), высокое содержание ядра, высокую натуру [2].

Поэтому изучение процесса проращивания зерна овса голозерного представляет большой интерес и является актуальным и перспективным направлением научных исследований.

Проращивание зерна в зависимости от конкретного назначения включает различные периоды от 1 до 10 суток. Так, в пищевых производствах используют зерно, проращиваемое до 9 суток.

Важнейшими предварительными условиями для прорастания зерна являются: достаточная влажность, соответствующая температура и наличие кислорода.

В настоящее время используются несколько способов замачивания зерна: воздушно-водяное замачивание; в непрерывном потоке воды и воздуха; оросительное замачивание; воздушно-оросительное замачивание [5].

Материалы и методы исследований. В Могилевском государственном университете продовольствия на кафедре «Технология хлебопродуктов» исследовали влияние длительности проращивания овса голозерного на его химический состав.

Для исследования использовали зерно овса голозерного следующих сортов – Крепыш, Вандровник, Гоша, Белорусский голозерный и зерно рядовое, выращенное в различных регионах Республики Беларусь.

В работе применяли общепринятые и стандартные методы анализа.

Определение влажности зерна – по ГОСТ 13586.5, энергии прорастания и способности прорастания – по ГОСТ 10968, белка – по ГОСТ 10846, крахмала – по ГОСТ 10845, сахаров – по методу Бертрана, жира – по ГОСТ 29033, клетчатки по методу Кюршнера и Ганека.

Технологический процесс получения пророщенного зерна овса голозерного включает в себя следующие этапы: очистка зерна от примесей, мойка и дезинфекция зерна, замачивание и проращивание.

Для замачивания зерна овса голозерного использовали водопроводную воду с температурой 8-12°C. Проращивание осуществляли воздушно-водяным методом в термостате марки ЛП-122, в котором поддерживается постоянная температура и относительная влажность воздуха. Сущность данного метода проращивания заключается в попеременном пребывании зерна в воде (водяная пауза) и без воды (воздушная пауза). В этом способе учтено важное значение кислорода воздуха, как активатора энергии прорастания зерна, и предусмотрено продувание воздухом во время пребывания зерна под водой и после каждого спуска воды. Хорошая аэрация замачиваемого зерна ускоряет впитывание воды и его прорастание [6].

На основании проведенных ранее исследований была установлена оптимальная длительность воздушно-водяных пауз – 5-10 часов, при этом достигается длина роста 1,5-2 мм. Длительность проращивания изменялась от 0 до 25 часов, через каждые пять часов определялись исследуемые показатели.

Результаты исследований. Семенные свойства зерна овса голозерного являются основным показателем, определяющим возможность его использования для получения из пророщенного зерна продуктов питания повышенной биологической ценности.

К семенным свойствам зерна относят энергию прорастания, способность прорастания и жизнеспособность.

Энергия прорастания – это способность семян быстро прорасти. Энергию прорастания определяют в тех же условиях и одновременно со способностью прорастания (в первые три-четыре дня).

Жизнеспособность семян – свойство семян сохранять способность к прорастанию. Только что убранные или хранящиеся при низкой температуре семена часто не прорастают, хотя и имеют здоровый зародыш, т. е. жизнеспособны. Это вызывается периодом покоя, после прохождения которого семена могут дать нормальные всходы.

Показатели семенных свойств зерна овса голозерного приведены в таблице 1.

Исследуемые сорта зерна овса голозерного можно охарактеризовать как зерно с высокой энергией и способностью прорастания.

Высокие значения энергии и способности прорастания позволяют предположить, что практически все исследуемые образцы зерна овса голозерного пригодны для использования их в качестве сырья для получения зерновых продуктов повышенной биологической ценности из пророщенного зерна.

Таблица 1

Семенные свойства зерна овса голозерного

Сорт	Энергия прорастания, %	Способность прорастания, %
голозерные сорта		
Гоша	91,4±4,5	94,8±4,2
Вандровник	87,3±7,6	96,7±1,1
Крепыш	88,7±1,1	94,0±2,0
Белорусский голозерный	90,3±4,9	95,3±1,8
Зерно рядовое	87,3±5,8	92,7±3,6

В процессе проращивания происходит снижение сухой массы зерна, так как в этот период зерно теряет некоторое количество содержащихся в нем органических веществ, которые растворяются в воде и вымываются, а также вследствие увеличения интенсивности дыхания. Объем зерновки овса голозерного пророщенного увеличивается, а плотность при этом снижается. Увеличение объема зерновки и уменьшение плотности связано с тем, что при проращивании происходит поглощения коллоидами зерна влаги, зерно набухает. Влага, проникая внутрь зерновки, ослабляет связи между биополимерами зерна, происходит разрыхление эндосперма.

Проведенные нами ранее исследования показали, что химический состав овса голозерного по сравнению с овсом пленчатым характеризуется более высоким содержанием крахмала, сахара, белка и жира и более низким содержанием клетчатки.

У исследуемых различных сортов овса голозерного содержание белка составляет 12,4-15,4%, крахмала 55,4-58,3%, сахара 1,9-2,3%, жира 5,2-7,0%, клетчатки 1,5-3,0%.

В процессе проращивания зерна овса голозерного происходит интенсивный гидролиз высокомолекулярных соединений до низкомолекулярных и перевод их в растворимое состояние, доступное для подачи в развивающийся росток, что приводит к изменению химического состава зерна. В результате увеличения активности ферментов протеаз, белки

разлагаются до аминокислот, которые частично усваиваются, частично разлагаются дальше на нуклеотиды.

Таким образом, белок в пророщенном зерне переходит в легкоусвояемое состояние – увеличивается содержание незаменимых аминокислот.

В процессе проращивания зерна овса голозерного во всех исследуемых образцах количество белка снижается (рис. 1). В первые 10 часов замачивания и проращивания овса голозерного содержание в нем белка не изменяется или снижается незначительно. Это говорит о том, что активность протеаз низкая. При дальнейшем проращивании с 10 до 25 часов наблюдается значительное снижение содержания белка, что объясняется интенсификацией процесса распада белка под действием протеаз. В процессе проращивания содержание белка снижается на 0,6-2,8%.

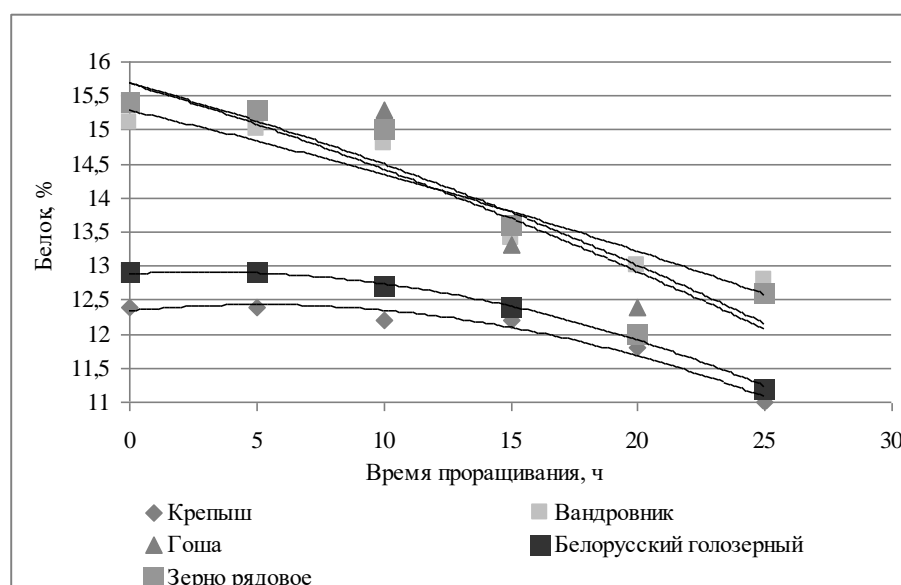


Рис. 1. Изменение содержания белка в зерне овса голозерного при проращивании

Уравнения, описывающие данный процесс, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость между содержанием белка (y) и длительностью проращивания (x) зерна овса голозерного

Сорт	Уравнение	Коэффициент детерминации, R ²
Крепыш	$y = -0,0034x^2 + 0,0354x + 12,343$	0,9587
Вандровник	$y = -0,0009x^2 - 0,0848x + 15,289$	0,907
Гоша	$y = -0,0015x^2 - 0,1036x + 15,689$	0,8484
Белорусский голозерный	$y = -0,0034x^2 + 0,02x + 12,886$	0,9947
Зерно рядовое	$y = -0,0012x^2 - 0,1142x + 15,689$	0,8524

При проращивании зерна овса голозерного происходит снижение содержания крахмала (рис. 2), при этом он под действием ферментов α - и β -амилазы превращается в легкоусвояемые углеводы.

В первый период проращивания зерна овса голозерного в течение 5-10 часов процесс гидролиза крахмала протекает неактивно, при увеличении длительности проращивания гидролиз крахмала происходит более интенсивно и содержание крахмала значительно снижается, особенно при 20-25 часах проращивания.

Содержание крахмала в процессе проращивания уменьшается на 6,5-12,2%.

Уравнения, описывающие данный процесс, приведены в таблице 3.

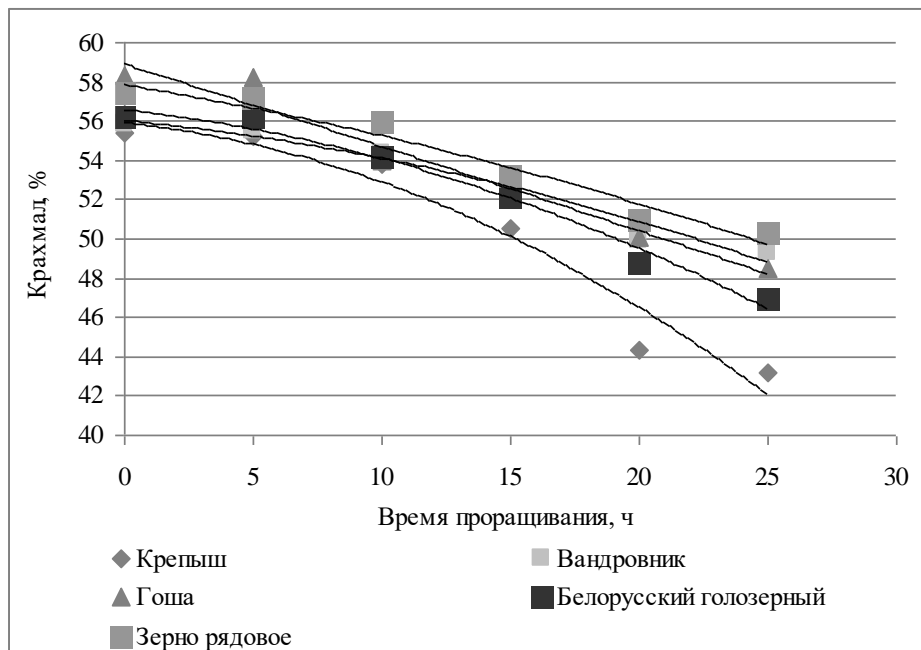


Рис. 2. Изменение содержания крахмала в зерне овса голозерного при проращивании

Таблица 3

Зависимость между содержанием крахмала (y) и длительностью проращивания (x) зерна овса голозерного

Сорт	Уравнения	Коэффициент детерминации, R ²
Крепыш	$y = -0,0169x^2 - 0,1311x + 55,918$	0,9492
Вандровник	$y = -0,0065x^2 - 0,1266x + 56,039$	0,9613
Гоша	$y = -0,0005x^2 - 0,4144x + 58,911$	0,9644
Белорусский голозерный	$y = -0,0105x^2 - 0,1421x + 56,582$	0,9836
Зерно рядовое	$y = -0,0044x^2 - 0,2156x + 57,861$	0,958

В состав углеводного комплекса, вместе с крахмалом, входят собственные сахара. Наряду с расщеплением крахмала в пророщенном зерне происходит увеличение содержания сахара. При проращивании зерна овса

голозерного значительное накопление сахаров наблюдается после 10 часов проращивания (рис. 3). Это объясняется повышением активности ферментов α - и β -амилазы. Образующиеся в процессе проращивания сахара расходуются на формирование ростка и активно возрастающий процесс дыхания.

Уравнения, описывающие данный процесс, приведены в таблице 4.

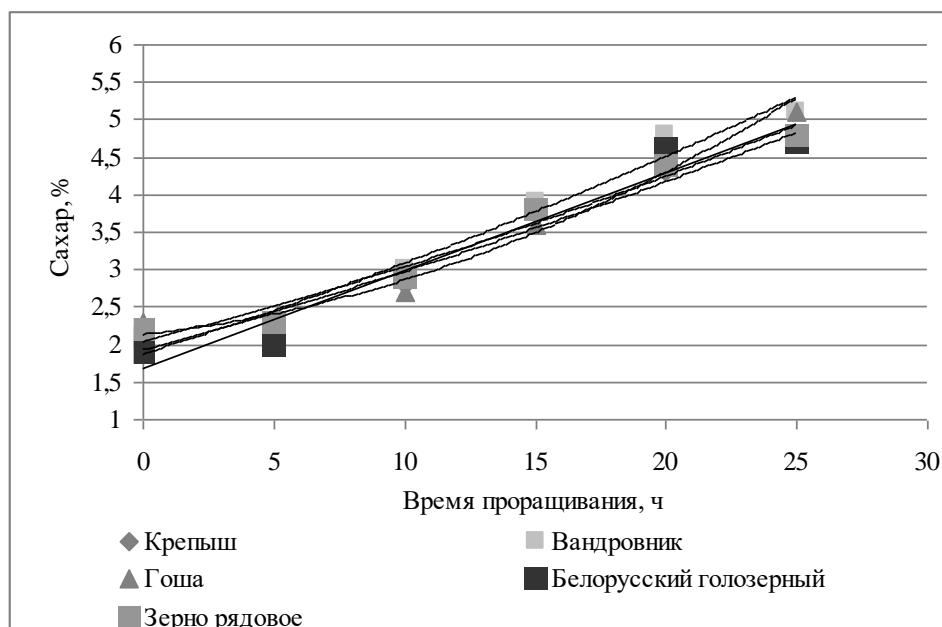


Рис. 3. Изменение содержания сахаров в зерне овса голозерного при проращивании

Таблица 4

Зависимость между содержанием сахаров (y) и длительностью проращивания (x) зерна овса голозерного

Сорт	Уравнения	Коэффициент детерминации, R ²
Крепыш	$y = 0,0008x^2 + 0,0964x + 1,9321$	0,9661
Вандровник	$y = 0,0011x^2 + 0,1104x + 1,875$	0,9622
Гоша	$y = 0,0036x^2 + 0,037x + 2,1357$	0,9689
Белорусский голозерный	$y = 0,1297x + 1,6952$	0,955
Зерно рядовое	$y = 0,0011x^2 + 0,0886x + 2,0464$	0,9727

Жиры при проращивании под действием фермента липазы расщепляются на жирные кислоты и глицерин, что приводит к уменьшению их содержания. Этот процесс практически неактивен при длительности проращивания до 10 часов. С увеличением длительности проращивания процесс расщепления жиров активизируется, и количество жиров уменьшается на 0,3-0,9% при 25 часах проращивания (рис. 4).

Уравнения регрессии, описывающие данный процесс, приведены в таблице 5.

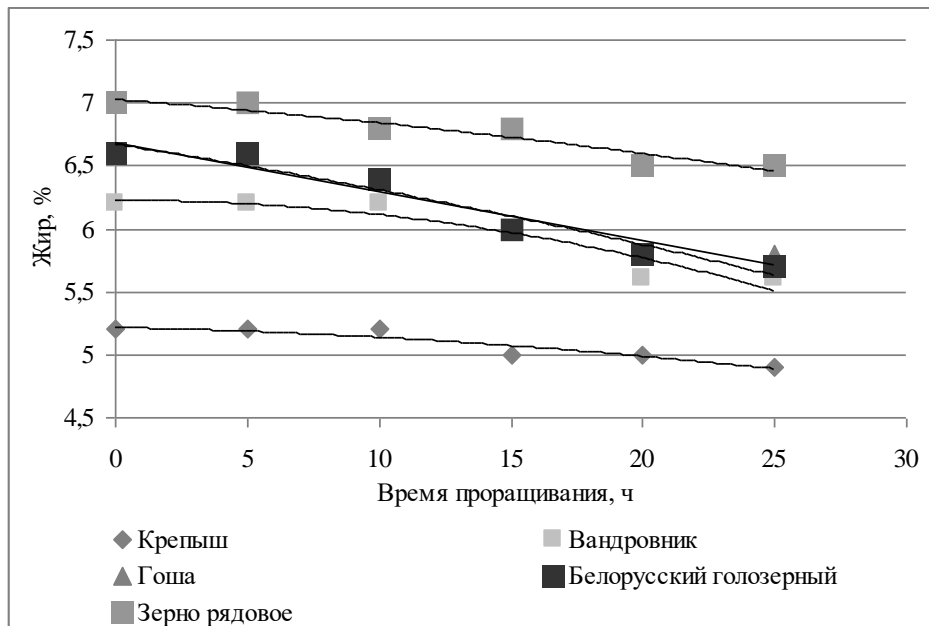


Рис. 4. Изменение содержания жира в зерне овса голозерного при проращивании

Таблица 5

Зависимость между содержанием жира (y) и длительностью проращивания (x) зерна овса голозерного

Сорт	Уравнения	Коэффициент детерминации, R ²
Крепыш	$y = -0,0004x^2 - 0,0042x + 5,2179$	0,8892
Вандровник	$y = -0,0011x^2 - 4E-15x + 6,2286$	0,8945
Гоша	$y = -0,0389x + 6,6857$	0,9175
Белорусский голозерный	$y = -0,0004x^2 - 0,0328x + 6,675$	0,9455
Зерно рядовое	$y = -0,0003x^2 - 0,0157x + 7,0286$	0,9098

Исследуя данные модели на адекватность при помощи коэффициента детерминации определяем, что коэффициенты детерминации достаточно близки к 1, и можно сделать вывод о достаточно сильном влиянии длительности проращивания на химический состав зерна овса голозерного.

Из данных, приведенных на рисунках 1-4 и в таблицах 2-5, следует, что между содержанием белка, крахмала, жира и длительностью проращивания существует обратная зависимость, а между содержанием сахаров и длительностью проращивания – прямая зависимость.

В процессе проращивания овса голозерного происходит незначительное увеличение содержания клетчатки (на 0,2-0,4%). Это можно объяснить тем, что в процессе проращивания происходит расщепление основных питательных веществ: белков, жиров, углеводов. При этом происходит накопление водорастворимых веществ, относительное содержание питательных веществ снижается, что и приводит к некоторому увеличению содержания клетчатки в пророщенном зерне.

Заключение. Таким образом, в процессе проращивания зерна овса голозерного происходит снижение содержания белка, крахмала и жира и

увеличение содержания сахаров. Биохимические процессы, происходящие в зерне овса голозерного в течение 5-10 часов проращивания, неактивны и его химический состав не изменяется или изменяется незначительно, но после 10 часов проращивания активность ферментов увеличивается, биохимические процессы интенсифицируются, в результате чего происходит значительное изменение химического состава.

Список литературы

1. Вашкевич, В. Трансформация каротина при проращивании зерна пшеницы [Текст] / В. Вашкевич, В. Горяев, О. Мусина // Хлебопродукты. – 2001. – №8. – С.18-19.
2. Касьянова, Л.А. Оценка качества зерна голозерного и пленчатого овса как сырья для производства пищевых продуктов [Текст] / Л.А. Касьянова, С.Н. Байтова // Вестник МГУП. – 2007. – №1.
3. Курятникова, Н.А. Овес голозерный – ценная продовольственная культура [Текст] / Н.А. Курятникова, З.А. Кирасиров // Научные основы семеноводства и агротехнологий с.-х. культур в условиях Евро-Северо-Востока РФ / Мордов. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва. – Саранск, 2007. – С. 187-190.
4. Смирнов, А.А. Новая ценная продовольственная и кормовая культура в Пензенской области – голозерный овес [Текст] / А.А. Смирнов, А.Н. Кшникаткина, В.А. Самодуров // Материалы республ. научно-практич. конференции «Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии получения с.-х. продукции» / Мордов. гос. ун-т. – Саранск, 2007. – С. 160-163.
5. Мальцев, П.М. Технология солода и пива [Текст] / П.М. Мальцев. – М.: Пищевая промышленность. 1964. – 835с.
6. Бастриков, Д. Изменение биохимических свойств зерна при замачивании [Текст] / Д. Бастриков, Г. Панкратов // Хлебопродукты. – 2006. – №1. – С.40–41.

Материал поступил в редакцию 12.01.26, принят 27.03.26.

Л.А. Касьянова

Могилев мемлекеттік тағамтану университеті, Могилев, Беларусь Республикасы

ӨНУ КЕЗІНДЕ ҚАБЫҒЫНАН АЙЫРЫЛҒАН СҰЛЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ

Аңдатпа. Бұл зерттеуде өнудің жалаңаш сұлы дәндерінің әртүрлі сорттарының химиялық құрамына әсері зерттелді. Өну ферментативті процестерді белсендіру және қарапайым қосылыстарды оңай сіңірілетін түрлерге айналдыру арқылы дәннің биологиялық қасиеттерін жақсартудың тиімді тәсілі болып табылатыны анықталды. Тәжірибелер өну уақытының ұлғаюымен (25 сағатқа дейін), ферментативті гидролизге байланысты ақуыздың (0,6-2,8%), крахмалдың (6,5-12,2%) және майдың (0,3-0,9%) мөлшері төмендейтінін көрсетті. Қант мөлшерінің мұндай айтарлықтай артуы амилазаның әсерінен крахмал мөлшерінің азаюына, сондай-ақ талшық мөлшерінің аздап артуына әкеледі. Биохимиялық процестер өнудің алғашқы 5-10 сағатында әлсіз болатыны, содан кейін 10 сағаттан кейін біртіндеп күшейетіні анықталды. Алынған нәтижелер өсу ұзақтығының жалаңаш сұлының химиялық құрамына айтарлықтай әсерін көрсетеді және оларды биологиялық құндылығы жоғары тағам өнімдерін өндіруде қолдану мүмкіндігін растайды.

Тірек сөздер: жалаңаш сұлы, өну, дән, белсендіру, ферментативті процестер, гидролиз, биологиялық құндылығы.

L.A. Kasyanova

Mogilev State University of Nutrition, Mogilev, Republic of Belarus

CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF DESHELLED CURRANT DURING PRODUCTION

Abstract. This study investigated the effect of germination on the chemical composition of different varieties of naked oat grains. Germination was found to be an effective way to improve the biological properties of grain by activating enzymatic processes and converting simple compounds into more easily digestible forms. Experiments have shown that with increasing germination time (up to 25 hours), the content of protein (by 0.6-2.8%), starch (by 6.5-12.2%), and fat (by 0.3-0.9%) decreases due to their enzymatic hydrolysis. Such a significant increase in sugar content leads to a decrease in the amount of starch under the action of amylase, as well as a slight increase in fiber content. It was found that biochemical processes are weak during the first 5-10 hours of germination, then, after 10 hours, they gradually intensify. The results obtained demonstrate a significant impact of growth duration on the chemical composition of naked oats and confirm the potential of their use in producing food products with increased biological value.

Keywords: naked oats, germination, grain, activation, enzymatic processes, hydrolysis, biological value.

References

1. Vashkevich V., Goryaev V., Musina O. Transformatsiya karotina pri prorashchivanii zerna pshenitsy [Transformation of carotene during germination of wheat grain] // Bread products. - 2001. - No. 8. - P. 18-19. [in Russian].
2. Kasyanova L.A., Baitova S.N. Otsenka kachestva zerna golozernogo i plenchatogo ovsya kak syr'ya dlya proizvodstva pishchevykh produktov [Evaluation of the quality of naked and hulled oat grain as raw material for food production] // Bulletin of Moscow State University of Printing and Processing. - 2007. - No. 1. [in Russian].
3. Kuryatnikova N.A., Kirasirov Z.A. Oves golozernyy – tsennaya prodovol'stvennaya kul'tura [Naked oats - a valuable food crop] // Scientific foundations of seed production and agrotechnologies of agricultural crops in the conditions of the Euro-North-East of the Russian Federation / Mordov. sci.-research. in-t sel. khoz-va. – Saransk, 2007. – P. 187-190. [in Russian].
4. Smirnov A.A., Kshnikatkina A.N., Samodurov V.A. Novaya tsennaya prodovol'stvennaya i kormovaya kul'tura v Penzenskoy oblasti – golozernyy oves [New valuable food and forage crop in the Penza region – naked oats] // Proceedings of the republican scientific and practical conference "Resource-saving environmentally friendly technologies for obtaining agricultural products" / Mordov. state University. – Saransk, 2007. – P. 160-163. [in Russian].
5. Maltsev P.M. Tekhnologiya soloda i piva [Technology of malt and beer]. – Moscow: Food industry. 1964. – 835 p. [in Russian].
6. Batrikov D., Pankratov G. Izmeneniye biokhimicheskikh svoystv zerna pri zamachivanii [Changes in biochemical properties of grain during soaking] // Bread products. - 2006. - No. 1. - P. 40-41. [in Russian].