



Научная статья

05.18.04 Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.013



ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ДЕФРОСТАЦИИ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ НА КАЧЕСТВО ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Светлана Ивановна Конева ¹, Александра Сергеевна Захарова ²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹skoneva22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6727-5979>

² zakharovatpz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7571-0950>

Аннотация. Проведены исследования по изучению условий дефростации тестовых полуфабрикатов, приготовленных из многокомпонентных смесей, в состав которых, помимо муки пшеничной, включены продукты переработки льна и овсяные хлопья. Показано, что условия дефростации теста с использованием электромагнитного поля СВЧ и дефростация при температуре 20 - 25 °С в условиях цеха наиболее благоприятны по сравнению с дефростацией в условиях расстойного шкафа при температуре 35 °С, относительной влажности воздуха 80-85 %, что подтверждается лучшими органолептическими и физико-химическими показателями качества опытных образцов. Для снижения негативного воздействия низких температур, вызывающих денатурацию и дезагрегацию белков, гибель дрожжевых клеток вследствие образования кристаллов льда, предложено использование льняной муки. Доказана эффективность использования льняной муки, входящей в состав многокомпонентной смеси, в качестве криопротектора. Установлено, что слизи льняной муки, обладающие высокими влагоудерживающими характеристиками, препятствуют разрушению клейковинного каркаса теста, уменьшению ферментативной активности дрожжевых клеток и снижению формоудерживающей способности готовых изделий, что значительно сокращает негативный эффект процессов замораживания – дефростации теста, приводит к минимальным потерям качества хлеба из многокомпонентной смеси.

Ключевые слова: многокомпонентные смеси, замороженные тестовые полуфабрикаты, льняная мука, криопротекторы, дефростация, качество хлеба.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (тема № 075-00316-20-01, FZMMM-2020-0013, мнемокод 0611-2020-013).

Для цитирования: Конева С.И., Захарова А.С. Влияние условий дефростации замороженных полуфабрикатов из многокомпонентных смесей на качество готовых изделий // Ползуновский вестник. 2022. № 3. С. 95 – 100. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.013. EDN: <https://elibrary.ru/klivad>.

Original article

EFFECT OF THAWING CONDITIONS OF FROZEN SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM MULTICOMPONENT MIXTURES ABOUT THE QUALITY OF FINISHED PRODUCTS

Svetlana I. Koneva ¹, Alexandra S. Zakharova ²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹skoneva22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6727-5979>

² zakharovatpz@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-7571-0950>

Abstract. Studies have been conducted to study the conditions of defrosting of test semi-finished products prepared from multicomponent mixtures, which, in addition to wheat flour, include flax processing products and oat flakes. It is shown that the conditions of defrosting of the test using the microwave electromagnetic field and defrosting at a temperature of 20-25 °C in the workshop conditions are most favorable compared with defrosting in the proofing cabinet at a temperature of 35 °C, relative humidity of 80-85 %, which is confirmed by the best organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of prototypes. To reduce the negative effects of low temperatures that cause denaturation and disaggregation of proteins, the death of yeast cells due to the formation of ice crystals, the use of flaxseed flour is proposed. The effectiveness of using flaxseed flour, which is part of a multicomponent mixture, as a cryoprotector has been proven. It has been established that linseed flour slime, which has high moisture-retaining characteristics, prevents the destruction of the gluten framework of the dough, reduces the enzymatic activity of yeast cells and reduces the form-retaining ability of finished products, which significantly reduces the negative effect of the freezing - defrosting processes of the dough, leads to minimal quality losses of bread from a multicomponent mixture.

Keywords: multicomponent mixtures, frozen dough semi-finished products, flaxseed flour, cryoprotectors, defrosting, bread quality.

Acknowledgements: The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (topic No. 075-00316-20-01, FZMMM-2020-0013, mnemocode 0611-2020-013).

For citation: Koneva, S. I. & Zakharova, A. S. (2022). Effect of thawing conditions of frozen semi-finished products from multicomponent mixtures about the quality of finished products. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 95-100. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.013. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Хлебобулочные изделия, традиционно занимающие значительную нишу в структуре питания населения Российской Федерации, являются объектами для обогащения их биологически активными компонентами, что позволяет расширить ассортимент и повысить пищевую ценность этой группы изделий. Для обеспечения потребителей свежеспеченными, вкусными и полезными хлебобулочными изделиями интенсивно развиваются современные технологии, одной из которых является технология «отложенной выпечки», в основе которой лежит принцип прерывания длительного процесса приготовления хлебобулочных изделий путем замораживания мучных полуфабрикатов разной степени готовности, хранения их установленное время в замороженном состоянии, а непосредственно перед реализацией потребителю,

дефростация и выпекание. Такая гибкая технология находит применение на хлебопекарных предприятиях малой мощности и в сегменте HoReCa.

Преимущества данной технологии очевидны, позволяют упростить организацию производства и рабочего времени, управлять заказами и расширять ассортимент, быстро регулировать качество изделий при одновременном сокращении затрат на хранение и транспортировку готовой продукции [1].

Однако, помимо явных преимуществ данной технологии, у производителей возникает ряд технологических трудностей. Процесс замораживания ведет к негативным изменениям основных структурных компонентов теста – белковых веществ и углеводов, разрушает дрожжевые клетки, что приводит к ухудшению реологических свойств теста,

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ДЕФРОСТАЦИИ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ НА КАЧЕСТВО ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

снижению газообразующей и газодерживающей способности. Основным фактором, обеспечивающим формоудерживающую способность выпеченных изделий, является прочность и эластичность клейковинного каркаса теста, снижающаяся в замороженных полуфабрикатах из-за денатурации и дезагрегации белков, вызванной образованием кристаллов льда. Для замораживания теста используются как шоковые, так и бытовые морозильные камеры. Деформация клейковинного каркаса теста может происходить в результате как слишком быстрого, так и слишком медленного снижения температуры теста. В первом случае, слишком быстрая заморозка приводит к образованию большого количества микрокристаллов льда, которые при хранении в результате созревания Оствальда преобразуются в крупные фрагменты. Слишком медленное снижение температуры вызывает образование крупных кристаллов, повреждающих клейковинный каркас. И в том и в другом случае происходит ухудшение упруго-эластичных свойств теста [2].

Под воздействием низких температур снижается ферментативная активность дрожжей. Образующиеся кристаллы льда в тесте повреждают молекулярную структуру дрожжевых клеток, вызывающих их гибель, как результат этого процесса снижается газообразующая способность теста. Еще одним отрицательным моментом замораживания является потеря влаги.

Таким образом, основными причинами ухудшения свойств замороженного и дефростированного теста, являются потеря влаги и образование кристаллов льда. Для снижения негативного воздействия низких температур необходимо введение криопротекторов - веществ, способных регулировать состояние воды в системе, снижать разрушительное действие кристаллов льда в пищевом матриксе, контролировать сохранение функциональных свойств белковых веществ и дрожжевых клеток [2].

Известно использование в качестве криопротекторов влагоудерживающих систем, основным компонентом которых является пектин. Благодаря способности снижать перекристаллизацию льда при хранении продуктов в замороженном состоянии пектин предотвращает повреждение мембран дрожжевых клеток, сохраняет их жизнеспособность [2]. Некоторые исследователи использовали в качестве криопротекторов нетрадиционные виды муки и улучшители, содержащие влагоудерживающие компоненты, регулирующие долю связанной влаги при хранении замороженного теста, что

обеспечивает достаточное количество свободной влаги для гидратации клейковины и формирования клейковинного каркаса [3, 4, 5].

В составе многокомпонентной смеси, используемой для приготовления теста в проводимых исследованиях, присутствует льняная мука, являющаяся не только ингредиентом повышенной пищевой ценности за счет высокого содержания эссенциальных линоленовой и линолевой кислот, витаминов группы В, токоферолов, являющихся антиоксидантами, минеральных веществ. Белки льняной муки представлены водорастворимой, солерастворимой и щелочерастворимой фракциями, имеют высокую биологическую ценность, обладают сбалансированным аминокислотным составом и по содержанию таких незаменимых аминокислот, как валин, метионин, лейцин, цистеин, триптофан, треонин и фенилаланин не уступают «идеальному» белку [6].

Ценной составляющей льняной муки являются углеводы, состоящие из моносахаридов, олигосахаридов и полисахаридов (клетчатки, гемицеллюлозы и пектиновых веществ).

Особенностью водорастворимой фракции полисахаридов льняной муки является наличие сложных соединений моносахаридов и альдобиноновой кислоты - слизи. Слизь льняной муки легко растворяется в холодной воде, образует вязкие растворы при небольших концентрациях, способных не только хорошо впитывать влагу, но и какое-то время её удерживать [7].

Полисахариды льняной муки представляют практический интерес, могут выступать в качестве водоудерживающих агентов и связующих элементов в производстве хлебобулочных изделий. Исследование реологических характеристик теста из мучных смесей с содержанием льняной муки показало, что с увеличением доли льняной муки возрастала водопоглотительная способность, увеличилось время замеса, закономерно повышалось время стабильности теста [8].

Таким образом, можно предположить, что льняная мука как влагоудерживающий агент, контролирующей активность воды, окажет криопротекторное действие на полуфабрикаты «отложенной выпечки» в цикле замораживание - размораживание.

Целью представленной работы являлось определение влияния условий дефростации замороженных полуфабрикатов из многокомпонентных смесей на качество готовых изделий. Для достижения поставленной цели было исследовано криопротекторное влияние

льняной муки, входящей в состав многокомпонентной смеси и условий размораживания тестовых полуфабрикатов на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

В качестве объектов исследования использовали тесто и хлеб, приготовленные из многокомпонентной смеси. Многокомпонентную смесь получали путем смешивания пшеничной 1 сорта, хлопьев овсяных, муки льняной и семян льна. Рецептúra многокомпонентной смеси представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Ингредиенты многокомпонентной смеси

Figure 1 - Ingredients of a multicomponent mixture

Ранее проведенными исследованиями были получены результаты, подтверждающие высокое качество и пищевую ценность хлеба из анализируемой многокомпонентной смеси [9, 10, 11].

Тесто замешивали из всех рецептурных компонентов безопасным способом. Дозировку дрожжей увеличивали до 3% к массе смеси. Температура теста после замеса составляла 25 °С. Сразу же после замеса проводили формование тестовых заготовок и подвергали их замораживанию бытовым способом (-18-20 °С). После хранения тестовых заготовок в замороженном состоянии в течение 24 часов проводили дефростацию, расстойку и выпечку образцов. Дефростацию замороженных тестовых полуфабрикатов проводили при трех режимах:

- в условиях производства при температуре 20-25°С, относительной влажности воздуха не более 75% - образец 1;

- в расстойном шкафу при температуре 35°С и относительной влажности 85% (совмещали стадии дефростации и расстойки) – образец 2;

- в электромагнитном поле СВЧ - образец 3.

Оценку влияния способов дефростации определяли по качеству выпеченных опытных образцов. Показатели качества выпеченного и охлажденного хлеба изучали по стандартным методикам. Определение органолептических показателей проводили по ГОСТ 5667-65. Влажность мякиша хлеба определяли по ГОСТ 21094-75, кислотность мякиша – по ГОСТ 5670-96, пористость мякиша – по ГОСТ 5669-96, удельный объем хлеба – по методике, описанной в ГОСТ 27669-88.

Для расчета группового комплексного показателя, характеризующего идентификационные органолептические характеристики качества хлеба, использовали методику, разработанную в МГУПП [12, 13].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы Microsoft Excel XP 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали отличия в качестве выпеченных образцов в зависимости от способа дефростации замороженного теста. Основными дефектами качества хлеба из замороженных полуфабрикатов являются:

- снижение объема и ухудшение характера пористости мякиша в результате торможения ферментативной активности дрожжей;
- отшелушивание корки изделий вследствие обезвоживания и перераспределения влаги в результате заморозки теста;
- уплотнение мякиша, как следствие деформации структуры губчатого клейковинного каркаса теста.

Наличие льняной муки в составе многокомпонентной смеси позволило смягчить негативные факторы и получить изделия хорошего качества.

Физико-химические показатели качества опытных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества опытных образцов

Table 1 – Physico-chemical displays of prototypes

Показатель	Значение		
	образец 1	образец 2	образец 3
1	2	3	4
Влажность мякиша, %	46,0 + 0,71	45,0 ± 0,71	46,0 ± 0,71
Кислотность мякиша, град	3,5 ± 0,36	4,0 ± 0,36	3,0 ± 0,36
Пористость мякиша, %	63,0 ± 1,0	59,0 ± 1,0	64,0 ± 1,0
Удельный объем, см ³ /г	2,35 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,45 ± 0,2

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ДЕФРОСТАЦИИ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ НА КАЧЕСТВО ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Установлено, что у образца № 2, процесс размораживания которого был совмещен с процессом расстойки, отмечалось снижение влажности мякиша хлеба на 1,0 % по сравнению с другими образцами. Накопление более высокой кислотности мякиша (4 градуса) обусловлено длительным нахождением тестовых заготовок в условиях повышенной влажности и температуры в расстойном шкафу, вызвавшем слишком активное молочнокислое брожение и накопление продуктов жизнедеятельности. Ослабление клейковинного каркаса теста в условиях повышенных температур привело к снижению удельного объема хлеба на 20-22 %. Отмеченные недостатки не проявились у образца № 2, и особенно у образца № 3, что свидетельствует об эффективности процесса дефростации в электромагнитном поле СВЧ. Очевидно, быстрое размораживание теста в меньшей степени приводит к дезагрегации клейковины и снижению активности дрожжевых клеток, обуславливающих газообразующую способность.

По органолептической оценке образцы № 1 и № 3 отличались хорошими показателями, обладали выпуклой корочкой коричневого цвета, хорошо развитой пористостью, эластичным мякишем. Худшие органолептические показатели отмечены у образца № 2 – наличие плоской, неровной корочки, неравномерной пористости, недостаточно эластичного мякиша (рисунок 2).

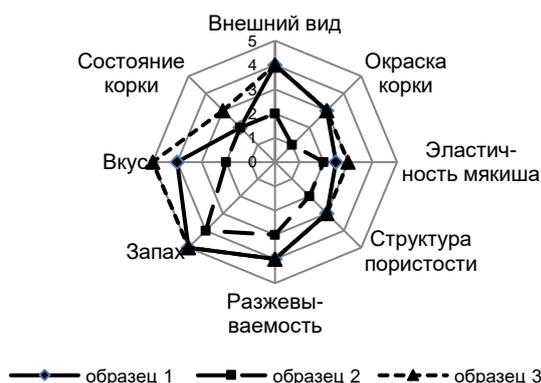


Рисунок 2 – Органолептические показатели опытных образцов

Figure 2 – Organoleptic parameters of experimental samples

Наивысший балл комплексной оценки, учитывающей органолептические и физико-химические показатели качества изделий (рисунок 3), получил образец № 3 (59 баллов), немного ниже оценен образец № 1 (55,5 баллов).

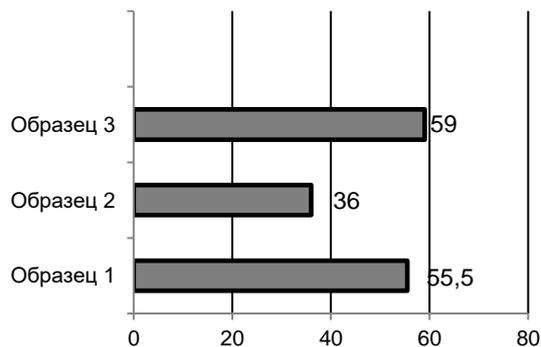


Рисунок 3 – Комплексный показатель качества опытных образцов

Figure 3 – A comprehensive indicator of the quality of prototypes

ВЫВОДЫ

Показано, что условия размораживания теста с использованием электромагнитного поля СВЧ наиболее благоприятны по сравнению с дефростацией при температуре 20 – 25 °С и в условиях расстойного шкафа при температуре 35 °С и относительной влажности воздуха 80 – 85 %, что подтверждается лучшими органолептическими и физико-химическими показателями качества опытных образцов. Проведены исследования по изучению криопротекторных свойств льняной муки, входящей в состав многокомпонентной смеси. Установлено, что слизи льняной муки, обладающие высокими влагоудерживающими характеристиками, значительно снижают негативный эффект процессов замораживания – дефростации теста, что приводит к минимальным потерям качества хлеба из мучной многокомпонентной смеси, содержащей в своем составе льняную муку.

Авторы благодарят за финансовую поддержку Минобрнауки РФ (тема № 075-00316-20-01, FZMMM-2020-0013, мнемокод 0611-2020-013).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кульп К., Лоренц К. // Производство изделий из замороженного теста. СПб: Профессия, 2005. 285 с.
- Кенийз Н. В., Сокол Н.В. Разработка технологии хлебобулочных полуфабрикатов с применением криопротектора // Новые технологии. 2013. № 1. С. 19-24.
- Тырлова О.Ю., Барсукова Н.В. Разработка индустриальной технологии замороженных полуфабрикатов на основе льняной муки // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 3. С. 43 – 52.
- Ермош Л.Г. Сравнительная оценка воздействия хлебопекарных улучшителей на качество замороженных хлебобулочных изделий / Вестник КрасГАУ. 2015. №2 С. 101 – 107.
- Егорова Е.Ю., Кузьмина С.С., Захарова

А.С. Повышение пищевой ценности слоеных изделий из замороженного теста // Ползуновский вестник. 2020. № 1. С. 8 – 12.

6. Миневи́ч И.Э., Осипова Л.Л., Цыганова Т.Б. Использование семян льна и льняной муки в технологии мучных кондитерских изделий // Хлебопечение России. 2018. №3. С. 38-41.

7. Миневи́ч И.Э., Осипова Л.Л. Гидроколлоиды семян льна: характеристика и перспективы использования в пищевых технологиях // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 3. С. 16–25.

8. Цыганова Т.Б., Миневи́ч И.Э., Осипова Л.Л. Полисахариды семян льна: практическое применение // ХИПС. 2019. №2, с.24 - 36.

9. Конева С.И., Кымысова Е.В. Пищевая ценность хлебобулочных изделий с добавлением продуктов переработки льна и овса // В сборнике: Технология и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. 2018 С. 493 – 498.

10. Захарова А.С., Конева С.И. Актуальность использования льняной муки и смеси круп при производстве хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2016. № 3. С. 31 – 34.

11. Конева С.И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2016. № 3. С. 35 – 38.

12. Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД. 2004. 264 с.

13. Корячкина С.Я., Березина Е.В. // Методы исследования качества хлебобулочных изделий: учебно-методическое пособие для вузов. Орел: ОрелГТУ, 2010. 166 с.

Информация об авторах

С. И. Конева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

А. С. Захарова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Kulp, K. & Lorenz, K. (2005). Production of frozen dough products. St. Petersburg: Professia (In Russ.).

2. Kenyiz, N. V. & Sokol, N.V. (2013). Development of technology of bakery semi-finished products with the use of cryoprotector. *New technologies*. (1). 19-24. (In Russ.).

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 14.06.2022; одобрена после рецензирования 25.07.2022; принята к публикации 15.08.2022.

The article was received by the editorial board on 14 June 2022 approved after editing on 25 July 2022; accepted for publication on 15 Aug 2022.

3. Tyrlova, O.Yu. & Barsukova, N.V. (2014). Development of industrial technology of frozen semi-finished products based on flaxseed flour. *Scientific Journal of NIU ITMO. The series "Processes and devices of food production"*. (3). 43 – 52. (In Russ.).

4. Yermosh, L.G. (2015). Comparative assessment of the impact of baking improvers on the quality of frozen bakery products. *Bulletin of KrasGAU*. (2), 101 - 107. (In Russ.).

5. Egorova, E.Yu., Kuzmina, S.S. & Zarova A.S. (2020). Increasing the nutritional value of puff pastry from frozen dough. *Polzunovskiy vestnik*. (1), 8-12. (In Russ.).

6. Minevich, I.E., Osipova, L.L. & Tsyganova, T.B. (2018). The use of flax seeds and flax flour in the technology of flour confectionery products. *Bakery of Russia*. (3), 38-41. (In Russ.).

7. Minevich, I.E. & Osipova, L.L. (2017). Hydrocolloids of flax seeds: characteristics and prospects of use in food technologies. *Scientific Journal of NIU ITMO. Series: Processes and devices of food production*. (3). 16-25. (In Russ.).

8. Tsyganova, T.B., Minevich, I.E. & Osipova L.L. (2019). Polysaccharides of flax seeds: practical application. (2), 24-36. (In Russ.).

9. Koneva, S.I. & Kymysova E.V. (2018). Nutritional value of bakery products with the addition of flax and oat processing products. *In the collection: Technology and equipment of the chemical, biotechnological and food industries. Materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference of students, post-graduates and Young scientists with international participation*. 493 – 498. (In Russ.).

10. Zakharova, A.S. & Koneva S.I. (2016). The actuality of using flax flour and a mixture of cereals in the production of bakery products. *Polzunovskiy vestnik*. (3), 31-34. (In Russ.).

11. Koneva, S.I. (2016). Features of the use of flax seed processing products in the production of bakery products. *Polzunovskiy vestnik*. (3), 35 – 38. (In Russ.).

12. Puchkova, L.I. (2004). *Laboratory workshop on bakery production technology*. 4th ed., reprint. and additional. St. Petersburg: GIORД. (In Russ.).

13. Koryachkina, S.Ya. & Berезина, E.V. (2010). *Methods of researching the quality of bakery products: an educational and methodological guide*. Орел: ОрелГТУ. (In Russ.).

Information about the authors

S. I. Koneva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

A.S. Zakharova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.