

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ПРОИЗВОДСТВО

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ И
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Статья поступила в редакцию: 10.07.2026

Статья принята к публикации: 07.08.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 664.7+66.047

DOI: 10.32743/UniTech.2026.149.8.23315

**Влияние качества пшеничной муки на реологические свойства теста и
формирование структуры круассанов**

Гулбоева Захро Азамат кизи

докторант

Ташкентский химико-технологический институт, Республики Узбекистан

г. Ташкент

E-mail: zulxumoratabekovna@gmail.com

Машарипова Зулхумар Атабековна

доц. (PhD)

Ташкентский химико-технологический институт, Республики Узбекистан

г. Ташкент

**The influence of wheat flour quality on the technological properties of dough
and the formation of croissant structure**

Gulboeva Zaxro Azamat qizi

PhD doctoral student

Tashkent Institute of Chemical Technology

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Masharipova Zulxumar Atabekovna

Associate Professor, PhD

Tashkent Institute of Chemical Technology

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Библиографическое описание: Гулбоева З.А. кизи, Машарипова З.А. Влияние качества пшеничной муки на реологические свойства теста и формирование структуры круассанов // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23315>

Аннотация

В статье исследовано влияние физико-химических и технологических показателей пшеничной муки на технологические свойства слоёного дрожжевого теста и формирование внутренней структуры круассанов. Целью исследования являлось сравнительное определение технологической пригодности двух образцов пшеничной муки для производства круассанов на основе комплексной оценки влажности, зольности, содержания сырой клейковины, качества клейковины по индексу деформации клейковины (ИДК) и числа падения, а также визуальной оценки поведения теста при растяжении и особенностей структуры мякиша готовых изделий.

Исследования проводили на двух образцах пшеничной муки, предоставленных производителями из Республики Казахстан. Лабораторные показатели определяли в лаборатории ООО «FOOD TECH PRO» с использованием стандартизированных методов в соответствии с ГОСТ 26574-2017 и ГОСТ 27839-2013. Установлено, что содержание сырой клейковины в исследуемых образцах было близким и составляло 28,0 и 28,4 %, однако наблюдались различия в технологическом поведении теста. Образец 1 характеризовался влажностью 14,3 %, зольностью 0,3 %, показателем ИДК 62 ед. и числом падения 369 с, тогда как для Образца 2 соответствующие значения составляли 15,0 %, 0,4 %, 57 ед. и 359 с.

При визуальной оценке тесто из Образца 1 сохраняло целостность при растяжении и демонстрировало более благоприятное поведение при механическом воздействии. Круассаны из данного образца характеризовались более выраженной пористо-слоистой структурой и более равномерным распределением воздушных ячеек. Полученные результаты показывают, что при выборе муки для производства круассанов необходимо учитывать не только количество сырой клейковины, но и совокупность её качественных характеристик, влажность и другие технологически значимые показатели. В условиях проведённого исследования образец с ИДК 62 ед. обеспечил более благоприятные технологические характеристики по сравнению с образцом с ИДК 57 ед.; однако установление универсального оптимального диапазона ИДК для производства круассанов требует дополнительных исследований с применением инструментальных реологических методов и статистической обработки результатов.

Abstract

The article investigates the influence of physicochemical and technological characteristics of wheat flour on the technological properties of laminated yeast dough and the formation of the internal structure of croissants. The aim of the study was to comparatively assess the technological suitability of two wheat flour samples for croissant production based on a comprehensive evaluation of moisture content, ash content, wet gluten content, gluten quality expressed by the Gluten Deformation Index (GDI/IDK), and falling number, together with a visual assessment of dough behavior during stretching and the crumb structure of the finished products. The study was conducted using two wheat flour samples supplied by manufacturers from the Republic of Kazakhstan. Laboratory analyses were performed at the laboratory of LLC "FOOD TECH PRO" using standardized methods in accordance with GOST 26574-2017 and GOST 27839-2013. The wet gluten content of the studied flour samples was similar, amounting to 28.0 and 28.4 %,

respectively; however, differences were observed in the technological behavior of the dough. Sample 1 was characterized by a moisture content of 14.3 %, ash content of 0.3 %, GDI/IDK of 62 units, and a falling number of 369 s, whereas the corresponding values for Sample 2 were 15.0 %, 0.4 %, 57 units, and 359 s. During visual evaluation, dough prepared from Sample 1 maintained its integrity during stretching and demonstrated more favorable behavior under mechanical stress. Croissants produced from this flour exhibited a more pronounced laminated and porous structure and a more uniform distribution of air cells. The results indicate that flour selection for croissant production should consider not only the amount of wet gluten but also its qualitative characteristics, moisture content, and other technologically relevant parameters. Under the conditions of the present study, the flour sample with an IDK value of 62 units demonstrated more favorable technological characteristics than the sample with an IDK value of 57 units. However, establishing a universal optimal IDK range for croissant production requires further studies using instrumental rheological methods and statistical analysis.

Ключевые слова: круассан, пшеничная мука, клейковина, индекс деформации клейковины, ИДК, слоёное дрожжевое тесто, растяжимость, эластичность, пористость, число падения.

Keywords: croissant, wheat flour, gluten, Gluten Deformation Index, GDI, laminated yeast dough, extensibility, elasticity, porosity, falling number.

Введение

Круассан относится к группе слоёных дрожжевых хлебобулочных изделий, качество которых определяется сочетанием свойств используемого сырья, рецептурного состава и параметров технологического процесса. Особое значение при этом имеют характеристики пшеничной муки, поскольку белково-клейковинный комплекс формирует структурную основу теста и определяет его способность выдерживать механическое воздействие, удерживать газ и сохранять целостность при технологической обработке [19, 11, 18, 22].

В отличие от традиционных хлебобулочных изделий, производство круассанов предъявляет к тесту комплекс требований. Тесто должно обладать достаточной пластичностью для раскатывания, растяжимостью для формирования тонких пластов и одновременно необходимой упругостью, позволяющей сохранять структуру при ламинировании и формовании. В процессе производства тесто подвергается многократной механической обработке, включающей раскатку и складывание с формированием чередующихся слоёв теста и жирового компонента. Поэтому свойства клейковинного комплекса непосредственно связаны с технологической стабильностью теста и качеством готового изделия.

Клейковина представляет собой белковый комплекс пшеничного теста, формирующийся при гидратации белков муки. Основными белковыми фракциями являются глиадины и глюteniны, соотношение и структурные характеристики которых оказывают влияние на вязкоупругие и деформационные свойства теста. Комплексная оценка качества муки должна основываться на сочетании химических, физико-химических и технологических методов исследования, поскольку только их совокупность позволяет объективно прогнозировать качество готовых хлебобулочных изделий [19, 17].

Современные исследования показывают, что качество пшеничной муки необходимо рассматривать комплексно, поскольку содержание белка и количество клейковины не всегда позволяют однозначно прогнозировать реологическое поведение теста и качество готовых хлебобулочных изделий [9, 20, 21, 23].

Взаимодействие белковой и крахмальной фаз также имеет существенное значение для формирования структуры теста. Исследования показывают, что свойства границы раздела «клейковина–крахмал» могут влиять на деформационное поведение и реологические характеристики пшеничного теста [9]. При этом современные реологические методы позволяют более подробно оценивать поведение теста при малых и больших деформациях, что особенно важно для процессов, сопровождающихся интенсивным механическим воздействием [21].

Для круассанов эта проблема приобретает особое значение. В процессе ламинирования тесто многократно раскатывается и складывается вместе с жировым компонентом. Следовательно, тесто должно одновременно обладать достаточной растяжимостью и способностью сохранять структурную целостность. Чрезмерно слабая структура может приводить к разрывам и нарушению слоёв, тогда как недостаточная растяжимость может затруднять формирование равномерной слоистой структуры.

Одним из основных показателей хлебопекарной ценности пшеничной муки является содержание сырой клейковины. Однако количество клейковины само по себе не позволяет полностью оценить технологическую пригодность муки для производства круассанов. Важное значение имеет также качество клейковины, которое характеризует её деформационные и упруго-эластические свойства.

Для оценки качества сырой клейковины применяется индекс деформации клейковины (ИДК). Показатель определяется с использованием прибора ИДК, предназначенного для оценки степени деформации стандартного образца сырой клейковины под действием заданной нагрузки. Значение показателя выражается в условных единицах и используется для сравнительной характеристики качества клейковины.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью комплексного выбора пшеничной муки для производства круассанов стабильного качества. Даже при близком содержании сырой клейковины различные образцы муки могут демонстрировать различное технологическое поведение вследствие различий в качестве белкового комплекса, влажности, зольности и активности ферментов.

Целью исследования являлось сравнительное определение технологической пригодности двух образцов пшеничной муки для производства круассанов на основе комплексной оценки их физико-химических и технологических показателей и установления их взаимосвязи с поведением теста и структурой готовых изделий.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Определить влажность, зольность, содержание сырой клейковины, качество клейковины по показателю ИДК и число падения исследуемых образцов пшеничной муки;
2. Провести сравнительную визуальную оценку растяжимости, целостности и эластичности теста;
3. Оценить особенности пористо-слоистой структуры мякиша готовых круассанов;

4. Установить взаимосвязь между технологическими показателями муки, поведением теста и формированием структуры готовых изделий.

Научная новизна исследования заключается в сравнительном сопоставлении физико-химических характеристик двух образцов пшеничной муки с близким содержанием сырой клейковины, но различающихся по показателю ИДК, с их технологическим поведением при производстве круассанов и особенностями формирования пористо-слоистой структуры готового изделия.

Сравнительная оценка исследуемых образцов муки проводилась на основе комплексного анализа основных технологически значимых показателей качества сырья: влажности, зольности, количества и качества клейковины, числа падения и влияния на структуру готового изделия [19,1].

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись два образца пшеничной муки, предоставленные производителями из Республики Казахстан. В исследовании образцы обозначены как Образец 1 и Образец 2.

Лабораторные исследования проводили в лаборатории ООО «FOOD TECH PRO». Определение основных физико-химических показателей муки осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ 26574-2017 и методами, установленными ГОСТ 27839-2013.

В исследуемых образцах определяли следующие показатели: влажность, зольность, содержание сырой клейковины, качество сырой клейковины по индексу деформации клейковины (ИДК) и число падения. Дополнительно проводили сравнительную технологическую оценку теста по визуальным признакам растяжимости и эластичности, а также оценивали особенности пористо-слоистой структуры мякиша готовых круассанов.

Влажность муки определяли стандартным методом высушивания навески до постоянной массы в условиях, предусмотренных нормативной методикой [4]. Для анализа отбирали навеску массой 5,0 г, которую помещали в предварительно высушенный и взвешенный бюкс. Высушивание проводили при температуре 130 ± 2 °С в течение 40 мин, после чего бюкс охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры и повторно взвешивали. Влажность (%) рассчитывали по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100,$$

где:

W — влажность муки, %;

m_0 — масса пустого бюкса, г;

m_1 — масса бюкса с навеской до высушивания, г;

m_2 — масса бюкса с навеской после высушивания, г.

Влажность является важным технологическим показателем, поскольку влияет на фактическое количество воды, необходимое для замеса теста, его консистенцию, пластичность и поведение при раскатке.

Зольность муки характеризует содержание минеральных веществ и определяется после сжигания органической части образца с последующим определением массы минерального остатка [5].

Навеску муки массой 3–5 г, предварительно высушенную до постоянной массы, помещали в предварительно прокалённый и взвешенный фарфоровый тигель. Озоление проводили в муфельной печи при температуре 900 ± 25 °С до получения светло-серой или белой золы постоянной массы. После завершения прокаливания тигли охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивали на аналитических весах.

Массовую долю золы (X, %) рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{m_z * 100 * 100}{m_n(100 - W)}$$

где, m_z — масса золы, г; m_n — масса навески муки г; W — влажность муки, %.

Результат выражали в процентах от массы исходной навески.

Показатель зольности использовали для сравнительной характеристики исследуемых образцов муки.

Количество сырой клейковины определяли методом отмывания [6]. Для анализа из средней пробы отбирали навеску муки массой 25 г, к которой добавляли 14 см³ воды температурой 18–20 °С. Тесто замешивали до получения однородной массы и выдерживали в течение 20 мин для гидратации белков клейковины.

По окончании выдержки тесто промывали водой до полного удаления крахмала и водорастворимых веществ. Полученную сырую клейковину освобождали от избыточной влаги путем многократного отжимания между ладонями до прекращения прилипания к рукам, после чего взвешивали на аналитических весах.

Количество сырой клейковины рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{M_k}{M} * 100;$$

где X — количество сырой клейковины, %;

M_k — масса выделенной сырой клейковины, г;

M — масса навески муки, г.

Определение качества клейковины по индексу деформации клейковины

Качество сырой клейковины оценивали по индексу деформации клейковины (ИДК) с использованием прибора ИДК.

Для проведения анализа из отмытой сырой клейковины формировали шарик массой около 4 г. Образец выдерживали в воде при температуре 18–20 °С в условиях, установленных методикой анализа. После выдерживания образец помещали в рабочую зону прибора ИДК и определяли величину его деформации под действием стандартизированной нагрузки.

Результат выражали в условных единицах ИДК. Полученное значение использовали для сравнительной оценки деформационных и упруго-эластических свойств клейковины исследуемых образцов [2,3, 6].

Число падения определяли стандартизированным методом, основанным на оценке времени прохождения штока через нагретую водно-мучную суспензию.

Навеску муки помещали в вискозиметрическую пробирку, добавляли $25 \pm 0,2$ см³ дистиллированной воды температурой 20 ± 5 °С и перемешивали до получения однородной суспензии. Пробирку устанавливали в прибор, где суспензия автоматически перемешивалась и нагревалась в кипящей водяной бане. После завершения перемешивания определяли время свободного падения шток-мешалки через клейстеризованную суспензию. Полученное время, выраженное в секундах, принимали за число падения. Определение проводили в двух параллельных проворностях, за окончательный результат принимали среднее арифметическое значение [7].

Показатель характеризует косвенную активность α -амилазы и используется для оценки ферментативной активности муки. Полученные результаты использовали для сравнительной оценки исследуемых образцов [3].

Визуальная оценка технологических свойств теста

Для оценки поведения теста проводили визуальное наблюдение за его состоянием при растяжении. Оценивали способность теста формировать непрерывную тонкую плёнку, сохранять целостность структуры, равномерно растягиваться и выдерживать механическое воздействие без резкого разрушения.

Данная оценка носила сравнительный визуальный характер. Инструментальные реологические измерения с использованием реометра, экстензографа или альвеографа в рамках настоящего исследования не проводились.

Оценка структуры готовых круассанов

После выпечки проводили сравнительное визуальное исследование внутренней структуры круассанов. Оценивали выраженность слоистости, размер и форму воздушных ячеек, равномерность их распределения и визуальную плотность мякиша.

Оценку проводили сравнительным методом по фотоматериалам поперечного среза готовых изделий.

Результаты и обсуждение

Результаты определения основных физико-химических и технологических показателей исследуемых образцов пшеничной муки представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные физико-химические и технологические показатели исследуемых образцов пшеничной муки

Показатель	Нормативное значение	Образец 1	Образец 2
Влажность, %	не более 15,0	14,3	15,0
Зольность, %	до 0,55	0,3	0,4
Сырая клейковина, %	не менее 28	28,0	28,4
Качество клейковины, ед. ИДК	согласно нормативной оценке	62	57
Число падения, с	не менее 200	369	359

Анализ результатов показывает, что оба исследуемых образца соответствовали установленным требованиям по содержанию сырой клейковины. При этом содержание клейковины было близким: 28,0 % в Образце 1 и 28,4 % в Образце 2. Разница составила 0,4 процентного пункта.

Несмотря на близкое количество сырой клейковины, образцы различались по ряду других показателей. Наиболее заметное различие наблюдалось по показателю ИДК, который составил 62 ед. для Образца 1 и 57 ед. для Образца 2.

Полученные результаты согласуются с современным представлением о том, что технологические свойства пшеничной муки определяются не только количеством белка или клейковины, но и структурными особенностями белкового комплекса и взаимодействием белковой и крахмальной фаз [9, 20, 21, 23].

В частности, исследования показывают, что формирование и свойства клейковинной сети оказывают существенное влияние на структурно-механическое поведение теста [9, 23].

В условиях настоящего исследования более высокое значение ИДК Образца 1 сопровождалось более благоприятным визуально оцениваемым поведением теста при растяжении. Тесто сохраняло целостность и демонстрировало более равномерную деформацию. В Образце 2 целостность тестовой плёнки при механическом воздействии нарушалась быстрее.

При этом следует подчеркнуть, что данные результаты не позволяют утверждать, что ИДК 62 ед. является универсально оптимальным показателем для всех видов круассанов. Показатель ИДК необходимо рассматривать как один из элементов комплексной оценки качества клейковины. Для установления количественной связи между ИДК и качеством круассанов необходимы дополнительные инструментальные исследования.

Влажность Образца 1 составила 14,3 %, тогда как Образца 2 — 15,0 %. Различие в содержании влаги может влиять на фактический водный баланс при приготовлении теста и, соответственно, на его консистенцию и технологическое поведение. При одинаковых условиях замеса более высокая влажность исходной муки может изменять количество свободной воды в тестовой системе.

Зольность Образца 1 составила 0,3 %, а Образца 2 — 0,4 %. Различие в данном показателе свидетельствует о неодинаковом содержании минеральной части муки. Однако небольшая разница в зольности сама по себе не позволяет объяснить наблюдаемые различия в технологическом поведении теста.

Число падения составило 369 с для Образца 1 и 359 с для Образца 2. Оба образца характеризовались достаточно высокими значениями показателя в соответствии с применённым нормативным критерием. Различие между образцами было сравнительно небольшим, поэтому в рамках настоящего исследования оно не рассматривалось как основной фактор различий в поведении теста.

Таким образом, сравнение показателей таблицы 1 показывает, что близкое содержание сырой клейковины не сопровождалось идентичными технологическими характеристиками муки. Это подтверждает необходимость комплексного подхода к оценке сырья.

Визуальная оценка растяжимости и эластичности теста

Для дополнительной характеристики технологических свойств муки была проведена визуальная оценка поведения теста при растяжении.



Рисунок 1. Растяжимость и эластичность теста, приготовленного из муки Образца 1.

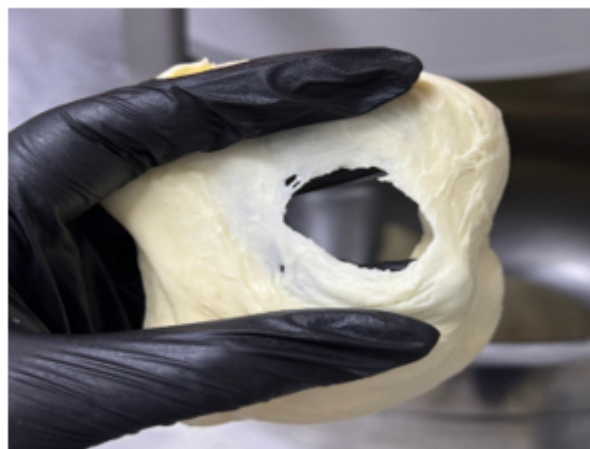


Рисунок 2. Растяжимость и эластичность теста, приготовленного из муки Образца 2.

Тесто, приготовленное из муки Образца 1, при растяжении формировало относительно тонкую и равномерную плёнку. При этом сохранялась целостность структуры, а разрушение происходило не резко. Наблюдаемое поведение свидетельствовало о достаточной способности теста к деформации при сохранении структурной целостности.

Тесто из Образца 2 характеризовалось менее стабильным поведением при растяжении. При механическом воздействии целостность тестовой плёнки нарушалась быстрее, что указывает на отличия в структурно-механических свойствах теста по сравнению с Образцом 1 [9, 20, 21].

Полученные наблюдения согласуются с результатами определения ИДК и позволяют предположить, что различия в качественных характеристиках клейковинного комплекса могли оказать влияние на поведение теста при механической обработке.

Однако необходимо подчеркнуть, что визуальная оценка не является заменой инструментального реологического анализа. В настоящем исследовании она использовалась исключительно как сравнительный технологический метод.

После выпечки была проведена сравнительная оценка внутренней структуры круассанов.



Рисунок 3. Структура мякиша и распределение воздушных ячеек в круассане, приготовленном из муки Образца 1.



Рисунок 4. Структура мякиша и распределение воздушных ячеек в круассане, приготовленном из муки Образца 2.

Круассан из муки Образца 1 характеризовался визуально более выраженной пористо-слоистой структурой (рис.3). Воздушные ячейки имели относительно крупный и вытянутый характер и распределялись по объёму мякиша более равномерно. Слоистая структура была выражена более отчётливо.

Круассан из Образца 2 характеризовался визуально менее выраженной слоистостью (рис.4). Воздушные ячейки имели менее однородное распределение, а структура мякиша выглядела более плотной по сравнению с изделием из Образца 1.

Сопоставление результатов показывает, что более благоприятное визуальное поведение теста из Образца 1 при растяжении сопровождалось более выраженной пористо-слоистой структурой готового круассана.

Одним из возможных объяснений является более благоприятное сочетание деформационных свойств клейковины Образца 1. При ламинировании тесто подвергается многократной деформации, поэтому способность сохранять структурную целостность при одновременной растяжимости имеет важное значение.

Современные исследования реологии теста подчёркивают, что структурные свойства клейковинной сети и её взаимодействие с крахмальной фазой оказывают существенное влияние на механическое поведение теста [9, 21, 10, 12, 14]. Более развитая и стабильная белковая сеть способствует формированию структурно устойчивой системы, способной выдерживать механическое воздействие.

При этом формирование пористо-слоистой структуры круассана определяется не только качеством муки. На конечный результат влияют рецептурный состав, количество и свойства жирового компонента, степень развития клейковины при замесе, температура теста, режим ламинирования, количество складываний, условия расстойки и параметры выпечки.

Поэтому обнаруженная в настоящем исследовании взаимосвязь между показателем ИДК, визуальным поведением теста и структурой готовых круассанов рассматривается как сравнительная закономерность, установленная для двух исследованных образцов муки и конкретных условий производства.

Технологическое значение комплексной оценки качества муки

Производство круассанов предъявляет к муке более сложные требования, чем производство ряда традиционных хлебобулочных изделий. Помимо способности обеспечивать газодерживание при брожении, тесто должно выдерживать механическое воздействие в процессе ламинирования [11,18,15,13].

Современные исследования показывают, что оценка качества пшеничной муки должна включать комплекс характеристик, поскольку содержание белка и количество клейковины не всегда позволяют однозначно предсказать реологическое поведение теста и качество готового изделия [9, 20, 21, 23].

В настоящем исследовании оба образца имели близкое содержание сырой клейковины, однако различались по показателю ИДК и демонстрировали неодинаковое поведение теста при растяжении. Это позволяет предположить, что качественные характеристики клейковины могут иметь существенное технологическое значение при производстве круассанов [21,13].

Вместе с тем полученные результаты необходимо интерпретировать с учётом ограничений исследования. Во-первых, в работе использованы только два образца муки. Во-вторых, инструментальные реологические измерения не проводились. В-третьих, количественная оценка пористости и текстурных характеристик мякиша не выполнялась. В-четвёртых, в имеющемся наборе данных отсутствует статистическая оценка вариабельности результатов.

В связи с этим полученные выводы имеют сравнительный характер и относятся к исследованным образцам муки и установленным технологическим условиям.

Для дальнейшего развития исследования целесообразно использовать инструментальную реометрию, экстензографию или альвеографию, определить удельный объём и количественные показатели пористости круассанов, провести текстурный анализ мякиша и выполнить статистическую обработку результатов на основе нескольких независимых повторности [21,10,14].

Заключение

Проведённое исследование показало, что технологическая пригодность пшеничной муки для производства круассанов определяется совокупностью её физико-химических и качественных характеристик и не может оцениваться исключительно по количеству сырой клейковины.

В исследованных образцах содержание сырой клейковины было близким и составляло 28,0 % для Образца 1 и 28,4 % для Образца 2. При этом наблюдались различия по влажности, зольности, показателю ИДК и числу падения.

Образец 1 характеризовался влажностью 14,3 %, зольностью 0,3 %, ИДК 62 ед. и числом падения 369 с. Образец 2 имел влажность 15,0 %, зольность 0,4 %, ИДК 57 ед. и число падения 359 с.

В условиях проведённого исследования мука Образца 1 обеспечила более благоприятное визуально оцениваемое поведение теста при растяжении: тесто сохраняло целостность и демонстрировало более равномерную деформацию при механическом

воздействии. Круассаны, приготовленные из данного образца, характеризовались более выраженной пористо-слоистой структурой и более равномерным распределением воздушных ячеек.

Тесто из Образца 2 демонстрировало менее стабильное поведение при растяжении, а готовые круассаны характеризовались визуально более плотной структурой и менее выраженной слоистостью.

Таким образом, результаты подтверждают, что при выборе муки для производства круассанов необходимо учитывать не только количество сырой клейковины, но и её качественные характеристики, влажность, ферментативную активность и другие технологически значимые показатели [15,13].

В условиях настоящего исследования образец муки с показателем ИДК 62 ед. продемонстрировал более благоприятное сочетание технологических характеристик по сравнению с образцом с показателем ИДК 57 ед. Однако полученные результаты не позволяют установить универсальный оптимальный диапазон ИДК для производства круассанов. Для подтверждения выявленной закономерности необходимы дальнейшие исследования с увеличением количества исследуемых образцов, использованием инструментальных методов реологического анализа, количественной оценкой структуры готовых изделий и статистической обработкой результатов.

Полученные результаты могут быть использованы при предварительном выборе пшеничной муки для производства круассанов и разработке системы комплексной оценки качества сырья.

Список литературы

1. Артиков, А.А. Системное мышление: анализ и нахождение оптимальных решений: монография / А.А. Артиков, Х.Ф. Джураев, З.А. Машарипова. – Бухара: Дурдона, 2020.
2. ГОСТ 9404–88. Мука и отруби. Метод определения влажности.
3. ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия.
4. ГОСТ 27494-2016. Мука и отруби. Методы определения зольности.
5. ГОСТ 27676-88. Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения.
6. ГОСТ 27839-2013. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины.
7. Дембицкий, С.А. Хлебопекарные свойства пшеничной муки / С.А. Дембицкий, А.И. Назаров. – Москва: ДеЛи принт, 2006.
8. Brandner, S. Gluten–starch interface characteristics and wheat dough rheology–Insights from hybrid artificial systems / S. Brandner, T. Becker, M. Jekle // Journal of Food Science. – 2022. – Т. 87. – DOI: 10.1111/1750–3841.16115.
9. Brandner, S. Classification of starch-gluten networks into a viscoelastic liquid or solid, based on rheological aspects–A review / S. Brandner, T. Becker, M. Jekle // International Journal of Biological Macromolecules. – 2019. – Т. 136. – DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.06.160.
10. Cauvain, S.P. Technology of Breadmaking / S.P. Cauvain. – 3rd ed. P. 107–109. – Cham: Springer, 2015.

11. Guo, L. Glutathione affects rheology and water distribution of wheat dough by changing gluten conformation and protein depolymerisation / L. Guo, F. Fang, Y. Zhang [et al.] // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2021. – Т. 56. – DOI: 10.1111/ijfs.14806.
12. Kim, H. Effect of Gluten Quality on Dough Rheology and Croissant Structure / H. Kim, H. Kim // *Journal of Cereal Science*. – 2018. – Т. 81.
13. Li, M. Comparative study of rheology and steamed bread quality of wheat dough and gluten-starch dough / M. Li, Q. Yue, C. Liu [et al.] // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2021. – Т. 45. – DOI: 10.1111/jfpp.15160.
14. Martínez, M.M. Impact of Wheat Flour Characteristics on Laminated Pastry Performance / M.M. Martínez, M. Gómez // *Food Science and Technology International*. – 2019. – Т. 25, № 2.
15. Masharipova, Z.A. Oliy va birinchi navli boyitilgan bug'doy unlari tarkibidagi vitamin-mineral aralashma miqdorini aniqlash / Z.A. Masharipova, F. Sh. Narzullayev // *Journal of Advances in Engineering Technology*. – 2023. – Т. 1.
16. Masharipova, Z.A. Oziq-ovqat mahsulotlarining sifat ko'rsatkichlarini kimyoviy va fizik-kimyoviy usullar yordamida aniqlashning ahamiyati / Z.A. Masharipova, F. Sh. Narzullayev // *Central Asian Food Engineering and Technology: электрон. науч. журн.* – 2023. – № 1.
17. Pyler, E.J. *Baking Science & Technology* / E.J. Pyler, L.A. Gorton. – 4th ed. – Sosland Publishing. – 2017.
18. Schuster, C. Comprehensive study of gluten composition and baking quality of winter wheat / C. Schuster, J. Huen, K.A. Scherf // *Cereal Chemistry*. – 2023. – Т. 100. – DOI: 10.1002/cche.10606.
19. Vickers Z.Z. Vickers // *Journal of Food Science*. – 2007. – Т. 72, № 2.
20. Yazar, G. Wheat Flour Quality Assessment by Fundamental Non-Linear Rheological Methods: A Critical Review / G. Yazar // *Foods*. – 2023. – Т. 12, № 18. – DOI: 10.3390/foods12183353.
21. Zandoni, B. A Study on the Bread Baking Process / B. Zandoni, C. Peri // *Journal of Food Engineering*. – 1993. – Т. 19, № 4.
22. Zeng, F. Effects of wheat gluten addition on dough structure, bread quality and starch digestibility of whole wheat bread / F. Zeng, Y. Weng, Y. Yang [et al.] // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2023. – Т. 58, № 7. – DOI: 10.1111/ijfs.16448.

References

1. Artikov A.A., Dzhuraev Kh.F., Masharipova Z.A. [System thinking: analysis and finding optimal solutions]. Bukhara, Durdona Publ., 2020. (In Russ.)
2. GOST 9404–88. Flour and bran. Method for determination of moisture content. (In Russ.)
3. GOST 26574 Wheat bakery flour. Specifications. – 2017. (In Russ.)
4. GOST 27494 Flour and bran. Methods for determination of ash content. – 2016. (In Russ.)
5. GOST 27676-88. Grain and its processed products. Method for determination of falling number. (In Russ.)

6. GOST 27839 Wheat flour. Methods for determination of quantity and quality of gluten. – 2013. (In Russ.)
7. Dembitskiy S.A., Nazarov A.I. [Baking properties of wheat flour]. Moscow, DeLi Print Publ., 2006. (In Russ.)
8. Brandner S., Becker T., Jekle M. Gluten–starch interface characteristics and wheat dough rheology–Insights from hybrid artificial systems // *Journal of Food Science*,. – 2022. – P. 1375–1385. – DOI: 10.1111/1750–3841.16115.
9. Brandner S., Becker T., Jekle M. Classification of starch-gluten networks into a viscoelastic liquid or solid, based on rheological aspects–A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, vol. 136, P. 1018–1025. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.06.160.
10. Cauvain S.P. *Technology of Breadmaking*. 3rd ed. Cham, Springer, 2015, P. 107–109.
11. Guo L., Fang F., Zhang Y. et al. Glutathione affects rheology and water distribution of wheat dough by changing gluten conformation and protein depolymerisation. *International Journal of Food Science & Technology*, 2021, vol. 56, P. 3157–3165. DOI: 10.1111/ijfs.14806.
12. Kim H., Kim H. Effect of Gluten Quality on Dough Rheology and Croissant Structure // *Journal of Cereal Science*,. – 2018. – P. 43–50.
13. Li M., Yue Q., Liu C. et al. Comparative study of rheology and steamed bread quality of wheat dough and gluten-starch dough // *Journal of Food Processing and Preservation*,. – 2021. – DOI: 10.1111/jfpp.15160.
14. Martínez M.M., Gómez M. Impact of Wheat Flour Characteristics on Laminated Pastry Performance. *Food Science and Technology International*, 2019, vol. 25, no. 2, P. 107–115.
15. Masharipova Z.A., Narzullayev F.Sh. [Determination of the amount of vitamin-mineral mixture in high-grade and first-grade enriched wheat flour] // *Journal of Advances in Engineering Technology*,. – 2023. – P. 31–36. (In Russ.)
16. Masharipova Z.A., Narzullayev F.Sh. [The importance of determining the quality indicators of food products by chemical and physicochemical methods]. *Central Asian Food Engineering and Technology*, 2023, no. 1. (In Russ.)
17. Pyler E.J., Gorton L.A. *Baking Science & Technology*. 4th ed. Sosland Publishing. – 2017.
18. Schuster C., Huen J., Scherf K.A. Comprehensive study of gluten composition and baking quality of winter wheat. *Cereal Chemistry*, 2023, vol. 100, P. 142–155. DOI: 10.1002/cche.10606.
19. Vickers Z.Z. // *Journal of Food Science*. – 2007. – № 2.
20. Yazar G. Wheat Flour Quality Assessment by Fundamental Non-Linear Rheological Methods: A Critical Review. *Foods*, 2023, vol. 12, no. 18. DOI: 10.3390/foods12183353.
21. Zannoni B., Peri C. A Study on the Bread Baking Process // *Journal of Food Engineering*. – 1993. – № 4. – P. 389–404.
22. Zeng F., Weng Y., Yang Y. et al. Effects of wheat gluten addition on dough structure, bread quality and starch digestibility of whole wheat bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 2023, vol. 58, no. 7, P. 3522–3537. DOI: 10.1111/ijfs.16448.