

**Practical value:** *The usage of this semi product in catering industry contributes to broadening the range of products, its quality improvement and reducing the number of technological process stages, transportation and storage costs of raw materials, and it also contributes to improvement of sanitary condition of the enterprise and its work balancing over the year.*

**Key words:** *quality parameters, semi product made of fat-free milk with licorice root extract, mousse, complex quality parameter, energy value, organoleptic properties, sweet dishes, desserts.*

УДК 664.644.5

Симакова О. А., кандидат технических наук

Клименко А.В., ассистент

Донецкий национальный университет экономики  
и торговли имени Михаила Туган-Барановского,  
г. Кривой Рог, Украина, e-mail: simakovaolgaal@gmail.com

### РОЛЬ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБА

Simakova O. A., candidate of technics science

Klymenko A. V., assistant

Donetsk National University of Economics  
and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky  
Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: simakovaolgaal@gmail.com

### THE ROLE OF POTABLE WATER QUALITY IN THE BREAD PRODUCTION

**Цель.** *Целью данной статьи является исследование влияния качества питьевой воды на свойства дрожжевого теста.*

**Методы.** *При проведении исследований использованы стандартные методики определения выхода и качества клейковины, активности протеолитических ферментов пшеничного теста.*

**Результаты.** *Проведены эксперименты по изучению влияния тяжелых металлов на действие протеолитических ферментов пшеничной муки и определению влияния небольшого закисления воды на процессы тестоведения и, следовательно, на качество готового хлеба.*

**Научная новизна.** *Разработана схема, позволяющая как нейтрализовать избыточную кислотность постемембранной воды, так и обогатить ее катионами кальция, которые не только полезны для здоровья в составе продукта, но и, являясь активаторами ферментов, смогут повлиять на протекание гидролитических процессов при замесе теста на такой воде, ускорить процессы тестоведения и улучшить качество готового хлеба.*

**Практическая значимость.** *Калийкатионирование воды, используемой для производства хлеба, позволит не только безо всяких дополнительных добавок улучшить качество готового хлеба, но и значительно сократить процесс тестоведения, а следовательно, и уменьшить себестоимость готового продукта.*

**Ключевые слова:** *калийкатионированная вода, протеолитические ферменты, клейковина, тестоведение, пшеничная мука, тяжелые металлы.*

**Постановка проблемы.** На протяжении последних десятилетий наблюдается постоянное ухудшение качества воды поверхностных водоемов, рек и, как следствие этого, ухудшение качества питьевой воды. Это обусловлено несколькими причинами.

В первую очередь наблюдается увеличение потребления пресной воды промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, которые после загрязнения использованной воды сбрасывают ее в поверхностную гидрографическую сеть. Особую опасность представляют смываемые в поверхностные водоемы катионы переходных и тяжелых металлов. К сожалению, большая часть загрязнений не извлекается современными городскими сооружениями подготовки питьевой воды. Наша страна имеет один из самых низких показателей в Европе по обеспечению пресной водой в расчете на душу населения. Особенно остро стоит проблема обеспечения питьевой водой подходящего качества южных и восточных регионов, где население вынуждено использовать для питья воду с очень высокой жесткостью, что безусловно влияет на состояние здоровья [1].

Кроме того, вода используется в качестве основного рецептурного компонента при производстве множества пищевых продуктов и, в первую очередь, хлеба – продукта, в настоящее время по-прежнему составляющего основу питания человека. Потребление хлеба особенно возрастает в те периоды, когда по каким-либо причинам сокращается потребление пищевых продуктов животного происхождения – яиц, молока, сыра, мяса, животных жиров. В это время и возрастает относительное потребление зерновых продуктов, в первых рядах которых стоит хлеб. Такие продукты, при производстве которых использована недостаточно очищенная питьевая вода, принимают в себя находящиеся в ней загрязнения и передают их далее по цепям питания. Особенно опасны такие загрязнители, как тяжелые металлы, которые обладают кумулятивным действием, т. е. накапливаются, концентрируются при продвижении по трофическим цепям [2, 3].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Потребление воды или продуктов с высоким содержанием тяжелых и переходных (по валентности) металлов – катализаторов процессов различного рода нарушений – может вызвать катастрофические изменения генетического аппарата, разбудить ранее «молчавший» ген или остановить работу необходимого гена, а затем и полностью изменить его функцию. Помимо этого, некондиционная рецептурная вода, содержащая примеси тяжелых металлов, может оказать влияние на качество пищевой продукции, в частности, на качество хлеба. Так, тяжелые металлы являются признанными неконкурентными ингибиторами ферментов, которые играют ведущую роль в формировании как пышного белого пористого мякиша хлеба, так и румяной ароматной корочки.

**Формирование целей статьи.** Целью данной статьи является исследование влияния качества питьевой воды на свойства дрожжевого теста.

**Изложение основного материала исследования.** Нами проведены эксперименты по изучению влияния тяжелых металлов на действие протеолитических ферментов пшеничной муки. В качестве объектов исследования выбраны два металла – свинец и никель в форме их солей. Влияние катионов этих металлов на активность протеолитических ферментов пшеничной муки оценивали по выходу сырой и сухой клейковины при замесе теста, сравнивая выход клейковины из теста, которое готовили на дистиллированной воде, и теста на воде, которая содержала 0,05 г/л катионов свинца или никеля. Следует отметить, что белковый комплекс клейковины теста при замесе подвергается действию ферментов-протеаз, гидролизующих белки до свободных аминокислот, которые обогащают тесто, поставляют азотистое питание дрожжам и способствуют реакции Майяра, следствием которой является образование коричневой хрустящей корочки готового хлеба. Клейковину в экспериментах отмывали из теста после его отлежки на протяжении полутора часов. Данные эксперимента приведены в таблице 1.

**Таблиця 1** – Виход и качество клейковины при отмывании ее из теста, изготовленного на воде с примесями катионов свинца и никеля

Катион металла	Выход клейковины, %		Растяжимость, см
	Сырой	Сухой	
Без металла (контроль)	33,0	10,2	6,8
Ca <sup>2+</sup>	24,0	7,4	13,5
Ni <sup>2+</sup>	36,0	11,1	6,8
Pb <sup>2+</sup>	38,8	12,0	6,8

Приведенные в таблице данные эксперимента свидетельствуют о том, что выход сырой клейковины в тесте, которое было приготовлено на воде с примесями тяжелых металлов – свинца и никеля, значительно увеличился по сравнению с тестом, приготовленным на дистиллированной воде. Это говорит об ингибировании протеолитических ферментов пшеничной муки эти катионами. Механизм действия катионов на ферменты-протеазы связан с их реакцией с активными боковыми функциональными группами белковых молекул ферментов, чаще всего с сульфгидрильными группами SH, что нарушает третичную структуру фермента и приводит к его денатурации и потере активности. Из данных эксперимента видно: свинец является более сильным ингибитором протеаз, это связано скорее всего с тем, что он – более сильный окислитель по сравнению с никелем и поэтому более активно взаимодействует с группами SH, которые имеют восстановительные свойства. С целью сравнения нами был проведен эксперимент с клейковиной, отмытой из теста, приготовленного на воде с добавкой известного активатора ферментов – катиона кальция – в концентрации тоже 0,05 г/л в пересчете на металл. Выход клейковины резко уменьшился, что свидетельствует об ускорении действия протеолитических ферментов под влиянием кальция, который принимает участие в стабилизации третичной структуры фермента и образовании активного фермент-субстратного комплекса. Наряду с выходом сырой, мы контролировали выход сухой клейковины и ее растяжимость, которая прогнозирует эластичность белкового каркаса хлеба при выпечке тестовой заготовки. Выход сухой клейковины имеет очень важное значение для оценки процессов, которые протекают в белковом комплексе пшеничной муки, так как под влиянием некоторых веществ может повышаться способность белковых молекул к агрегированию вокурег них молекул воды. При этом повышается гидратация белков клейковины, она становится способной удерживать больше связанной воды – и выход сырой клейковины увеличивается. В технологии производства изделий из пшеничной муки этот процесс очень полезен для качества готовых продуктов. В таком случае при высушивании отмытой сырой клейковины вся связанная вода элиминирует, и выход сухой клейковины не отличается от обычного. При высушивании сырой клейковины, полученной в проведенных экспериментах, выход ее проявляет такую же закономерность, как и выход сухой, что полностью исключает возможность повышенной гидратации белков теста, а оставляет только их ингибирующее ферменты действие. Растяжимость же клейковины не изменяется в тесте, приготовленном на дистиллированной воде и на воде с примесями свинца и никеля, и только в присутствии иона кальция клейковина становится вдвое более эластичной. Эти результаты подтверждают вывод о том, что тяжелые металлы ингибируют действие ферментов-протеаз, которые не расщепляют белок клейковины. Катион же кальция сильно активизирует ферменты, которые при этом начинают эффективно гидролизовать белки до аминокислот, уменьшают их количество и молекулярную массу, что придает слабость клейковине.

Очень удобным способом определения активности протеолитических ферментов является измерение вязкости растворов желатина под действием препаратов, активность которых исследуется. Мы провели эксперимент по изучению вязкости

раствора желатина под действием протеолитических ферментов пшеничной муки в присутствии катионов свинца и никеля. Но данные эксперимента не согласуются с приведенными выше – вязкость раствора желатина в присутствии катионов металлов не уменьшается, а резко увеличивается, особенно в случае с никелем. Мы объясняем этот факт предпочтительным образованием комплексов между белковыми молекулами желатина, а не ферментов муки, и катионом металла, что приводит к стабилизации третичной структуры желатина и, как следствие, к повышению вязкости его растворов. Никель относится к переходным металлам, которые имеют вакантные *d*-орбитали, что дает ему возможность образовывать дополнительные координационные связи с молекулами субстрата, т. е. повышает его комплексообразующую активность. Этим и объясняется еще большее увеличение вязкости растворов желатина по сравнению с примесями катионов свинца. Описанный выше метод оказался непригодным для определения действия ферментов в присутствии тяжелых металлов, и вообще, в присутствии множества веществ, которые образуют комплексы с белковыми молекулами. С целью изучения денатурации белка под действием приведенных катионов металлов мы разработали методику и провели модельные эксперименты, в которых наблюдали выпадение осадка в 2%-ных водных растворах яичного альбумина под действием этих металлов. Выпадение осадка характерно для протекания процесса денатурации белка, когда нарушаются его третичная и частично вторичная структура, молекула теряет упорядоченную спиральную конфигурацию и становится хаотичным нагромождением клубков и петель.

Наиболее современными методами очистки воды от солей, в том числе и от солей тяжелых металлов, являются мембранные методы, к которым относятся обратный осмос, электродиализ и т. п. Эти методы позволяют получить без значительных энергетических затрат чистую, полезную для здоровья воду. Единственной особенностью этой воды является довольно низкое значение рН ( $pH = 4,5$ ) из-за неселективности мембран в отношении углекислоты, которая скапливается в пермиате. Мы провели эксперименты по определению влияния этого небольшого закисления воды на процессы тестоведения и, следовательно, на качество готового хлеба. Критерием оценки хода тестоведения считали выход сырой и сухой клейковины при замесе теста, которое готовили на дистиллированной воде и на воде после мембранной очистки, имеющей  $pH = 4,5$ . Следует отметить, что белковый комплекс клейковины теста при замесе подвергается действию ферментов-протеаз, которые гидролизуют белки до свободных аминокислот, обогащающих тесто, поставляющих азотистое питание дрожжам и способствующих реакции Майяра, следствием которой является образование коричневой хрустящей корочки готового хлеба. Данные эксперимента приведены в таблице 2.

**Таблица 2** – Свойства клейковины в тесте, приготовленном на воде после мембранной очистки

Опыт	Выход клейковины, %		Растяжимость, см
	Сырой	Сухой	
Контроль (дист. вода)	33,0	10,2	6,8
Вода после мембранной очистки	31,2	11,0	6,7

Как свидетельствуют данные таблицы 2, наличие небольшого закисления воды углекислотой после мембранной очистки способствует ингибированию действия протеолитических ферментов в тесте, хотя и в небольшой степени. При этом клейковина становится более упругой, что может сказаться на пышности мякиша. Кроме того, в такой воде отсутствуют катионы кальция, которые являются активаторами ферментов и необходимы для здоровья человека. Нами разработана схема, позволяющая как нейтрализовать избыточную кислотность послемембранной воды, так и

обогатить ее катионами кальция, которые не только полезны для здоровья в составе продукта, но и, являясь активаторами ферментов, смогут повлиять на протекание гидролитических процессов при замесе теста на такой воде, ускорить процессы тестоведения и улучшить качество готового хлеба. Согласно этой схеме вода после мембранной очистки пропускается через слой измельченного карбоната кальция, в результате чего происходит реакция между избыточной углекислотой в воде и карбонатом кальция, вода при этом насыщается растворимым бикарбонатом кальция и приобретает физиологическое значение pH, равное 6,5. Используя подготовленную таким образом воду, мы изучили ее влияние на количество и качество клейковины, отмытой из теста. Данные эксперимента приведены в таблице 3.

**Таблица 3** – Свойства клейковины в тесте, приготовленном на воде, обогащенной катионами кальция

Опыт	Выход клейковины, %		Растяжимость, см
	Сырой	Сухой	
Дист. вода (контроль)	33,0	10,2	6,8
Ca <sup>2+</sup>	24,0	7,4	13,5

Данные эксперимента свидетельствуют о том, что признанный активатор ферментов катион кальция и в данном случае значительно активизировал гидролитические процессы, протекающие в белковом комплексе теста из пшеничной муки. Об этом свидетельствует значительное уменьшение выхода сырой, и в еще большей степени сухой клейковины. С одной стороны, это может сыграть положительную роль при производстве хлеба – усиление активности гидролитических процессов в тесте позволит в значительной мере уменьшить время осуществления процесса тестоведения, а это в свою очередь поможет сэкономить энергозатраты и снизить себестоимость продукта. С другой же стороны, такая активность ферментного комплекса теста может привести к значительному ослаблению его клейковины, что скажется на качестве хлеба. Однако в любом случае, регулируя длительность контакта послемембранной воды с карбонатом кальция, можно найти оптимальное решение.

Очистка воды от тяжелых металлов может осуществляться и другим способом – с использованием как природных, так и синтетических сорбентов. Наиболее широко в мире применяется ионообменная очистка воды, связанная с процессом умягчения. При этом в воду добавляется катион натрия, по поводу которого существуют некоторые предостережения. Нами предложен способ регенерации сорбента не хлоридом натрия, как это повсеместно принято, а хлоридом калия. При этом при пропуске воды через таким образом подготовленный катионит очищенная вода будет обогащаться вместо катионов натрия катионами калия, играющими огромную физиологическую роль, в частности в обеспечении нормальной работы сердечной мышцы. Как же калийкатионированная вода сказывается на поведении белкового комплекса пшеничной муки? Для ответа на этот вопрос мы провели вышеописанные эксперименты по изучению клейковины теста, приготовленного на калийкатионированной воде. Результаты эксперимента приведены в в таблице 4.

**Таблица 4** – Свойства клейковины в тесте, приготовленном на калийкатионированной воде

Опыт	Выход клейковины, %		Растяжимость, см
	Сырой	Сухой	
Дист. вода (контроль)	33,0	10,2	6,8
Калийкатионированная вода	35,1	8,4	6,7

Данные эксперимента коренным образом отличаются от описанных выше: выход сырой клейковины ощутимо увеличивается, но при этом выход сухой – так же значительно уменьшается. Эти на первый взгляд противоречивые данные легко объясняются. По-видимому, катион калия положительно влияет на гидратацию клейковины – молекулы белка в изучаемой реакционной смеси приобретают такую конформацию, при которой их гидрофильные функциональные группы становятся доступными для образования водородных связей с водой, прочно удерживающейся всем белковым комплексом. Это чрезвычайно положительный процесс в технологии хлебопечения, особо ценимый технологами. С целью увеличения способности клейковины к гидратации во всем мире проводятся работы по поиску добавок, которые бы обеспечивали легкое связывание воды молекулами белка клейковины. Уменьшение же выхода сухой клейковины свидетельствует об активации гидролитических процессов в тесте, которые приводят к увеличению моносахаров и аминокислот в тестовом полуфабрикате, от которых напрямую зависит скорость созревания дрожжевого теста. Таким образом, калийкатионирование воды, используемой для производства хлеба, позволит не только без всяких дополнительных добавок улучшить качество готового хлеба, но и значительно сократить процесс тестоведения, а следовательно, и уменьшить себестоимость готового продукта.

**Выводы.** Комплекс проведенных экспериментов по модификации рецептурной воды, используемой для производства хлеба, показывает, что качество воды играет огромную роль в обеспечении не только качества готового продукта, но и в снижении затрат на проведение технологического процесса. Это открывает широкие возможности при минимальных капитальных вложениях получать значительный экономический результат.

#### Список літератури / References

1. Прокопов В. Якість питної води та її вплив на здоров'я людини / В. Прокопов, С. Висоцький // Схід. – 1998. – № 5. – С. 25–28.  
Prokopov, V. Potable water quality and its effect on human health / V. Prokopov, S. Vysotskyi // East. – 1998. – No. 5. – P. 25–28.
2. Высоцкий С. Здоровье и антиоксиданты / С. Высоцкий, Т. Петренко // Женское здоровье. – 1999. – № 2. – С. 38–39.  
Vysotskii, S. Health and antioxidants / S. Vysotskii, T. Petrenko // Women health. – 1999. – No. 2. – P. 38–39.
3. Высоцкий С. Хлеб наш насущный / С. Высоцкий, О. Симакова // Женское здоровье. – 1999. – № 5–6. – С. 28–29.  
Vysotskyi, S. Our daily bread / S. Vysotskii, O. Simakova // Women health. – 1999. – No. 5–6. – P. 28–29.

**Мета.** Метою цієї статті є дослідження впливу якості питної води на власливості дріжджового тіста.

**Методи.** При проведенні досліджень використані стандартні методики визначення виходу і якості клейковини, активності протеолітичних ферментів пшеничного тіста.

**Результати.** Проведено експерименти з вивчення впливу важких металів на дію протеолітичних ферментів пшеничного борошна, з визначення впливу невеликого закислення води на процеси тістоведення і, отже, на якість готового хліба.

**Наукова новизна.** Розроблено схему, що сприяє як нейтралізації надлишкової кислотності післямембранної води, так і збагаченню її катіонами кальцію, які не тільки корисні для здоров'я у складі продукту, але й, будучи активаторами фермен-

тів, зможуть вплинути на протікання гідролітичних процесів при замісі тіста на такій воді, прискорити процеси тістоповедення і поліпшити якість готового хліба.

**Практична значимість.** Калійкатіонування води, яка використовуватиметься для виробництва хліба, дасть змогу не лише без будь-яких додаткових добавок поліпшити якість готового хліба, але й значно скоротити процес тістоповедення, а отже, і зменшити собівартість готового продукту.

**Ключові слова:** калійкатіонована вода, протеолітичні ферменти, клейковина, тістоповедення, пшеничне борошно, важкі метали.

**Objectives.** The present article is aimed to research the influence of potable water quality on the dough properties.

**Methods.** During the study conduction the standart methods of yield and quality of gluten and proteolytic enzyme activity of wheat dough determination are used.

**Results.** Experiments for studying the effect of heavy metals on the action of wheat flour proteolytic enzymes, experiments for determination of the effect of slight acidification of water on a dough process and therefore on the quality of the finished bread are conducted.

**Scientific originality.** The scheme which allows to neutralize the overacidity of water after the membranes as well as to enrich it with calcium cations is developed. These cations are not only good for health, but also act as activators of enzymes and can influence on the course of hydrolytic processes during dough kneading on such water, accelerate dough processes and improve the quality of the finished bread.

**Practical value.** Potassium-cationization of water for bread production can not only improve the quality of the finished bread without any additional additives, but also significantly reduce the dough process, and hence reduce the cost of the finished product.

**Keywords:** potassium-cationated water, proteolytic enzymes, gluten, dough process, wheat flour, heavy metals.