

СУЧАСНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.644.5

О. О. Сімакова, кандидат технічних наук,
доцент
В. О. Глушко, асистент;
Д. О. Крикливець, студент

Донецький національний університет
економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського,
м. Кривий Ріг, Україна,
e-mail: simakovaolgaal@gmail.com

ВПЛИВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ВИРОБНИЦТВО ХІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

UDK 664.644.5

О. О. Simakova, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor;
V. O. Hlushko, Assistant;
D. O. Kryklyvets, Student

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

THE INFLUENCE OF DRINKING WATER QUALITY IN THE PRODUCTION OF BREAD

Мета. Метою даної статті є дослідження впливу якості питної води на властивості 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 і визначенню впливу невеликого закислення води на процеси тістоведення і, відповідно, на якість готового хліба. Розроблено схему, що дозволяє як нейтралізувати надлишкову кислотність післямембранної води, так і збагатити її катіонами кальцію, які не тільки корисні для здоров'я у складі продукту, але й будучи активаторами ферментів, зможуть вплинути на протікання гідролітичних процесів при замісі тіста на такій воді, прискорити процеси тістоведення і полішити якість готового хліба. Калійкатіонування води, яка використовується для виробництва хліба, дозволить не тільки без всяких додаткових добавок полішити якість готового хліба, але і значно скоротити процес тістоведення, отже, зменшити собівартість готового продукту.

Ключові слова: калійкатіонування вода, протеолітичні ферменти, клейковина, тістоведення, пшеничне борошно, важкі метали.

Постановка проблеми. Протягом останніх десятиліть спостерігається постійне погіршення якості води поверхневих водойм, річок і, як наслідок цього, погіршення якості питної води. Це обумовлено декількома причинами. Насамперед спостерігається збільшення споживання прісної води промисловими і сільськогосподарськими підприємствами, які після забруднення використаної води скидають її в поверхневу гідрографічну мережу.

© О. О. Сімакова, В. О. Глушко, Д. О. Крикливець, 2016

Особливу небезпеку становлять катіони перехідних і важких металів, що змиваються в поверхневі водойми. На жаль, велика частина забруднень не виймається сучасними міськими спорудами підготовки питної води. Наша країна має один з найнижчих показників в Європі щодо забезпечення прісною водою з розрахунку на душу населення. Особливо гостро стоїть проблема забезпечення питною водою відповідної якості південних і східних регіонів, де населення змушене використовувати для пиття воду з дуже високою жорсткістю, що безумовно впливає на стан здоров'я [1].

Крім того, вода використовується в якості основного рецептурного компонента при виробництві безлічі харчових продуктів і, насамперед, хліба – продукту, що становить основу харчування людини. Споживання хліба особливо зростає в ті періоди, коли з яких-небудь причин скорочується споживання харчових продуктів тваринного походження: яєць, молока, сиру, м'яса, тваринних жирів. В цей час і зростає відносно споживання зернових продуктів, в перших рядах яких стоїть хліб. Такі продукти, при виробництві яких використана недостатньо очищена питна вода, вбирають в себе забруднення, що знаходяться в ній і передають їх далі по ланцюгах харчування. Особливо небезпечні такі забруднювачі, як важкі метали, які мають кумулятивну дію, тобто накопичуються, концентруються при просуванні по трофічних ланцюгах [2–4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Споживання води або продуктів з високим вмістом важких і перехідних (по валентності) металів – каталізаторів процесів різного роду порушень – може викликати катастрофічні зміни генетичного апарату, розбудити ген, що раніше «мовчав» або зупинити роботу необхідного гена, а потім і повністю змінити його функцію. Крім того, некондиційна рецептурна вода, що містить домішки важких металів, може вплинути на якість харчової продукції, зокрема, на якість хліба. Так, важкі метали є визнаними неконкурентними інгібіторами ферментів, які відіграють провідну роль у формуванні як пишного білого пористого м'якушки хліба, так і рум'яної ароматної скоринки.

Мета статті. Метою даної статті є дослідження якості питної води на властивості дріжджового тіста.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами проведено експерименти з вивчення впливу важких металів на дію протеолітичних ферментів пшеничного борошна. Як об'єкти дослідження обрано метали – свинець і нікель в формі їх солей. Вплив катіонів цих металів на активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна оцінювали по виходу сирої та сухої клейковини при замішуванні тіста, порівнюючи вихід клейковини з тіста, яке готували на дистильованій воді і на воді, яка містила 0,05 г/л катіонів свинцю або нікелю.

Варто зазначити, що білковий комплекс клейковини тіста при замісі піддається дії ферментів-протеаз, які гідролізують білки до вільних амінокислот, які збагачують тісто, постачають азотисте харчування дріжджів і сприяють реакції Майара, наслідком якої є утворення коричневої хрусткої скоринки готового хліба. Клейковину в експериментах відмивали з тіста після його відлежування впродовж півтори години. Дані експерименту наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихід і якість клейковини при відмиванні її з тіста, виготовленого на воді з домішками катіонів свинцю і нікелю

Катіон металу	Вихід клейковини, %		Розтяжність, см
	Сирої	Сухої	
Без металу (контроль)	33,0	10,2	6,8
Ca ²⁺	24,0	7,4	13,5
Ni ²⁺	36,0	11,1	6,8
Pb ²⁺	38,8	12,0	6,8

Наведені в таблиці дані експерименту свідчать про те, що вихід сирої клейковини в тісті, яке було приготовлено на воді з домішками важких металів – свинцю і нікелю, значно збільшився в порівнянні з тістом, приготованим на дистильованій воді. Це говорить про інгібування протеолітичних ферментів пшеничного борошна цими катіонами. Механізм дії катіонів на ферменти-протеази пов'язаний з їх реакцією з активними бічними функціональними групами білкових молекул ферментів, здебільшого, з сульфгідрильними групами SH, що порушує третинну структуру ферменту і призводить до його денатурації і втрати активності. З даних експерименту видно, що свинець є більш сильним інгібітором протеаз, що пов'язано переважно з тим, що він є більш сильним окислювачем, як порівняти з нікелем, тому активніше взаємодіє з групами SH, які мають відновні властивості. З метою порівняння, нами проведено експеримент з клейковиною, відмитої з тіста, приготованого на воді з добавкою відомого активатора ферментів – катіона кальцію – в концентрації теж 0,05 г/л у перерахунку на метал. Вихід клейковини різко зменшився, що свідчить про прискорення дії протеолітичних ферментів під впливом кальцію, який бере участь в стабілізації третинної структури ферменту і утворення активного фермент-субстратного комплексу. Поряд з виходом сирої клейковини, ми контролювали вихід сухої клейковини і її розтяжність, яка прогнозує еластичність білкового каркаса хліба при випічці тістової заготовки. Вихід сухої клейковини має дуже важливе значення для оцінки процесів, які протікають в білковому комплексі пшеничного борошна, так як під впливом деяких речовин може підвищуватися здатність білкових молекул до агрегування навколо них молекул води. При тому підвищується гідратація білків клейковини: вона стає здатною утримувати більше зв'язаної води і вихід сирої клейковини збільшується.

У технології виробництва виробів з пшеничного борошна такий процес дуже корисний для якості готових продуктів. У такому випадку при висушуванні відмитої сирої клейковини вся зв'язана вода елімінує і вихід сухої клейковини не відрізняється від звичайного. При висушуванні сирої клейковини, отриманої в проведених експериментах вихід її проявляє таку ж закономірність, як і вихід сухої, що повністю виключає можливість підвищеної гідратації білків тіста, а залишає тільки їх інгібуючу ферменти дію. Розтяжність ж клейковини не змінюється в тісті, приготовленому на дистильованій воді і на воді з домішками свинцю і нікелю, проте в присутності іона кальцію клейковина стає вдвічі більше еластичною.

Результати даних досліджень підтверджують висновок про те, що важкі метали інгібують дію ферментів-протеаз, що не розщеплюють білок клейковини. Катіон ж кальцію сильно активує ферменти, які при тому починають ефективно гідролізувати білки до амінокислот, зменшують їх кількість і молекулярну масу, що надає слабкість клейковині.

Дуже зручним способом визначення активності протеолітичних ферментів є вимір в'язкості розчинів желатину під дією препаратів, активність яких досліджується. Нами проведено експеримент з вивчення в'язкості розчину желатину під дією протеолітичних ферментів пшеничного борошна в присутності катіонів свинцю і нікелю. Але дані експерименту не узгоджуються з наведеними вище: в'язкість розчину желатину в присутності катіонів металів не зменшується, а різко збільшується, особливо у випадку з нікелем. Такий факт можна пояснити переважним утворенням комплексів між білковими молекулами желатину, а не ферментів борошна і катіоном металу, що призводить до стабілізації третинної структури желатину і, як наслідок, до підвищення в'язкості його розчинів. Нікель відноситься до перехідних металів, які мають вакантні d-орбіталі, що дає йому можливість утворювати додаткові координаційні зв'язки з молекулами субстрату, тобто підвищує його комплексоутворюючу активність. Цим і пояснюється ще більше збільшення в'язкості розчинів желатину, як порівняти з домішками катіонів свинцю.

Так, даний метод виявився непридатним для визначення дії ферментів у присутності важких металів, і взагалі, в присутності великої кількості речовин, які

утворюють комплекси з білковими молекулами. З метою вивчення денатурації білка під дією наведених катіонів металів, нами було розроблено методику і проведено модельні експерименти, в яких ми спостерігали випадання осаду в 2%-них водних розчинах яєчного альбуміну під дією цих металів. Випадання осаду характерно для протікання процесу денатурації білка, коли порушується його третинна і частково вторинна структура, молекула втрачає впорядковану спіральну конфігурацію і стає хаотичним нагромадженням клубків і петель.

Найбільш сучасними методами очищення води від солей, зокрема від солей важких металів, мембранні методи, до яких відноситься зворотний осмос, електродіаліз і т.д. Такі методи дозволяють отримати без значних енергетичних витрат чисту і корисну для здоров'я воду. Єдиною особливістю цієї води є досить низьке значення рН ($\text{pH} = 4,5$) через неселективність мембран щодо вуглекислоти, яка накопичується в перміаті. Проведено експерименти щодо визначення впливу цього невеликого закислення води на процеси тістоведення і, отже, на якість готового хліба. Критерієм оцінки ходу тістоведення вважали вихід сирої та сухої клейковини при замішуванні тіста, яке готували на дистильованій воді і на воді після мембранної очистки, що має $\text{pH} = 4,5$. Зазначимо, що білковий комплекс клейковини тіста при замісі піддається дії ферментів-протеаз, які гідролізують білки до вільних амінокислот, які збагачують тісто, постачають азотисте харчування дріжджів і сприяють реакції Майара, наслідком якої є утворення коричневої хрусткої скоринки готового хліба. Дані експерименту наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Властивості клейковини в тісті, приготовленому на воді після мембранної очистки

Дослід	Вихід клейковини, %		Розтяжність, см
	Сирої	Сухої	
Контроль (дист. вода)	33,0	10,2	6,8
Вода після мембранної очистки	31,2	11,0	6,7

За даними таблиці 2, наявність невеликого закислення води вуглекислотою після мембранної очистки сприяє пригніченню дії протеолітичних ферментів в тісті, хоча і в невеликій мірі. При тому клейковина стає більш пружною, що може позначитися на пишності м'якушки. До того, в такій воді відсутні катіони кальцію, які є активаторами ферментів і необхідні для здоров'я людини. Нами розроблено схему, що дозволяє як нейтралізувати надлишкову кислотність післямембранної води, так і збагатити її катіонами кальцію, які не тільки корисні для здоров'я в складі продукту, але і будучи активаторами ферментів, зможуть вплинути на перебіг гідролітичних процесів при замішуванні тіста на такій воді, прискорити процеси тістоведення і підвищити якість готового хліба. Відповідно до цієї схеми, вода після мембранної очистки пропускається через шар подрібненого карбонату кальцію, в результаті чого відбувається реакція між надлишковою вуглекислотою в воді і карбонатом кальцію, вода при тому насичується розчинним бікарбонатом кальцію і набуває фізіологічне значення рН, що дорівнює 6,5. Так, використовуючи підготовлену таким чином воду, ми вивчили її вплив на кількість і якість клейковини, відмитої з тіста. Дані експерименту наведені в таблиці 3.

Дані експерименту свідчать про те, що визнаний активатор ферментів катіон кальцію і в даному випадку значно активізував гідролітичні процеси, що протікають в білковому комплексі тіста із пшеничного борошна. Про це свідчить значне зменшення виходу сирої і в ще більшому ступені сухої клейковини. Це може зіграти позитивну роль при виробництві хліба – посилення активності гідролітичних процесів в тісті дозволить

значною мірою зменшити час здійснення процесу тістоведення, а це в свою чергу допоможе заощадити енерговитрати і знизити собівартість продукту.

Таблиця 3 – Властивості клейковини в тісті, приготовленому на воді, збагаченої катіонами кальцію

Дослід	Вихід клейковини, %		Розтяжність, см
	Сирої	Сухої	
Дист. вода (контроль)	33,0	10,2	6,8
Ca ²⁺	24,0	7,4	13,5

Проте така активність ферментного комплексу тіста може привести до значного ослаблення його клейковини, що може позначитися на якості хліба. Однак в будь-якому випадку, регулюючи тривалість контакту післямембранної води з карбонатом кальцію, можна знайти оптимальне рішення.

Очищення води від важких металів може здійснюватися й іншим способом – з використанням як природних, так і синтетичних сорбентів. Найбільш широко в світі застосовується іонообмінна очистка води, пов'язана з процесом пом'якшення. При цьому в воду додається катіон натрію, з приводу якого існують деякі застереження. Нами запропонований спосіб регенерації сорбенту не хлоридом натрію, як це повсюдно прийнято, а хлоридом калію. При цьому при пропусненні води таким чином через підготовлений катіоніт очищена вода буде збагачуватися замість катіонів натрію катіонами калію, що грають величезну фізіологічну роль, зокрема в забезпеченні нормальної роботи серцевого м'яза. Як же калійкатіонізована вода позначається на поведінці білкового комплексу пшеничного борошна? З метою відповіді на це питання нами були проведені вищеописані експерименти з вивчення клейковини тіста, приготованого на калійкатіонізованій воді. Результати експерименту наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Властивості клейковини в тісті, приготовленому на калійкатіонізованій воді

Дослід	Вихід клейковини, %		Розтяжність, см
	Сирої	Сухої	
Дист. вода (контроль)	33,0	10,2	6,8
Калійкатіонізована вода	35,1	8,4	6,7

Дані експерименту докорінно відрізняються від описаних вище – вихід сирої клейковини відчутно збільшується, але при цьому вихід сухої – так само значно зменшується. Ці на перший погляд суперечливі дані легко пояснюються. Певне, катіон калію позитивно впливає на гідратацію клейковини – молекули білка в досліджуваній реакційній суміші набувають таку конформацію, при якій їх гідрофільні функціональні групи стають доступними для утворення водневих зв'язків з водою, яка міцно утримується всім білковим комплексом. Це надзвичайно позитивний процес в технології хлібопечення, особливо цінується технологами. З метою збільшення здатності клейковини до гідратації у всьому світі проводяться роботи з пошуку добавок, які б забезпечували легке зв'язування води молекулами білка клейковини. Зменшення ж виходу сухої клейковини свідчить про активацію гідролітичних процесів в тісті, які призводять до збільшення моноцукрів і амінокислот в тістовому напівфабрикаті, від яких безпосередньо залежить

швидкість дозрівання дріжджового тіста. Таким чином, калійкатіонірування води, використовуваної для виробництва хліба, дозволить не тільки без всяких додаткових добавок поліпшити якість готового хліба, а й значно скоротити процес тістоповедення, а отже, і зменшити собівартість готового продукту.

Висновки. Комплекс проведених експериментів по модифікації рецептурної води, використовуваної для виробництва хліба, показує, що якість води грає величезну роль в забезпеченні не тільки якості готового продукту, але і в зниженні витрат на проведення технологічного процесу. Це відкриває широкі можливості при мінімальних капітальних вкладеннях отримувати значний економічний 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., Vysotskyi, S. (1998), Yakist pytnoi vody ta yii vplyv na zdorovia liudyny [Drinking water quality and its effect on human health], Skhid [East], no.5, pp. 25–28.
2. Высоцкий С. Здоровье и антиоксиданты / С. Высоцкий, Т. Петренко // Женское здоровье. – 1999. – № 2. – С. 38–39.
Vysotskyi, S., Petrenko, T. (1999), Zdorovie i antyoksydanty [Health and antioxidants], Zhenskoie zdorovie [Women Health], no. 2, pp. 38–39.
3. Высоцкий С. Хлеб наш насущный / С. Высоцкий, О. Симакова // Женское здоровье. – 1999. – № 5 – 6. – С. 28–29.
Vysotskiy, S., Simakova, O. (1999). Khleb nash nasushchnyi [Our daily bread], Zhenskoie zdorovie [Women Health], no. 5 – 6, pp. 28–29.
4. Simakova, O., Korenets, Yu., Glushko, V. Research and effect of drinking water on bread-making properties of wheat flour. Bulletin of NTU «KhPI». Series: New solutions in modern technologies. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016, 25 (1197), 158-163, doi:10.209998/2413-4295.2016.25.23.

Дата надходження авторського оригіналу в редакцію: 08. 11. 2016 р.

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 тестоповедения и, следовательно, на качество готового хлеба. 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 тестоповедения и улучшить качество готового хлеба. Калийкатіонірування води, використовуваної для виробництва хліба, дозволить не тільки без всяких додаткових добавок поліпшити якість готового хліба, а й значно скоротити процес тістоповедення, а, відповідно, і зменшити собівартість готового продукту.

Ключевые слова: калийкатіонірування вода, протеолитические ферменты, клейковина, тестоповедение, пшеничная мука, тяжелые металлы.

Object. The purpose of this article is to study the influence of drinking water quality on the properties of yeast dough.

Methods. *During research the standard methods for determining the yield and quality of gluten, proteolytic enzyme activity of wheat dough were used.*

Results. *Experiments for the study of the heavy metals effect on the action of flour proteolytic enzymes and determination of the effect of slight acidification of water on a dough process and therefore on the quality of the finished bread were carried out. It was developed the scheme that allows to neutralize the excess acidity of after membranes water as well as to enrich it with calcium cations which are good not only for health, but also acting as enzymes activators and will be able to influence the course of hydrolytic processes during dough kneading on such water, to accelerate dough processes and to improve the quality of the finished bread. Potassium-cationization of water for the bread production will 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.*