

## СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.644.5

Сімакова О. О., кандидат технічних наук

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

### ВПЛИВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ХЛІБОПЕКАРНІ ВЛАСТИВОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА

Simakova O. O., candidate of technics science

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

### POTABLE WATER QUALITY IMPACT ON BAKERY PROPERTIES OF WHEAT FLOUR

**Мета.** Мета статті полягає в дослідженні впливу важких металів на хлібопекарні властивості пшеничного борошна.

**Методика.** У процесі дослідження використано методики визначення активності амілолітичних та протеолітичних ферментів сировини.

**Результати.** Доведено, що катіони важких металів згубно впливають на біологічну активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна, вони позбавляють клейковину еластичності, що може негативно позначитись на білковому каркасі тіста при його випіканні і, як наслідок, на якості готового виробу.

**Наукова новизна.** Доведено, що вода, забруднена домішками важких металів, зокрема свинцю та нікелю, може спричинити погіршення газоутворюючої спроможності тістового напівфабрикату.

**Практична значущість.** Полягає в тому, що забруднення води, яку використовують для приготування тіста в процесах випікання хліба, особливо катіонами важких металів, які є інгібіторами більшості ферментів, відіграє дуже важливу роль у забезпеченні якості готового виробу, що потребує ретельного контролю її чистоти.

**Ключові слова:** пшеничне борошно, дріжджове тісто, протеолітичні ферменти, амілолітичні ферменти, важкі метали, катіони, вода, клейковина.

**Постановка проблеми.** Різні продукти з пшеничного борошна, зокрема вироби з дріжджового тіста й, особливо, хліб, усе ще складають основу харчування людини. Тому якість і харчова цінність хліба, як продукту щоденного споживання, має першорядне значення. Проблема харчової цінності хліба набуває особливої гостроти в ті періоди, коли з якихось причин значно зменшується споживання харчових продуктів тваринного походження – яєць, молока, сиру, м'яса, тваринних жирів, та відносно зростає в дієті частка зернових продуктів, у першу чергу, виробів з борошна. Зрозуміло, що в цих умовах більш одноманітного харчування проблема якості та харчової цінності хліба й можливих шляхів її підвищення стає особливо актуальною. Тому природно, що протягом багатьох років проводилися дослідження в цій галузі, які не припиняються й досі, адже проблема не втрачає своєї актуальності й за сучасних умов. Усі існуючі на сьогоднішній день методи підвищення харчової повноцінності хліба можна умовно розділити на дві великі групи: збагачення його комплексом цінних біологічно активних речовин і поліпшення споживчих якостей. У деяких випад-

ках ці два шляхи збігаються, наприклад при підвищенні активності ферментного комплексу пшеничного борошна, у якому велика роль належить амілолітичним та протеолітичним ферментам. Вони відповідають за накопичення в тісті вільних амінокислот і цукрів, формування хрусткої коричневої скоринки й узагалі відіграють першорядну роль у забезпеченні якості готового виробу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо [1], що як амілолітичні, так і протеолітичні ферменти в різних субстратах дуже чутливі до найменших змін у навколишньому середовищі. Особливий вплив на їх активність чинять різні хімічні речовини: деякі з них активують ферменти, а інші – інгібують, позбавляючи ферменти активності. Одними з найвідоміших інгібіторів більшості ферментів є катіони важких металів. Якщо вони потраплять навіть у малих кількостях до рецептурної суміші при виготовленні тіста, це може призвести до погіршення якості готового виробу. При складанні рецептур тіста для виготовлення різноманітних виробів з пшеничного борошна дуже мало уваги приділяють такому важливому рецептурному компоненту, як вода, яка здебільшого береться з міської водопровідної мережі. Але зараз відомо, що протягом останніх десятиліть спостерігається постійне зниження якості води поверхневих водоймищ, річок і, як наслідок цього, погіршення якості питної води. Таке становище зумовлене кількома причинами. Перш за все спостерігається зростання споживання прісної води промисловими та сільськогосподарськими підприємствами, які після забруднення використаної води викидають її у водойми. Особливу небезпеку становить при цьому потрапляння у водоймища катіонів важких металів як необхідних компонентів стічних вод гальванопечів, з-поміж яких велика кількість нікелю, цинку та ін. [2, 3].

Минуло близько тридцяти років з моменту величезної катастрофи, що привела до інтенсивного забруднення значної площі України. Поряд з радіоактивним дуже велику небезпеку становить забруднення навколишнього середовища важкими металами, одним з найтоксичніших серед яких є свинець. Підвищення вмісту свинцю в атмосфері України за три десятиліття пов'язане з тим, що саме цей метал намагалися використати на самому початку аварії на Чорнобильській АЕС для екранування зруйнованого реактора. При цьому сотні тон свинцю випарувалися й надійшли до атмосфери, а згодом – і до ґрунту.

**Формування цілей статті.** Метою статті є дослідження впливу якості питної води на хлібопекарні властивості пшеничного борошна.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нами проведені експерименти з вивчення впливу важких металів на дію як амілолітичних, так і протеолітичних ферментів пшеничного борошна. У якості об'єктів дослідження обрані два метали – свинець і нікель у формі їх солей. Активність амілаз пшеничного борошна в присутності катіонів важких металів оцінювали за кількістю утвореної в реакційній суміші мальтози – продукту глибокого оцукрювання крохмалю борошна. Експериментальні дані наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1** – Амілолітична активність пшеничного борошна в присутності катіонів важких металів

Катіон металу	Вміст мальтози, %
Без металу (контроль)	3,9
Ca <sup>2+</sup>	4,5
Pb <sup>2+</sup>	1,4
Ni <sup>2+</sup>	2,1

Проведений експеримент свідчить про те, що катіон свинцю, як це й відомо з літератури [1], є найбільш сильним інгібітором ферментів-амілаз – він майже зовсім припиняє їх діяльність. Катіон нікелю теж інгібує амілази, але менш активно. Навпа-

ки, катіон кальцію – відомий активатор ферментних систем – прискорює гідроліз крохмалю амілазами борошна. Ці дані дають змогу зробити висновок, що вода, забруднена домішками важких металів, зокрема свинцю й нікелю, може спричинити погіршення газоутворюючої спроможності тістового напівфабрикату.

Вплив катіонів важких металів на протеолітичну активність ферментів пшеничного борошна оцінювали за виходом сирої та сухої клейковини при замішуванні тіста, порівнюючи вихід клейковини з тіста, яке готувалося на дистильованій воді, і з тіста на воді з вмістом 0,05 г/л катіонів свинцю або нікелю. Слід наголосити, що білковий комплекс клейковини тіста при замішуванні піддається дії ферментів-протеаз, які гідролізують білки до вільних амінокислот, що збагачують тісто, дають азотисте харчування дріжджам і сприяють реакції Майара, наслідком якої є утворення коричневої хрусткої скоринки готового хліба. Клейковину в експериментах відмивали з тіста після його відлежування протягом 1,5 години. Дані експерименту наведені в таблиці 2.

**Таблиця 2** – Вихід і якість клейковини при відмиванні її з тіста, виготовленого на воді з домішками катіонів свинцю та нікелю

Катіон металу	Вихід клейковини, %		Здатність до розтягування, см
	Сирої	Сухої	
Без металу (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

Наведені в таблиці дані експерименту свідчать про те, що вихід сирої клейковини в тісті, яке було виготовлене на воді з домішками важких металів – свинцю та нікелю, значно виріс порівняно з тістом, виготовленим на дистильованій воді. Це свідчить 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 приводить до його денатурації та втрати активності. З даних експерименту видно: свинець є більш сильним інгібітором протеаз, це пов'язане, ймовірно, з тим, що він є більш сильним окислювачем порівняно з нікелем і тому більш активно взаємодіє з групами SH, які мають відновлювальні властивості. Для порівняння нами був проведений експеримент із клейковиною, відмитою з тіста, виготовленого на воді з додаванням відомого активатора ферментів – катіону кальцію – у концентрації теж 0,05 г/л у перерахунку на метал. Вихід клейковини різко зменшився, що говорить про прискорення дії протеолітичних ферментів під дією кальцію, який бере участь у стабілізації третинної структури ферменту й утворенні активного фермент-субстратного комплексу. Поряд з виходом сирої ми контролювали вихід сухої клейковини та здатність її до розтягування, яка прогнозує еластичність білкового каркасу хліба при випіканні тістової заготовки. Вихід сухої клейковини має дуже важливе значення для оцінки процесів, які протікають у білковому комплексі пшеничного борошна, тому що під впливом деяких речовин може підвищуватися здібність білкових молекул до агрегування навколо них молекул води. При цьому підвищується гідратація білків клейковини, вона стає спроможною утримувати більше зв'язаної води – і вихід сирої клейковини зростає. У технології виготовлення виробів з пшеничного борошна такий процес дуже корисний для якості готових продуктів. У цьому випадку при висушуванні відмитої сирої клейковини вся зв'язана вода елімінує, і вихід сухої клейковини не відрізняється від звичайного. При висушуванні сирої клейковини, одержаної в проведених експериментах, вихід її виявляє таку ж за-

лежність, як і вихід сирови, що повністю виключає можливість підвищеної гідратації білків тіста під дією важких металів, а залишає тільки їх інгібуючу ферменти дію. Здатність же клейковини до розтягування не змінюється в тісті, виготовленому на дистильованій воді та на воді з домішками свинцю й нікелю, і лише в присутності катіону кальцію клейковина стає удвічі еластичнішою. Ці результати підтверджують висновок про те, що важкі метали інгібують дію ферментів-протеаз, які не розщеплюють білки клейковини. Катіон же кальцію сильно активує ферменти, які при цьому починають активно гідролізувати білки до амінокислот, зменшують їх кількість і молекулярну масу, що надає клейковині слабкості. Важливим критерієм якості та хлібопекарних властивостей пшеничного борошна є здатність кульки клейковини вагою 10 г до розпливання після годинного відлежування. Дані по здатність клейковини, відмитої з тіста з домішками важких металів, до розпливання наведені в таблиці 3.

**Таблиця 3** – Залежність здатності до розпливання кульки клейковини, відмитої з пшеничного борошна, від домішок катіонів важких металів

Катіон металу	Діаметр кульки, мм
без металу (контроль)	41
Pb <sup>2+</sup>	37
Ni <sup>2+</sup>	39
Ca <sup>2+</sup>	95

Наведені дані експерименту повністю узгоджуються з попередніми – клейковина під дією катіонів важких металів закріплюється, стає менш еластичною.

Дуже зручним засобом з'ясування активності протеолітичних ферментів сировини є вимірювання відносної в'язкості розчинів желатину під дією препаратів, активність яких досліджується. Ми провели експеримент з вивчення відносної в'язкості розчину желатину під дією протеолітичних ферментів пшеничного борошна в присутності катіонів свинцю й нікелю. Відносну в'язкість розчинів желатину знаходили за допомогою капілярного віскозиметру ВПЖ-2 з діаметром капіляру 0,56 мм у водному термостаті. Термостатування розчинів проводили з точністю до 0,1°C. Витримування системи до початку вимірювання тривало не менше 15 хвилин. Перед дослідом розчини фільтрували через фільтри Шотта. Відносну в'язкість розраховували за формулою (1):

$$\eta = \frac{t_{\text{розчину}}}{t_{\text{розчинника}}}, \quad (1)$$

де:  $\eta$  – відносна в'язкість;

$t_{\text{розчину}}$  – час витікання розчину, сек.;

$t_{\text{розчинника}}$  – час витікання розчинника, сек.

Дані експерименту наведені в таблиці 4.

**Таблиця 4** – Змінення відносної в'язкості 2%-вих розчинів желатину під дією протеаз пшеничного борошна залежно від розчинника

Розчинник	Відносна в'язкість ( $\eta$ )
вода	1,6
водний розчин солі свинцю ( $C_{\text{Pb}} = 0,05$ г/л)	1,95
водний розчин солі нікелю ( $C_{\text{Ni}} = 0,05$ г/л)	2,05
водний розчин солі кальцію ( $C_{\text{Ca}} = 0,05$ г/л)	1,3

Дані, одержані в результаті експерименту, узгоджуються з попередньо одержаними – відносна в'язкість розчину желатину з добавкою пшеничного борошна без добавок катіонів важких металів значно менша порівняно з тією, яка одержана з добавками катіонів свинцю й нікелю. Напевно, ці катіони інгібують дію протеаз пшеничного борошна, які стають менш активними і більш повільно гідролізують макромолекули желатину. Катіон кальцію, як і в попередніх дослідах, проявляє дуже велику активуючу здібність, він прискорює процес гідролізу желатину, унаслідок чого в'язкість його розчину зменшується. Але в цьому досліді домішки катіонів свинцю значно менше гальмують процес гідролізу порівняно з катіонами нікелю. Ми пояснюємо цей факт не більшою активністю катіону нікелю як інгібітору протеаз пшеничного борошна, а додатковим процесом комплексоутворення між макромолекулою желатину та цим катіоном, що приводить до стабілізації третинної структури желатину і, як наслідок, до підвищення в'язкості його розчинів. Нікель належить до перехідних металів, які мають вакантні d-орбіталі, що дає йому можливість утворювати додаткові координаційні зв'язки з молекулами субстрату, тобто підвищує його комплексоутворюючу здібність. Цим і пояснюється ще більше зростання в'язкості розчинів желатину порівняно з домішками катіонів свинцю. Катіон же свинцю належить до р-елементів, які не мають електронних рівнів з вакантними d-орбіталами, це позбавляє його властивості утворювати координаційні зв'язки з електронозбагаченими ділянками білкових молекул желатину.

Фактично проведені експерименти свідчать про те, що білкові молекули протеолітичних ферментів зазнають денатурації під дією катіонів важких металів. Під денатурацією розуміється будь який процес, який порушує четвертинну, третинну і навіть вторинну структуру білкової молекули, змінює її просторову спіральну конфігурацію, не торкаючись ковалентного пептидного зв'язку. Але незважаючи на зберігання основного скелету молекули, її біологічні властивості втрачаються. З метою вивчення денатурації білка під дією наведених катіонів металів нами була розроблена методика і проведений модельний експеримент, у якому ми спостерігали випадення осаду в 2%-вих водних розчинах яєчного альбуміну під дією цих металів. Випадення осаду характеризує протікання процесу денатурації білка, коли порушуються його третинна і, частково, вторинна структура, молекула втрачає підпорядковану спіральну конфігурацію і стає хаотичним нагромадженням клубків та петель. Випадення осаду дуже зручно кількісно контролювати за зміненням оптичної щільності розчинів, яку вимірювали на фотоелектроколориметрі КФК-2 у кюветах з товщиною шару 3 см при довжині хвилі 400 нм. Дані експерименту наведені в таблиці 5.

**Таблиця 5** – Змінення оптичної щільності водних розчинів яєчного альбуміну в присутності катіонів металів

Катіон металу	Оптична щільність, D
Без металу (контроль)	0,05
Ca <sup>2+</sup>	0,03
Ni <sup>2+</sup>	0,25
Pb <sup>2+</sup>	0,38

Дані експерименту підтверджують факт денатурації білка катіонами важких металів, особливо свинцем, і повністю узгоджуються з даними, які одержані під час експериментів з клейковиною. Катіон кальцію сприяє стабілізації третинної структури білка і тому прозорість розчину яєчного альбуміну підвищується.

Усі випробувані нами тести підтверджують той факт, що катіони важких металів згубно впливають на біологічну активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна, вони позбавляють клейковину еластичності, що може негативно позначитися на білковому каркасі тіста при його випіканні і, як наслідок, на якості готового виробу.

**Висновки.** Проведені нами дослідження свідчать про те, що забруднення води, яку використовують для приготування тіста в процесах випікання хліба, особливо катіонами важких металів, які є інгібіторами більшості ферментів, відіграє дуже важливу роль у забезпеченні якості готового виробу, що потребує ретельного контролю її чистоти.

У подальшому за цим напрямком планується дослідження якості питної води у виготовленні виробів із пшеничного борошна.

### Список літератури / References

1. Кучеренко М. Є. Біохімія / Микола Євдокимович Кучеренко. – Київ : Наука, 1995. – 463 с. Kucherenko, M. Ye. Biochemistry / M. Ye. Kucherenko. – Kyiv, Ukraine, 1995. – 463 p.
2. 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.
3. Висоцький С. Хлеб наш насущный / С. Висоцький, О. Симакова // Женское здоровье. – 1999. – № 5–6. – С. 28–29. Vysotskyi, S. Our daily bread / S. Vysotskyi, O. Simakova // Women health. – 1999. – No. 5–6. – P. 28–29.

**Цель.** Цель статьи заключается в исследовании влияния тяжелых металлов на хлебопекарные качества пшеничной муки.

**Методика.** В процессе исследования использованы методики определения активности амилолитических и протеолитических ферментов сырья.

**Результаты.** Доказано, что катионы тяжелых металлов отрицательно влияют на биологическую активность протеолитических ферментов пшеничной муки, они лишают клейковину эластичности, что может негативно сказаться на белковом каркасе теста при его выпекании и, как следствие, на качестве готового изделия.

**Научная новизна.** Доказано, что вода, загрязненная примесями тяжелых металлов, в частности свинца и никеля, может способствовать ухудшению газодерживающей способности тестового полуфабриката.

**Практическая значимость.** Заключается в том, что загрязнение воды, которую используют для приготовления теста в процессах выпекания хлеба, особенно катионами тяжелых металлов, которые являются ингибиторами большинства ферментов, играет очень важную роль в обеспечении качества готового изделия, что требует тщательного контроля ее чистоты.

**Ключевые слова:** пшеничная мука, дрожжевое тесто, протеолитические ферменты, амилолитические ферменты, тяжелые металлы, катионы, вода, клейковина.

**Objectives.** The present article is aimed to research the effect of the heavy metals on the bakery qualities of wheat flour.

**Methods.** The techniques of the strength determination of amylolytic and proteolytic enzymes of raw materials are used in present research.

**Results.** Negative influence of heavy metal cations on the biological activity of proteolytic enzymes of wheat flour is proved. They deprive the gluten of resilience that can be harmful to protein dough frame during its baking and result in the quality of finished product.

**Scientific originality.** The article is proved that water polluted by heavy metal impurities, particularly lead and nickel impurities, can contribute to worsening of gas holding capacity of partly baked bread.

**Practical value.** The fact that the pollution of water which is used for the dough preparation in the bread baking process plays a very important role in quality assurance of the

*finished product is stated. This becomes even more important with heavy metal cations, which are inhibitors of most enzymes. So water requires careful monitoring of its purity.*

**Keywords:** *wheat flour, yeasted dough, proteolytic enzymes, amylolytic enzymes, heavy metals, cations, water, gluten.*

УДК 637.344:635.1

Юдіна Т. І.<sup>1</sup>, кандидат технічних наук

Назаренко І. А.<sup>2</sup>, кандидат технічних наук

<sup>1</sup>Київський національний

торговельно-економічний університет

м. Київ, Україна, e-mail: olegdmu@rambler.ru

<sup>2</sup>Донецький національний університет економіки

і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: nazarenko@mail.ru

### КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ МОЛОЧНО-РОСЛИННИХ ФАРШІВ НА ОСНОВІ КОНЦЕНТРАТУ ЗІ СКОЛОТИН

Yudina T. I.<sup>1</sup>, candidate of technics science

Nazarenko I. A.<sup>2</sup>, candidate of technics science

<sup>1</sup>Kyiv National University of Trade and Economics

Kyiv, Ukraine, e-mail: olegdmu@rambler.ru

<sup>2</sup>Donetsk National University of Economics

and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky

Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: nazarenko@mail.ru

### COMPREHENSIVE EVALUATION OF MILK AND VEGETABLE MINCE QUALITY ON BASIS OF BUTTERMILK CONCENTRATE

**Мета.** *Визначити якість молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин з урахуванням принципів кваліметрії.*

**Методи.** *Інструментальні методи – для визначення хімічного складу, структурно-механічних, фізико-хімічних властивостей і мікробіологічних показників, органолептичні та експертні методи.*

**Результати.** *Визначено комплексний показник якості молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин. Доведено доцільність їх використання у виробництві кулінарної продукції, що сприяє розширенню асортименту продукції ресторанного господарства, підвищенню її харчової та біологічної цінності.*

**Наукова новизна.** *Уперше отримано комплекс даних, що характеризують якість розроблених молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин і доводять їх підвищену харчову та біологічну цінність.*

**Практична значущість.** *Удосконалена методика визначення комплексної оцінки якості комбінованих фаршів. Отримані результати підтверджують високу якість молочно-морквяного, молочно-гарбузового та молочно-кабачкового фаршів порівняно з фаршем із нежирного кислого сиру.*

**Ключові слова:** *комплексний показник якості, харчова цінність, структурно-механічні властивості, мікробіологічні показники.*

**Постановка проблеми.** *Забезпечення населення України високоякісними харчовими продуктами має першочергове соціальне та політичне значення та є пріоритетним завданням нашої держави, спрямованим на підвищення якості життя українських громадян [1].*