

Чигиринець Олена Едуардівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Чигиринец Елена Эдуардовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физической химии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

Chyhyrynets Olena – Doctor in Technical Sciences, Professor, Head of department of physical chemistry, National Technical University of Ukraine “Kyiv Politechnic Institute” (37 Peremogy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: corrosionlife@yandex.ru.

Воробійова Вікторія Іванівна – кандидат технічних наук, асистент кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Воробьева Виктория Ивановна – кандидат технических наук, ассистент кафедры физической химии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

Vorobiova Viktoriia – PhD in Technical Sciences, assistant of department of physical chemistry, National Technical University of Ukraine “Kyiv Politechnic Institute” (37 Peremogy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: viktorkathebest@yandex.ru.

Єфімова Вероніка Гаріївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Ефимова Вероника Гариевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физической химии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

Yefimova Veronica – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of department of physical chemistry, National Technical University of Ukraine “Kyiv Politechnic Institute” (37 Peremogy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: yefimova_vg@bk.ru.

УДК 664.64.022.39

Олеся Савченко, Ольга Сиза, Юлія Зінченко, Тетяна Деркач, Марина Михайлова

ВПЛИВ ЦИКОРІЮ, КАВИ, ЛИМОННОГО СОКУ НА ФЕРМЕНТАТИВНУ АКТИВНІСТЬ ДРІЖДЖІВ ТА ЯКІСТЬ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Олеся Савченко, Ольга Сизая, Юлия Зинченко, Татьяна Деркач, Марина Михайлова

ВЛИЯНИЕ ЦИКОРИЯ, КОФЕ, ЛИМОННОГО СОКА НА ФЕРМЕНТАТИВНУ АКТИВНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ И КАЧЕСТВО ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Olesia Savchenko, Olga Sizaya, Yulia Zinchenko, Tetiana Derkach, Maryna Mykhailova

THE IMPACT OF CHICORY, COFFEE AND LEMON JUICE ON THE ENZYMATIC ACTIVITY OF YEAST AND THE QUALITY OF WHEAT BREAD

Досліджено вплив цикорію, кави та лимонного соку на біотехнологічні характеристики пресованих дріжджів. Використання рослинних харчових добавок значно підвищує ферментативну активність хлібопекарських дріжджів: зимазна активність покращується на 24–43 %, а мальтазна – на 24–42 %. Добавки збагачують хлібобулочні вироби вітамінами, макро- і мікроелементами та покращують якісні показники хліба.

Ключові слова: дріжджі, ферментативна активність, біотехнологічні властивості, бродіння, хліб.

Рис.: 2. Табл.: 3. Бібл.: 7.

Исследовано влияние цикория, кофе и лимонного сока на биотехнологические характеристики пресованных дрожжей. Использование растительных пищевых добавок повышает ферментативную активность хлебопекарных дрожжей: зимазная активность улучшается на 24–43 %, а мальтазная – на 24–42 %. Добавки обогащают хлебобулочные изделия витаминами, макро- и микроэлементами и улучшают качественные показатели хлеба.

Ключевые слова: дрожжи, ферментативная активность, биотехнологические свойства, брожение, хлеб.

Рис.: 2. Табл.: 3. Библ.: 7.

The influence of chicory, coffee and lemon juice on biotechnological characteristics of pressed yeast has been investigated. The use of herbal dietary supplements improves greatly the enzymatic activity of baking yeast: rising power, zymazna and maltazna activity. So, zymazna activity of yeast samples is improved in 24–43 %, and 24–42 % for maltazna activity. Supplements enrich products with vitamins, macro- and microelements. Thus, researched supplements improve qualitative indicators of grain.

Key words: yeast, enzyme activity, biotechnological properties, fermented, bread.

Fig.: 2. Tabl.: 3. Bibl.: 7.

Постановка проблеми. З кожним роком спостерігається зростання попиту населення на споживання хлібобулочних та борошняних кулінарних виробів. Виготовлення хліба –

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

сукупність фізичних і біохімічних процесів, у яких важливу роль відіграють дріжджі і молочнокислі бактерії [1–3]. Дріжджі перетворюють цукри борошна на спирт і вуглекислий газ, що розпушує тісто, а молочнокислі бактерії утворюють із цукрів молочну кислоту та інші органічні кислоти, підтримують рН на рівні, оптимальному для життєдіяльності дріжджів. Також технологічна роль дріжджів полягає в утворенні етанолу та інших продуктів (оцтового альдегіду, органічних кислот, спиртів, сивушної олії, ацетону, ефірів), що беруть участь у формуванні смаку та аромату хліба і хлібобулочних виробів.

Згідно з сучасною класифікацією дріжджі, що використовуються у хлібопекарському виробництві, відносяться до класу Ascomycetes, родини Saccharomycetaceae, роду Saccharomyces, вид *S. cerevisiae* [2]. Клітини *S. cerevisiae* округлої форми, розмножуються брунькуванням і спороутворенням. Можуть рости у присутності і відсутності кисню, при цьому у присутності кисню реалізують дихальний тип метаболізму, а при відсутності – зброджують цукри до спирту і вуглекислого газу. Оптимальна температура розвитку *S. cerevisiae* – 30 °С, деякі штами витримують температуру до 35–37 °С; оптимальне значення рН знаходиться в межах 4,5–5. Джерелом карбону є глюкоза, галактоза, фруктоза, сахароза, мальтоза, частково рафіноза та прості декстрини, крім того, дріжджі також засвоюють етиловий спирт, молочну й оцтову кислоти. Не зброджують хлібопекарські дріжджі лактозу, пентози (ксилозу, арабінозу), крохмаль і клітковину. Джерелом нітрогену для них є амінокислоти, пептиди, солі амонію (білків не засвоюють). Дріжджі потребують ростових факторів (біотин та ін.) [2].

Час приготування та якість хлібобулочних виробів значною мірою залежить від якості та фізіологічного стану хлібопекарських дріжджів. Під час зберігання пресованих дріжджів відбуваються зміни їхнього хімічного складу, погіршуються показники якості дріжджів, а саме, їхня бродильна та ферментативна активність. В опарі й тісті дріжджові клітини потрапляють в умови, близькі до анаеробних, тому переключаються з дихання на бродіння. Внутрішня структура дріжджової клітини при цьому суттєво перебудовується, ферментативний комплекс змінюється, адаптуючись до нових умов існування.

Тому використання дріжджів потребує їхнього попереднього оброблення з метою відновлення та покращення вихідної активності, переходу з дихального на бродильний тип обміну речовин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для прискорення процесу бродіння опари й тіста процес адаптації потрібно проводити у поживному середовищі, оптимальному для життєдіяльності дріжджів.

Ефективність активації дріжджів залежить від складу поживного середовища та швидкості адаптації дріжджових клітин до умов середовища. Відомо, що для швидкої адаптації дріжджових клітин до борошняного напівфабрикату доречно застосовувати рідкі поживні середовища, які містять у своєму складі вуглеводи, воду, біогенні елементи, амінокислоти, мінеральні речовини, вітаміни та інші біологічно активні компоненти [4]. Для підвищення біологічної активності мікроорганізмів запропоновано різні способи підвищення їх активності: магнітні, термічні, електрохімічні; способи оброблення лазерним випромінюванням та введення харчових добавок. Цілеспрямоване використання різних груп харчових добавок дозволяє регулювати хід технологічного процесу, формувати певні властивості тіста і покращувати ферментативну активність та якість хлібобулочних виробів.

Саме тому актуальним є питання розроблення нових прискорених технологій виробництва борошняних кулінарних виробів з використанням рослинних харчових добавок для підвищення біологічної активності дріжджів та створення сприятливих умов у тісті для їх розмноження та швидкого росту.

Мета роботи. Визначення впливу цикорію, кави та лимонного соку на біотехнологічні характеристики пресованих дріжджів та фізико-хімічні показники готових виробів пшеничного хліба.

Викладення основного матеріалу дослідження. Якість хлібопекарських дріжджів регламентується діючими стандартами, які визначають органолептичні показники (смак, колір, запах, консистенцію), фізико-хімічні (вологість, кислотність на день виготовлення та через 12 діб зберігання, стійкість), мікробіологічні (плісеневі гриби, бактерії групи кишкової палочки, патогенні, в тому числі сальмонели, *Staphylococcus aureus*).

Результати органолептичних досліджень дріжджів «Криворізьких» представлені у табл. 1. Масова частка вологи досліджуваних дріжджів становила $70 \pm 1,2$ %, кислотність – 128 мг оцтової кислоти/100 г.

Таблиця 1

Органолептичні показники якості пресованих дріжджів «Криворізьких»

Найменування показників	Характеристика
Колір	Рівномірний, без плям, світлий
Консистенція	Щільна, дріжджі повинні легко ламатися і не мазатись
Запах	Властивий дріжджам, не допускається запах плісені та інші сторонні запахи
Смак	Прісний, властивий дріжджам, без стороннього присмаку

Для оцінювання стану дріжджових клітин мікроскопували препарат, виготовлений із водної суспензії дріжджів, забарвлений метиленовим синім. Визначали морфологічний стан дріжджів, підраховували загальну кількість дріжджових клітин, кількість мертвих клітин і таких, що брунькуються. Встановлено, що за морфологічними ознаками клітини однорідні, сферичної форми. Кількість клітин, що брунькується у дріжджах, становить 5 %, кількість мертвих клітин – 2 %.

Відомо, що на біотехнологічні властивості дріжджів впливає наявність сторонньої мікрофлори, що обумовлено технологією їх виробництва. Дослідження наявності сторонньої мікрофлори показали, що у вибраних хлібопекарських дріжджах дріжджі роду *Candida* відсутні, також відсутні гнилісні і слизоутворюючі бактерії, бактерії групи кишкової палочки, *Staphylococcus aureus*.

У світовій практиці технологічні властивості дріжджів оцінюють за різними показниками, найважливіші з яких ґрунтуються на визначенні ферментативної активності [4]. Здатність дріжджів зброджувати глюкозу й фруктозу визначали за показником підйомної сили та зимазної активності, а мальтозу – за показником мальтазної активності.

Для визначення підйомної сили дріжджів використовували метод спливаючої кульки: 0,31 г пресованих дріжджів розчиняли у $4,8 \text{ см}^3$ 2,5%-го розчину натрію хлориду. До отриманого розчину додавали 7 г борошна пшеничного другого гатунку, надавали тісту форму кулі, занурювали у стакан з водою (температура 35 °C). Підйомну силу оцінювали за часом, який пройшов з моменту опускання кульки до моменту спливання (час підйому в хвиликах множили на коефіцієнт 3,5).

Підйомна сила характеризує тільки зброджувальну здатність дріжджів щодо власних цукрів борошна і залежить тільки від активності зимазного комплексу ферментів дріжджів та не враховує їх здатність зброджувати мальтозу, що залежить від активності α -глюкозидази (мальтази). Зимазну та мальтазну активність дріжджів прийнято виражати часом у хвиликах, який затрачено для виділення 10 см^3 вуглекислого газу за рахунок зброджування розчину відповідного цукру. Встановлено, що вибрані дріжджі мали підйомну силу – 61,5 хв, зимазну активність – 52 хв, мальтазну – 58 хв.

Досліджували вплив рослинних харчових добавок (соку лимона, цикорію та кави) на ферментативну активність дріжджів. Коренеплоди цикорію містять білок, цукор, каротин, вітаміни групи В, аскорбінову кислоту, дубильні речовини, мінеральні солі, органічні кислоти, холін, а також цінний полісахарид – інулін, який під час розщеплення дає фруктозу [5]. Лимонний сік містить лимонну (8 %), яблучну кислоти, мікро- та макроелементи К, Со, Mg, Mn, Na, S, P, каротин, вітамін С та ін. Кава збагачує середовище

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

вітаміном PP та біогенними елементами калієм, кальцієм, фосфором. Такий хімічний склад дає підстави розглядати перспективність використання рослинних добавок як ефективних збагачувачів борошняних напівфабрикатів, як засіб покращення біотехнологічних властивостей хлібопекарських дріжджів, оскільки мінеральні речовини регулюють осмотичний тиск, впливають на проникливість оболонки дріжджів, разом з вітамінами активують ферменти, що беруть участь у метаболізмі та спиртовому бродінні.

Експериментальним шляхом доведено, що використання рослинних харчових добавок значно підвищує ферментативну активність хлібопекарських дріжджів. Визначено (рис. 1), що найкраще впливає на підйомну силу додавання цикорію та кави у кількості 1 % до маси борошна у тісті: використання цикорію скорочує час підйому кульки до 28,0 хв порівняно з контролем (61,5 хв), лимонного соку – до 36,2 хв, а кави – до 34,5 хв. Підйомна сила дріжджів повинна бути не більше 70 хв. У разі збільшення дозування добавок погіршується активність дріжджів.

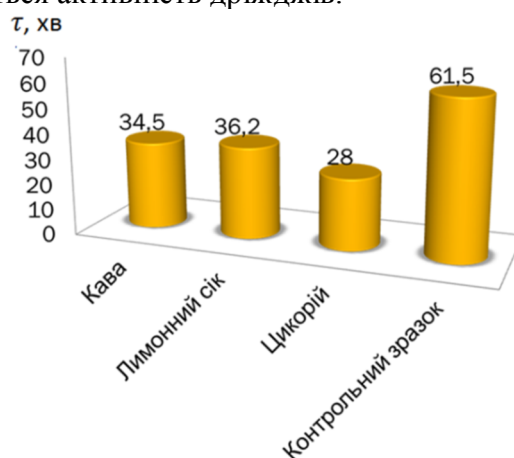


Рис. 1. Вплив добавок на підйомну силу дріжджів

Найкращу зимазну активність 30–38 хв мали дріжджі під час введення соку лимона (концентрація 0,25 % до маси борошна), цикорію (концентрація 1 %) та кави (при обох концентраціях). Так, зимазна активність досліджуваних зразків дріжджів покращується на 27–43 %, а мальтазна на 24–42 %, порівняно з контролем (табл. 2).

Таблиця 2

Залежність зимазної та мальтазної активності дріжджів від концентрації добавок

Ферментативна активність	Контроль (дріжджі)	Цикорій		Кава		Лимонний сік	
		0,25 %	1 %	0,25 %	1 %	0,25 %	1 %
Зимазна, хв	52	45	36	38	38	30	58
Мальтазна, хв	58	43	34	43	42	44	60

Отже, процес тістоутворення є досить тривалим, що призводить до значної витрати часу. Використання цикорію, лимонного соку та кави для підвищення біотехнологічних властивостей пресованих дріжджів може забезпечити скорочення терміну їх адаптації до анаеробних умов у пшеничному тісті.

З метою виявлення впливу досліджених рослинних харчових добавок на органолептичні показники хліба нами розроблено рецептуру хліба білого з пшеничного борошна вищого гатунку з оптимальною кількістю добавок 0,1 % до маси борошна. Спосіб виготовлення – безопарний. Введення цикорію, лимонного соку та кави на етапі активації дріжджів забезпечило активне бродіння тіста відразу після замісу, що має велике значення за прискорених способів приготування тіста.

Якість хліба оцінювали за допомогою проведення лабораторних пробних випічок тіста. Для активації дріжджових клітин використовували рідкі поживні середовища, в які вводили рослинні харчові добавки – цикорій, сік лимона, каву. Порівнювали форму

хліба, колір і зовнішній вигляд скоринки, смак і запах. Визначали якість хлібної продукції за її фізико-хімічними властивостями – вологістю, кислотністю, пористістю. Дослідження вологості хліба проводили за ГОСТ 21094 – 75, пористості хліба – ГОСТ 5669 – 96, кислотності – прискореним методом за ГОСТ 5670 – 96.

Одержані зразки хліба з використанням добавок мають правильну форму і пропечений м'якуш, не вологий на дотик, еластичний, після легкого натиснення пальцями м'якуш набував початкової форми (рис. 2). Колір хліба з добавкою цикорію та кави дещо темніший, порівняно з хлібом з соком лимона (в якого м'якуш має світліший відтінок порівняно з контрольним зразком). Смак і запах хліба з кавою – присмні, з ледь помітними відтінками смаку і запаху кави, а з добавкою цикорію та лимонного соку – властиві пшеничному хлібу. Результати дослідження фізико-хімічних показників готових виробів наведено у табл. 3.



Рис. 2. Тісто та хліб після випічки: 1 – без добавок; 2 – з добавкою соку лимона; 3 – з добавкою цикорію; 4 – з добавкою кави

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники готових виробів

Добавка	Кількість добавки, % до маси борошна	Визначення фізико-хімічних показників готових виробів		
		Кислотність, град	Вологість, %	Пористість, %
Цикорій	0,1	2,1	41,3	79,3
Кава	0,1	2,3	41,0	80,8
Лимонний сік	0,1	2	42,6	78
Контрольний – без добавки	–	2	39,6	75

Вологість одержаних виробів становить 41...42,6 %. Кислотність хліба зумовлена бродінням тіста, виражається у градусах кислотності й становить для дослідних зразків 2–2,3°. Усі показники відповідають вимогам стандартів.

Під пористістю хліба розуміють відношення об'єму пор м'якушки до загального об'єму м'якушки (у відсотках). Пористість пшеничного хліба має бути не менше 72 %. Результати проведених досліджень показали, що пористість хліба з добавками підвищується і становить: з кавою – 80,8 %, з цикорієм – 79,3 %, з лимонним соком – 78 %. Пористість зразків без порот і ущільнень. Чим вища пористість виробів, тим довше вони зберігають свіжість. Добре розпушений хліб з рівномірною дрібною тонкостінною пористістю краще просочується травними соками і тому повніше засвоюється організмом.

Додавання кави у рецептуру уповільнює пліснявіння хліба. Так, у контрольному зразку ознаки пліснявіння з'явилися через 120 год, з добавкою соку лимона – через 96 год, цикорію – через 72 год, а в зразку хліба з добавкою кави – через 240 год. Кава підвищує мікробіологічну стабільність під час зберігання хліба.

Висновки. Доведено перспективність застосування кави, цикорію та соку лимона як харчових добавок у виробництві пшеничного хліба. Використання харчових добавок підвищує ферментативну активність дріжджів: зимазна активність покращується на 27–43 %, а мальтазна – на 24–42 %, порівняно з контрольним зразком. Добавки збагачують середовище розвитку дріжджів біогенними елементами, амінокислотами, мінеральними речовинами, вітамінами та забезпечують скорочення терміну адаптації дріжджів до анаеробних умов пшеничного тіста, що дасть змогу скоротити тривалість технологічного процесу приготування хліба. Отримані зразки хліба за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідають вимогам нормативних документів (ДСТУ, СОУ) [6; 7].

Список використаних джерел

1. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман. – М. : Профессия, 2002. – 416 с.
2. Пиріг Т. П. Мікробіологія харчових виробництв : навчальний посібник / Т. П. Пиріг, Л. Р. Решетняк, Н. М. Грегірчак. – Вінниця : Нова книга, 2007. – 464 с.
3. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва / В. І. Дробот. – К. : Логос, 2002. – 365 с.
4. Шестаков С. Д. Новая эффективная технология активации хлебопекарных дрожжей / С. Д. Шестаков, Т. П. Волохова // Хлебопечение России. – 2000. – № 6. – С. 33–34.
5. Панишин Б. А. Биохимия цикория / Б. А. Панишин // Цикорий. – М., 1935. – С. 88, 91.
6. СОУ 15.8-37-00389676-559:2007. Хліб із різних сортів пшеничного борошна та їх сумішей. Традиційний асортимент. Загальні вимоги. – Введ. 2015–02–01. – К., 2013. – 14 с.
7. ДСТУ 7517:2014 «Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови».

Савченко Олесь Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Савченко Олесь Николаевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Savchenko Olesia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: savchenkolm@rambler.ru

Сиза Ольга Іллівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Сизая Ольга Ильинична – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедры пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Sizaya Olga – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: syza7@ukr.net

Зінченко Юлія Сергіївна – студентка, студентка кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Зинченко Юлия Сергеевна – студентка, студентка кафедры пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Zinchenko Yulia – student, student of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: julia_chernigiv@ukr.net

Деркач Тетяна Леонідівна – студентка, студентка кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Деркач Татьяна Леонидовна – студентка, студентка кафедры пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Derkach Tetiana – student, student of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: tderkach737@mail.ru

Михайлова Марина Ігорівна – студентка, студентка кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Михайлова Марина Игоревна – студентка, студентка кафедры пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Mikhailova Maryna – student, student of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: marina-mikhaylova1998@mail.ru