

Грушковська А.О.

Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук

Даниленко С.Г.

Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук

Крижська Т.А.

Сумський національний аграрний університет

Хоньків М.О.

Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук

ВПЛИВ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ НА ПОКАЗНИКИ ЖИТНЬОЇ ЗАКВАСКИ

У даній статті наведено спосіб приготування заквасок для житніх сортів хліба з додаванням чистих культур молочнокислих бактерій різних видів. Описано процес виведення та наведено показники якості готових заквасок, а саме, органолептичні та біотехнологічні. Досліджено специфіку змін кислотності, піднімальної сили, та активності молочнокислих бактерій як основних показників якості заквасок в процесі оновлення. Досліджено чинники, які впливають на активність молочнокислих бактерій, вибрано оптимальні параметри бродіння закваски та наведена порівняльна характеристика із контрольними зразками, а саме закваскою спонтанного бродіння та закваскою з додаванням дріжджів *S. cerevisiae*. В роботі було схарактеризовано органолептичні властивості заквасок. Закваски через 120 год зберігання мали більш виражений, як порівняти зі свіжими заквасками, аромат. Плісняви на поверхні жодної закваски не спостерігалося.

Виявлено, що в заквасці, приготовленої із використанням культури *Lactobacillus buchneri* найкращі показники піднімальної сили та кислотності.

У закваски виведеної з додаванням культури *L. fermentum* на 120 годину оновлення піднімальна сила становила 50 хв, на рівні з закваскою спонтанного бродіння, це дало змогу визнати її непридатною для розведення (закваска потребує більше ніж п'ять оновлень).

Застосування молочнокислих бактерій дозволяє вести та зберігати закваску в активному стані. Кінцева кислотність і піднімальна сила закваски, яку було отримано під час досліджень, становила 22 град і 25 хв відповідно.

На основі аналізу біотехнологічних показників заквасок та їхньої зміни в процесі оновлення зроблено висновки щодо їхньої стійкості. Зроблено припущення про наявність стійких штамів молочнокислих бактерій та доцільність їхнього застосування у складі заквасок, що дасть змогу отримати вироби з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості.

Ключові слова: борошно, житній хліб, молочнокислі бактерії, закваска, активність, бродіння.

Постановка проблеми. Хліб – один із найважливіших харчових продуктів всіх жителів Землі упродовж багатьох тисячоліть. Виробники пропонують великий асортимент різновидів хліба, багато які з них мають унікальні властивості.

Декілька століть тому в Україні хлібобулочні вироби з житнього борошна були досить поширеними, на відмінну від пшеничних, які вважалися делікатесом і випікалися лише до великих свят. Традиційно, житні та житньо-пшеничні види хлібобулочних виробів виготовляють із використанням заквасок. Це пов'язано з особливостями вуглеводно-амілазного та білково-протеїназного

комплексів житнього борошна [1, с. 33; 2, с. 25].

Хімічний склад житнього борошна характеризується зниженим вмістом білка. За структурою житнє тісто менш еластичне та менш пружне, бо в ньому немає каркасу клейковини, властивого пшеничному тісту. На ступінь пептизації білів суттєво впливають насамперед вміст молочної кислоти житнього тіста та кислотність. За недостатньої високої кислотності у рідку фазу житнього тіста переходить невелика кількість пептизованого білку [3, с. 5].

Закваска – це густий чи рідкий напівфабрикат хлібної промисловості, дія якої базується на

комбінації спиртового і молочнокислого бродіння поживної суміші житнього, житньо-пшеничного або пшеничного борошна [4, с. 16].

Для виробництва хліба з високими якісними характеристиками застосовують закваски на основі чистих молочнокислих культур, дія яких забезпечує високі якісні характеристики у готовому продукті. Смак і аромат хліба багато в чому залежать від співвідношення вмісту молочної та оцтової кислот. Молочна кислота надає хлібу приємний кислуватий смак, а оцтова – специфічний аромат. Саме зброджування частини борошна в заквасці забезпечує отримання вищої початкової кислотності тіста. Водночас створюються оптимальні умови для зниження активності α -амілази, для достатнього набухання білків, пентозанів і оболонкових частинок. Це забезпечує отримання хліба із житнього та житньо-пшеничного борошна з високими смаковими властивостями [5, с. 1168; 6, с. 181; 7, с. 28; 8, с. 347].

Попри удаване різноманіття хлібопекарських заквасок на ринку, всі культури умовно можна розділити на 3 принципово різні групи:

1) сухі закваски на основі чистих культур молочнокислих бактерій і дріжджів;

2) рідкі або сухі інактивовані закваски на основі борошна та/або зерна, ферментовані молочнокислими мікроорганізмами та дріжджами;

3) рідкі або сухі активні закваски на основі борошна та/або зерна, ферментовані молочнокислими мікроорганізмами та дріжджами [4, с. 326].

Основні функції закваски:

- підвищення кислотності напівфабрикатів;
- вплив на формування реологічних властивостей тіста;
- поліпшення смакових-ароматичних властивостей готової продукції;
- прискорення процесу бродіння, збільшення водопоглинальної здатності тіста;
- зниження крихтливості, надання більшої еластичності м'якушці виробів (більш волога на дотик);
- більш виражений молочнокислий смак та аромат хліба;
- сповільнення черствіння.

Стабільність біотехнологічних властивостей заквасок досягається дотриманням необхідних технологічних параметрів (температура, вологість, тривалість бродіння, кількість закваски, кількість оновлень). Відомо, що зі збільшенням вологості заквасок створюються кращі умови для розвитку дріжджів, знижується інтенсивність кислотоутворення, а результатом є зменшення

кількості поживних речовин для молочнокислих бактерій [9, с. 23; 10 с. 4].

Відомо, що спонтанна мікробіота закваски не завжди може забезпечити контрольований перебіг бродіння напівфабрикатів. Тому рекомендується до складу закваски слід додавати чисті культури молочнокислих бактерій, які активно пригнічують спонтанну мікробіоту та «дикі» дріжджі [10, с. 32].

Біотехнологічні процеси в заквасці визначаються мікробіотою. Гомоферментативні молочнокислі бактерії – під час зброджування гексоз утворюють виключно молочну кислоту та ароматичні речовини (типовим представником є *L. casei*), а гетероферментативні молочнокислі бактерії (*L. brevis*), які утворюють до 72% молочної кислоти та 21% летких кислот (переважно оцтову) газ (переважно діоксин вуглецю) та незначну кількість спирту [11, с. 32].

Кислотоутворююча мікробіота густих спонтанних заквасок досить різноманітна. Панівними видами в них є *L. plantarum*, *L. brevis* та *L. fermentum*, в меншій кількості – *L. casei* та *L. buchneri*. Термофільний вид *L. leichmannii* виявляється дуже рідко. Для густих житніх заквасок характерно два види молочнокислих бактерій – *L. brevis* і *L. plantarum*, що пов'язано, очевидно, з температурним режимом ведення заквасок. Рідкі житні закваски за видовим складом кислотоутворюючої мікрофлори мало відрізняються від густих. У них виявляються ті ж види бактерій: *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. casei* та в поодиноких випадках *L. buchneri* та *L. delbrückii*. Температура за якої відбувається ведення рідких заквасок 32-35°C позитивно впливає розвиток саме цієї мікробіоти [12, с. 10–24].

Залежно від температури бродіння гетероферментативні молочнокислі бактерії продукують різну кількість кислот. Наприклад, за температури вище 30°C утворюється більше молочної кислоти, а за температури нижче 25°C – більше оцтової. На співвідношення молочної та оцтової кислот впливають також й інші чинники, такі, як вид та сорт борошна, вологість напівфабрикатів. Чим вища зольність борошна, тим більше утворюється оцтової кислоти (це пояснюється тим, що оцтова кислота утворюється під час зброджування ксилози, яка міститься в оболонках зерна), і лише гетероферментативними молочнокислими бактеріями. Під час збільшення вологості закваски збільшується активність гомоферментативних бактерій і, відповідно, інтенсивніше продукують молочну кислоту [13, с. 227–234; 14 с. 542].

Молочнокислі бактерії *L. sanfranciscensis* належать до гетероферментативних МКБ. В процесі бродіння вони утворюють молочну, леткі органічні кислоти, етанол і вуглекислий газ, екзополісахариди, протимікробні сполуки та ферменти [15, с. 180].

Попит на житні та житньо-пшеничні сорти хліба останнім часом збільшується, тому підприємства переходять на випуск цих сортів хліба. Ведення заквасок на підприємствах вимагає необхідного устаткування та час на оновлення. У зв'язку з вищевикладеним в даній роботі було проведено дослідження технології приготування житнього тіста з використанням різних видів молочнокислих бактерій, які надалі буде залучено до складу нової закваски для хліба з житнього борошна. Дослідження зі створення нових хлібопекарських заквасок для хліба з житнього борошна, які забезпечують високу якість продукції, є актуальними.

Постановка завдання. Для отримання високоякісного хліба з житнього борошна необхідно забезпечити кислотність тіста не нижче 12-14 град. Для досягнення такої кислотності хліб виробляють з використанням різних видів заквасок, що дозволяє помітно скоротити виробничий процес, збільшити терміни зберігання та надати заданої функціональності [16 с. 212].

Метою даної роботи є вивчення впливу різних штамів молочнокислих бактерій на біотехнологічні показники рідкої житньої закваски.

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв'язати такі завдання:

дослідити вплив різних штамів молочнокислих бактерій на динаміку кислотоутворення та піднімальну силу закваски;

визначити кількість оновлення закваски для встановлення необхідних біотехнологічних параметрів закваски.

Для приготування закваски використовували різні штами молочнокислих бактерій (далі – МКБ) видів *Lactobacillus buchneri* (зразок 1), *L. brevis* (зразок 2), *L. fermentum* (зразок 3), *L. casei* (зразок 4), *L. plantarum* (зразок 5), борошно житнє обдирне, яке характеризувалося такими фізико-хімічними показниками: вологість – 11%, титрована кислотність 4,2 град, зольністю – 1%. Готували закваски вологістю 55-65%, поновлення проводили кожні 24 годин шляхом змішування закваски попереднього приготування з додаванням еквівалентної кількості поживної суміші з борошна та води та знову залишали на 8 годин за температури 25-26°C. Як контроль 1 вико-

ристовували закваску, до якої входили дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, Контроль 2 – на основі тільки борошна та води.

Молочнокислі бактерії культивували у такий спосіб: музейну культуру стерильно засівали у пробірку із не фільтрованим сушлом (СР=12%), вирощували 24±2 год за $t=32\pm 2^\circ\text{C}$.

Для визначення підімальної сили, титрованої кислотності, масової частки вологи та активності молочнокислих бактерій у заквасці застосовували загальноприйняті методи [17, с. 111–118], а саме: активність МКБ визначали за тривалістю знебарвлення метилового синього: низька активність 90-100 хв, висока активність 35-50 хв, дуже висока – 7-30 хв; титрована кислотність – визначали титрування розчином гідроксиду натрію; вологість – висушуванням на приладі Чижової до сталої маси за температури 160°C.

Виклад основного матеріалу досліджень. Суміш із борошна та води вводилася стабільно протягом усього часу виведення, після проведення кожного оновлення через 72, 96 і 120 год відповідно. Співвідношення води до борошна було постійним і становило 1:2.

Результати оцінки підімальної сили заквасок за методом спливання кульки, вологості та титрованої кислотності представлені в таблиці 1.

Відомо, що у виробничому циклі якісна закваска повинна мати вологість 48-50%, кислотність 13-16 град. та піднімальну силу «за кулькою» до 25 хв.

Як видно з табл.1, кислотність у дослідних заквасках накопичуються інтенсивніше. І вже на 96 годину відновлення за даним показником закваски 2 та 3 можуть використовуватися у виробництві, а за показником підімальної сили лише одну – зразок 2.

У всіх зразках на 48 год відновлення кислотність у 2,5 раза вища, ніж на перші 24 год.

Виявлено, що повільніше накопичувала кислотність закваска – це може означати низький потенціал утворення кислоти бактеріями *L. casei*.

Також в процесі оновлення заквасок нами контролювався показник підімальної сили. Після першого оновлення у всіх закваски була відсутня підімальна сила, а після 2-го відновлення, як видно з табл. 1, цей показник склав для окремих заквасок приблизно 50 хв. З кожним наступним відновленням показник підімальної сили покращувався і на 120 годину відновлення для зразка 2 та контролю 1 приблизно 30 хв, а середньому зростала за кожен добу бродіння на 5-6 хв.

Було встановлено, що закваски вологістю 50-70% після кожного відновлення досягають кислотності 12 град в середньому через 24 год.

Органолептичні показники зразків всіх заквасок покращувались – з'явився приємний кисломолочний запах, у деяких зразках – взагалі був явно виражений запах кислій капусти з легким запахом органічних кислот, порівнюючи зі свіжими заквасками. Плісняви на поверхні жодної закваски не спостерігалось. Консистенція – в'язка, слизиста, пориста, що в даному випадку є важливим чинником у подальших технологічних стадіях приготування виробу.

У процесі дозрівання закваски здійснювали контроль активності МКБ. Активність молочнокислих бактерій у заквасках стабілізувалася на високому рівні на п'яту добу та становила 18-50 хв, за дотримання температурного режиму 23-25°C, без врахування контролю 2, у якого активність МКБ становила 80 хв, що можна пояснити нестабільною спонтанною мікробіотою. Найбільш активний розвиток молочнокислих бактерій (рис. 1) відбувається за поновлення закваски на 72-96 год бродіння.

У контролі 1, спостерігалася дещо гірша активність, чим у зразках із молочнокислими мікроор-

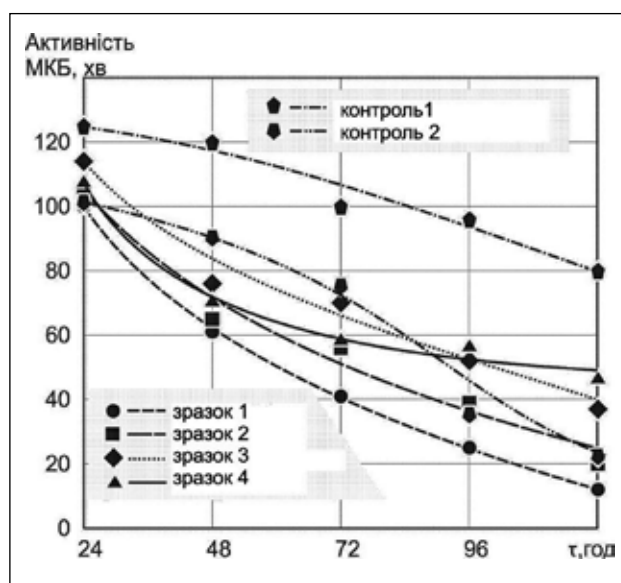


Рис. 1. Залежність активності молочнокислих бактерій від тривалості оновлення заквасок

ганізмами, а це свідчить про розвиток конкурентної мікробіоти у заквасках.

Як видно з даного малюнка активність МКБ почала зростати на 72 год бродіння, а на ще через 48 год після цього активність зразків до складу

Таблиця 1

Послідовність оновлення закваски

Показники	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Контроль 1	Контроль 2
0 год						
Кислотність, град	5,7	5,2	6,2	3,3	4,9	0,99
Вологість, %	60,29	57,92	58,29	57,60	62,68	66,16
Піднімальна сила, хв.	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня
24 год						
Кислотність, град	12,7	12,9	13,2	7,6	5,5	2,0
Вологість, %	57,64	56,10	65,84	58,19	58,39	66,91
Піднімальна сила, хв.	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня
48 год						
Кислотність, град	12,8	11,3	11,6	6,9	4,6	2,4
Вологість, %	66,9	54,81	55,91	51,90	59,39	62,37
Піднімальна сила, хв.	52,0	42,0	відсутня	48,0	40,0	відсутня
72 год						
Кислотність, град	13,0	11,4	13,0	7,7	6,1	4,9
Вологість, %	56,75	55,55	58,86	55,94	61,6	64,70
Піднімальна сила, хв.	46,2	34,5	60,0	41,0	34,0	відсутня
96 год						
Кислотність, град	22,3	18,9	18,1	12,9	14,5	15,0
Вологість, %	59,2	62,3	54,45	57,54	64,0	62,3
Піднімальна сила, хв.	42,2	27,0	53,0	38,5	30,0	50,0
120 год						
Кислотність, град	22,6	18,3	20,4	16,6	16,8	17,4
Вологість, %	58,0	60,0	52,0	58,0	60,0	62,0
Піднімальна сила, хв.	38,0	25,0	50,0	36,0	31,0	48,0

Залежність показника активності МКБ від кислотності

Показник \ Закваска	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Контроль 1	Контроль 2
Кислотність, град	22,6	18,3	20,4	16,6	16,8	17,4
Активність МКБ, хв.	18,0	20,0	37	47,4	22,0	80,0

яких входили заквашувальні культури активність була дуже висока та становила 15-25 хв.

Високу активність мали закваски 1,2-18,20 хв відповідно, що, ймовірно, пов'язано зі складом бродильної мікробіоти, а саме діяльністю гетероферментативних молочнокислих бактерій.

З таблиці 2 видно, активність МКБ у двох дослідних зразках 1 і 2 та контролі 1 становила приблизно 20 хв, що можна схарактеризувати як дуже висока активність МКБ. У контролі 2 активність МКБ була дуже низька і становила 80 хв, що можна пояснити низькою активністю спонтанної мікробіоти закваски. Додавання дріжджів до складу закваски сприяє активному росту кислотності, що надалі дасть змогу отримати тісто з високими підймальними властивостями.

Між активністю молочнокислих бактерій і кислотністю є не значний кореляційний зв'язок (коефіцієнт $r = -0,6$).

Отже, дослідження показали, що показники якості експериментальних заквасок стабілізува-

лися на високому рівні на п'яту добу за дотримання температурного режиму 23-25°C.

Висновки. Отже, використання чистих культур молочнокислих бактерій в кількості 3,0% від маси борошна за приготування першої фази циклу рідкої житньої закваски за загальноприйнятою технологією забезпечує отримання закваски з підймальною силою 20-25 хв і кислотністю до 22 град.

Стабільні біотехнологічні показники заквасок були отримані після четвертого оновлення, що дасть змогу надалі отримати хліб високої якості.

Встановлено, що в заквасках, приготовлених із використанням культури *Lactobacillus buchneri* сприяло поліпшенню підймальної сили заквасок та кислотності.

Показано, що закваски через 120 год зберігання мали більш виражений, як порівняти зі свіжими заквасками, аромат. Плісняви на поверхні жодної закваски не спостерігалося.

Список літератури:

1. Афанасьєва О.В. Микробиологический контроль хлебопекарного производства. Москва : Пищевая промышленность. 1976. 142 с.
2. Кусова И.У. Закваски при производства ржаного хлеба. *Кондитерское хлебопекарское производство*. 2009. № 9. С. 24–26
3. Сарычев Б. Технология и биохимия ржаного хлеба. *Хлебопекарська і кондитерська промисловість України*. 2010. № 9. С. 5–7
4. Дробот В.І. Довідник з технології хлебопекарського виробництва : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ : Руслана. 1998. 416 с.
5. Rollan G., Geres C., Dallagnol A., Torino M., Font G. Update in bread fermentation by lactic acid bacteria. *Current research, technology and education, topics in applied microbiology and microbial biotechnology*. 2010. 8. P. 1168–1174.
6. Дробот В.І., Сильчук Т.А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22, № 1. С. 180–184.
7. Матвеева І.В. Мікроінгредієнти і якість хліба. *Харчові інгредієнти. Сировина і добавки*. 2000. 1. С. 28–31.
8. Włodarczyk M. Associated cultures of lactic acid bacteria and yeasts in the industrial production of bread. *Acta Alim*. 1985. Pol 11. P. 345–359.
9. Аношкина Г. Производство хлеба из ржаной и смеси ржано-пшеничной муки. *Хлебопродукты*. 2001. 1. С. 23–25.
10. Sylchuk T.A., Kulinich VI, Sidorenko A.A. Application acidifiers the production of rye-wheat bread. *Bakery and confectionery industry Ukraine*. 2015. 5(126). С. 3–5.
10. Кузнецова Л. Технология и ассортимент ржаного хлеба. *Хлебопродукты*. 2005. 1. С. 32–33.
11. Gayathri A., Gayathri D. Antagonistic Potential of *Lactobacillus* Spp against Enteropathogenic Bacteria; Purification and Characterization of their Bacteriocins. *Advance J. of Food Science and Technology*. 2012. 4 (5). P. 265–269.

12. Афанасьева О.В. Технологические требования к микроорганизмам, применяемым в хлебопекарном производстве. Москва : Пищевая промышленность. 1976. 243 с.
13. Козьмина Н.П. Биохимия хлебопечения. Москва : Пищевая промышленность, 1971. 437 с.
14. Corsetti A, Settanni L Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Res Int.* 2007. 40(5). P. 539–558.
15. Gamze Yazar, Sebnem Tavman Functional and Technological Aspects of Sourdough Fermentation with *Lactobacillus sanfranciscensis*. *Food Eng Rev* 2012. № 4. P.171–190. DOI 10.1007/s12393-012-9052-1
16. Сильчук Т.А., Дробот В.І. Дослідження біотехнологічних властивостей тістових напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ.* 2017. Т. 23. № 1. С. 210–215.
17. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва. Київ : Центр навч. літератури, 2006. 341 с.

Hrushkovska A.O., Danylenko S.H., Kryzhska T.A., Khonkiv M.O. APPLICATION OF LACTIC ACID BACTERIA ON THE INDICATORS OF RYE SOURCE

*A method of making starter for rye bread with the addition of pure cultures of different species of lactic acid bacteria is adduced in this article. The growing process of bacteria is described and the quality parameters of ready starters are given, namely, sensorial and biotechnological ones. The specificity of changes in acidity, rising power, and activity of lactic acid bacteria as the main parameters of leaven quality in the process of renewal is studied. Factors influencing the activity of lactic acid bacteria were investigated, optimal fermentation parameters of yeast were chosen and comparative characteristics with control samples were given, namely, with spontaneous fermentation yeast and yeast with addition of *S. cerevisiae* yeast. Sensorial properties of yeast were characterized in the work. After 120 hours of storage, leaven had a more pronounced aroma than the fresh one. No mold was observed on the surface of leaven.*

*The leaven prepared with the use of *Lactobacillus buchneri* culture was found to have better rates of rising power and acidity.*

*In the yeast grown with the addition of the *L. fermentum* culture on the 120th hour of renewing, the rising power was 50 minutes, along with the spontaneous fermentation yeast, which made it unsuitable for breeding (as yeast requires more than five updates).*

The use of lactic acid bacteria makes it possible to maintain and store the leaven in an active state. The final acidity and rising power of the leaven researched was 22 degrees and 25 minutes, respectively.

On the basis of the analysis of the biotechnological parameters of the leavens and their changes in the process of renewing, conclusions were drawn regarding their stability. The presence of stable strains of lactic acid bacteria and the expediency of their use in the composition of starters, which will allow obtaining products with proper sensorial and physicochemical quality parameters, are assumed.

Key words: flour, rye bread, lactic acid bacteria, leaven, activity, fermentation.