

В.С. Полодюк, асп.
Л.Ю. Арсеньєва, канд. техн. наук
В.Ф. Доценко, д-р техн. наук

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЛЕЦИТИНУ В ХЛІБОПЕЧЕННІ

Розглянуто вплив соєвого лецитину на показники якості хліба з пшеничного борошна та процес черствіння. Наведено характеристики лецитинів різних типів, методи їх одержання та використання. Вивчено вплив сухого знежиреного соєвого лецитину на кількість та якість клейковини, реологічні властивості тіста. Порівняно впливи соєвого лецитину та соняшникового фосфатидного концентрату на показники якості готових виробів і пружно-еластичні властивості мякушки в процесі зберігання. З'ясовано, що ефективніше впливає на показники якості хліба та сприяє подовженню терміну зберігання свіжості знежирений соєвий лецитин.

In the present article the influence of Soya lecithin on the qualitative indices of the wheat bread and the process of getting stale is examined. The characteristics of different types of lecithins and methods of their getting and using are demonstrated. The influence of dry oil free Soya lecithin on the gluten quantity and quality, reological properties of the dough are studied. The comparison of Soya lecithin and Sunflower Phospholipids Concentrate influence on the qualitative indices of the ready product and resilient-elastic properties of crumb during the storage is done. It is discovered, that Soya lecithin influences more effectively on the qualitative indices of bread and favorites the prolonging of keeping freshness term.

Хліб — один з основних харчових продуктів, добова норма споживання якого становить близько 300 г. Тому основним завданням підприємств хлібопекарської галузі є забезпечення населення хлібобулочними виробами стабільно високої якості. Свіжість хліба є одним з основних показників його якості.

У процесі зберігання хліба його якість знижується, що пов'язано зі складними фізико-хімічними, колоїдними та біохімічними процесами — змінами у вуглеводах і білках (черствіння) та втратою води (усихання).

Подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів у свіжому вигляді є одним з основних завдань хлібопекарської промисловості. Низкою досліджень, проведених у нашій країні та за кордоном, встановлено вплив поверхнево-активних речовин (ПАР) на якість хлібобулочних виробів із пшеничного борошна і з'ясовано, що в тісті ПАР вступають у взаємодію з крохмальною фракцією борошна, білками клейковини, жировими компонентами, утворюючи складні комплексні сполуки, які поліпшують структурно-механічні властивості тіста та якість хліба [2-4, 6-8]. В практиці світового хлібопечення все ширше проводять роботи, спрямовані на пошук раціональніших способів подовження терміну зберігання свіжості хліба.

Одним із ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є використання харчових добавок, які позитивно впливають на якість хліба та сповільнюють процес черствіння. Застосування ПАР можна вважати одним з найефективніших методів, які сповільнюють процес змінення високополімерних речовин мякушки під час зберігання.

У харчовій промисловості використовують широкий спектр ПАР (фосфатидні концентрати, лецитини, моно- та дигліцериди жирних кислот, їхні суміші, ефіри поліоксіетиленгліколю, сорбіту, пропіленгліколю, сахарози тощо), що різняться між собою хімічним складом, будовою та характером впливу на компоненти харчових систем, в які їх вносять.

Класифікують ПАР за принципом іоногенності та за показником гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ).

Першими харчовими емульгаторами були натуральні речовини, такі як: камеді, лецитини, сапоніни і т. ін. У 20-х роках ХХ ст. почало розвиватися промислове виробництво синтетичних емульгаторів, або продуктів хімічної модифікації природних речовин [5]. Нині із зростанням тенденції до здорового харчування використання лецитинів та фосфатидних концентратів (ФК) стає особливо актуальним, оскільки фосфоліпіди — обов'язкові компоненти клітинних мембран усіх живих організмів, які виконують роль несних конструкцій і беруть участь у процесах обміну речовин. Позитивно впливаючи на білково-ліпідний обмін в організмі людини, лецитини добре засвоюються і є продуктом високої харчової цінності. Холін як складова частина лецитину бере участь у регулюванні обміну холестерину, профілактиці жирового переродження печінки, синтезі фосфатидилхоліну — речовини, яка входить до складу мієлінових оболонок нервових волокон і забезпечує їхні функції, що дає змогу захищати його від незамінних нутрієнтів харчового раціону. Ці функції визначають важливе значення лецитину в дієтичному харчуванні. Лецитин рекомендують для вживання при гострому вірусному гепатиті, хронічних гепатитах різної етіології і цирозі печінки, алкогольному переродженню печінки, порушенні жирового обміну, послабленні пам'яті, регулюванні дітородної функції, організації харчування дітей та спортсменів, щоб поліпшити розвиток та підвищити витривалість. Крім того, вони є речовинами природного походження і мають статус абсолютно нешкідливих, що позитивно сприймається споживачами.

Зазвичай ПАР, які використовують у харчовій промисловості, є не індивідуальними речовинами, а багатокомпонентними сумішами і випускаються під торговою назвою. Хімічна назва препарату при цьому відповідає лише основній частині продукту. Відповідно до директиви Європейської Ради *лецитини* є сумішшю фракцій фосфоліпідів, отриманих з тваринних або

рослинних харчових речовин фізичними методами, в якій вміст речовин, нерозчинних в ацетоні (саме фосфоліпідів), становить не менше 56 %. *Фосфоліпіди* — складні ефіри гліцерину та жирних кислот. Молекула фосфоліпиду містить два радикали жирних кислот, етерифікованих у гліцерині, фосфорну кислоту та компонент, що зв'язаний складноефірним зв'язком з фосфорною кислотою і містить амінну групу або її похідну. Основні фракції фосфоліпідів, що входять до складу лецитину, — фосфатидилхолін (лецитинова фракція — до 25 %), фосфатидилетаноламін (кефалінова фракція — до 25), фосфатидилсерин (до 15) та фосфатидилінозитол (5...10 %).

Молекула лецитину має дифільну будову, тобто містить у своєму складі полярну гідрофільну (негативно заряджений залишок фосфорної кислоти і катіонна група основи холіну) та неполярну гідрофобну (радикали вищих жирних кислот) групи, які, будучи пов'язані з неполярною зєднувальною ланкою (основою), розміщуються на протилежних кінцях молекули. Гідрофільна група забезпечує розчинність у воді, гідрофобна — в олії та жирі. Цим пояснюється те, що в гетерогенних системах молекули лецитину орієнтуються строго визначеним чином на межі поділу двох фаз і відіграють важливу роль як емульгатори в різноманітних харчових продуктах. Залежно від хімічної будови гідрофільної частини молекули змінюються поверхнево-активні властивості до утворення прямих (жир/вода) чи зворотних (вода/жир) емульсій, які відображаються в значеннях показників ГЛБ.

Основними технологічними функціями лецитинів у харчових системах є емульгування, комплексування з крохмалем, взаємодія з білками, змінення в'язкості та модифікація кристалів [5]. Завдяки цьому лецитини широко використовують при виготовленні маргарину, шоколаду, соусів, майонезів, інстанізованих продуктів, хлібобулочних (зокрема швидкозаморожених), макаронних, борошняних кондитерських виробів тощо.

Хлібобулочні вироби, що збагачені лецитином, містять підвищену кількість поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин, вітамінів, мають краще співвідношення між кальцієм та фосфором. Вони належать до продуктів дієтичного харчування і профілактичного призначення.

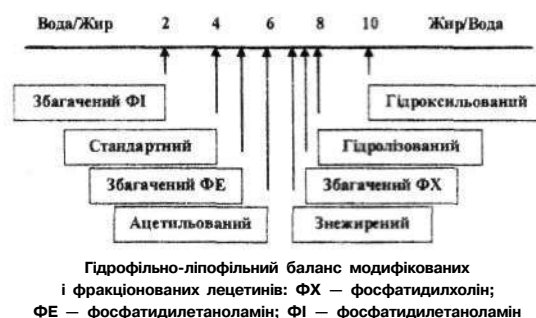
Основним джерелом промислового отримання лецитинів для харчової промисловості є олійні культури: соя, соняшник, кукурудза, льон, рапс, арахіс та ін. Лецитини, що отримані з тваринних джерел (яєчного жовтка та тваринного мозку), використовують в основному для фармацевтичних цілей.

Щоб збагатити хлібобулочні вироби лецитином, використовують соняшниковий фосфатидний концентрат або рідкий стандартний лецитин (побічні продукти рафінації рослинних олій). У процесі гідратації їх (початкова стадія рафінації) фосфоліпіди поглинають вологу і випадають в осад. Після сепарації олій виділені з неї фосфоліпіди висушують у вакуумній сушарці, відстоюють і центрифугують. В результаті отримують сирий неочищений лецитин (в'язка речовина темно-коричневого кольору), до складу якого входять 56...70 % фосфоліпідів, 27...37 жиру, 0,5...1,5 вологи та 0,5...2 % домішок (пігменти, жиророзчинні вітаміни, стерини тощо).

Однак у хлібопекарській галузі нашої країни ФК та стандартний лецитин не набули широкого застосування через їх низьку якість (темний колір, наявність сторонніх домішок, низьку поверхневу активність та недостатню емульгувальну здатність).

Нині провідні компанії-виробники пропонують на світовому ринку лецитини з високим ступенем очищення. А щоб надати їм специфічних функціональних властивостей, які потрібні для того чи іншого технологічного процесу, застосовують ферментативну або хімічну модифікацію та фракціонування. Продукти ферментативної модифікації являють собою лізоформи (гідролізовані лецитини). За допомогою хімічної модифікації отримують гідроксильовані та ацетильовані похідні. Фракціонування застосовують при виробництві специфічних продуктів, збагачених одним з компонентів. Консистенція зумовлюється вмістом вологи та жирних кислот, колір може бути змінено знебарвленням перекисом водню, а прозорість поліпшена фільтрацією олії. Сухі лецитини отримують при додаванні цукру, крохмалю або сухого знежиреного молока. Емульгувальні властивості в системах жир/вода можна поліпшити додаванням коемульгаторів, таких як жирні ефіри пропіленгліколю.

Модифікація фосфоліпідів змінює показник ГЛБ і, як наслідок, поверхневу активність, яка визначає технологічні функції фосфоліпідів у різних харчових системах. Відомо, що найефективніший вплив на якість хлібобулочних виробів справляють емульгатори з показником ГЛБ 6...14 [1]. Значення показників ГЛБ для лецитинів різних типів наведено на рисунку.



Ступінь поліпшувальної дії ПАР при виробництві хліба залежить також від способу їх внесення, способу приготування тіста та рецептури.

За кордоном у харчовій промисловості (зокрема в хлібопеченні) широко застосовують очищений, знежирений, гідролізований та фракціонований лецитини.

Мета нашого дослідження — визначити вплив лецитинів різних типів на якість хліба з пшеничного борошна.

У лабораторних умовах методом пробних лабораторних випічок ми порівняли впливи соєвих лецитинів різних типів виробництва компанії "The Solae Company" (Німеччина) на показники якості хліба з пшеничного борошна. Досліджували зразки порошкоподібного знежиреного лецитину, порошкоподібного з 50-відсотковим вмістом гідролізованого лецитину, 45-відсотковим вмістом фільтрованого лецитину (отриманого методом розпилювального сушіння), рідкого ферментативно модифікованого та рідкого стандартного лецитину. За контрольні брали зразки хліба без добавок та із соняшниковим ФК

виробництва Пологівського олійно-екстракційного заводу (Україна). З'ясовано, що всі зразки вищеперерахованих лецитинів поліпшують показники якості хліба (збільшується питомий об'єм, поліпшується структура пористості мякушки, вона стає еластичнішою та ніжнішою). Але найвищі показники якості спостерігали в зразках з використанням порошкоподібного знежиреного лецитину марки "Centrox F", що можна пояснити більш високим вмістом фосфоліпідів (96 %) і, як наслідок, кращою емульгувальною здатністю, вищим показником ГЛБ порівняно зі стандартним лецитином та фосфатидним концентратом. Лецитин "Centrox F" — це світло-жовтий порошок, що значно полегшує процес його дозування на заміс тіста і не затемнює мякушку виробів.

У ході подальших досліджень визначали вплив лецитину "Centrox F" на якість клейковини, реологічні властивості тіста, показники якості готових виробів і на процес черствіння.

Вивчаючи вплив лецитину на кількість і якість клейковини, використовували методи аналізу за ГОСТ 27839-88. Встановлено, що внесення лецитину зменшує кількість сирової та сухої клейковини, очевидно внаслідок утворення сполук між білками та лецитином, що відмиваються водою, незначно знижує гідратаційну здатність і поліпшує фізичні властивості порівняно з контрольним зразком (знижується пружність, підвищуються еластичність та розтяжність). Це має важливе значення при переробленні борошна з малорозтяжною та короткорваною клейковиною.

Пружно-еластичні властивості тіста оцінювали з допомогою фаринографа фірми "Brabender" та альвеографа фірми "Chopin". Результати наведено в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Вплив лецитину на реологічні властивості тіста

Дозування лецитину, % до маси борошна	ВІЗ, мл/100г	Тривалість утворення тіста, хв	Стійкість, хв	Еластичність, од. приладу	Розрідження, од. приладу
—	56,6	1,5	0,5	70	170
0,4	56,6	1,5	0,5	70	140
0,8	56,4	2,0	1,0	80	130
1,2	56,2	2,0	1,5	90	120

Таблиця 2

Показники альвеограм тіста

Дозування лецитину, % до маси борошна	Пружність Р, мм	Розтяжність L, мм	P/L	Площа альвеограм, см ²	Питома робота деформації, мДж
—	82	77	1,1	31,0	20,3
0,4	80	90	0,8	32,0	20,9
0,8	78	94	0,82	32,4	21,2
1,2	76	99	0,76	33,0	21,6

Встановлено, що додавання лецитину позитивно впливає на реологічні характеристики тіста — підвищується еластичність, зменшується розрідження тіста. Тісто з додаванням лецитину має дещо нижчу водопоглинальну здатність (ВІЗ), що підтверджує дані, отримані при відмиванні клейковини, та дає можливість зробити припущення про утворення комплексних сполук між лецитином і клейковинними білками, які зумовлюють змінення реологічних властивостей тіста.

Дослідженнями реологічних властивостей тіста на альвеографі встановлено, що додавання лецитину підвищує розтяжність L тіста, зменшує пружність P і

співвідношення P/L. Щоб отримати тісто нормальної консистенції з лецитином, потрібні більші витрати енергії, ніж для контрольного тіста. Ці дані корелюють з результатами досліджень на фаринографі і свідчать про м'який поліпшувальний вплив лецитину на пружно-еластичні характеристики тіста.

Порівнювали впливи на показники якості хліба та процес черствіння лецитину "Centrox F" і ФК. Тісто для цих досліджень готували опарним способом на густій опарі з внесенням 50 % борошна в опару. Лецитин і ФК вносили у вигляді жироводної емульсії під час замішування тіста. За контроль брали зразок хліба без добавок. Результати досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вплив лецитину та ФК на показники якості хліба

Показник	Контроль (без добавок)	ФК (0,8 %)	"Centrox F" (0,8 %)
Питомий об'єм, см ³ /г	2,84	3,23	3,55
Формостійкість (H/D)	0,34	0,37	0,42
Пористість, %	66	69	73
Загальна деформація мякушки, од. пр., через, год:			
24	77	94	109
48	58	72	88
72	39	48	62
Крихуватість, %, через, год:			
24	5,6	4,9	4,1
48	9,8	8,7	7,3
72	14,2	12,6	10,7

З'ясовано, що додавання лецитину в кількості 0,4...0,8 % до маси борошна збільшує питомий об'єм хліба на 15...25 % порівняно з контрольним зразком без добавок та на 10...14 % порівняно із зразком з використанням ФК. Поліпшуються також органолептичні показники якості хліба: пористість стає дрібнішою, рівномірною та тонкоствінною, мякушка — ніжнішою та еластичнішою.

Встановлено також, що додавання лецитину "Centrox F" і ФК впливає на процес черствіння хліба, сприяючи збереженню його свіжості. Протягом чотирьох діб після випікання на автоматизованому пенетрометрі марки АП 4/1 визначали загальну, пружну і пластичну деформації мякушки та крихуватість. За цими показниками робили висновки про ступінь черствіння. Встановлено, що ці властивості мякушки в разі додавання лецитину "Centrox F" і ФК змінювались у процесі зберігання повільніше, ніж у контрольному зразку. Більшою мірою сприяв збереженню свіжості лецитин "Centrox F".

Висновок. Проведені дослідження показали доцільність використання сухого знежиреного соєвого лецитину марки "Centrox F" в кількості 0,4...0,8 % до маси борошна при виробництві пшеничного хліба, що дає змогу значно поліпшити якість виробів та подовжити термін їх зберігання. Водночас вважаємо за доцільне дослідити співвідношення форм зв'язку вологи у мякушці хліба і вивчити механізм взаємодії лецитину з фракціями крохмалю, що дасть

можливість поглибити теоретичні знання про вплив лецитину на ступінь черствіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник. — 9-е изд., перераб. и доп. — С.Пб.: Профессия, 2002. — 416 с.
2. Горячева А.Ф., Семенова В.С. Влияние поверхностно-активных веществ на качество хлеба и сохранение его свежести. — М., 1972. — 47 с. — (Обзор. информ./ЦНИИТЗИПП).
3. Козьмина Н.Л. Применение поверхностно-активных веществ в хлебопечении. — М., 1966. — 32 с. — (Обзор. информ./ЦНИИТЗИПП).
4. Корякина С.Л. Влияние поверхностно-активных веществ на реологические свойства теста и качество хлеба из пшеничной муки 1 сорта: Автореф. дис... канд. техн. наук/ Кемеровский технол. ин-т. — М., 1975. — 36 с.
5. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Б. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др.; Под ред. А.П. Нечаева — 2-е изд., перераб. и испр. — С.Пб.: ГИОРД 2003. — 640 с.
6. Плахов В.И. К вопросу о влиянии поверхностно-активных веществ на свойства клейковины теста и качество хлеба из пшеничной муки: Автореф. дис... канд. техн. наук/ МТИПП — М., 1971. — 24 с.
7. Применение эфиров пропиленгликоля и жирных кислот при приготовлении хлеба / Л.И. Пучкова Н.М. Казакевич, Л.С. Малофеева, А.П. Нечаев. — М 1971. — 28 с. — (Обзор. информ./ ЦНИИТЗИПП).
8. Сидорова О.Г. Сравнительные исследования эффективности применения в хлебопечении различных групп ПАВ: Автореф. дис... канд. техн. наук/ МТИПП — М., 1976. — 28 с.

Надійшла до редколегії 21.09.04 р.

УДК 612.3:576.8

В. П. Стабніков, асп.
Л.Р.Решетняк, канд. техн. наук

ВПЛИВ ДОДАВАННЯ ЗАЛІЗА У РІЗНИХ ДОЗАХ НА ПРОЦЕС ВИДАЛЕННЯ ФОСФАТУ ПРИ АНАЕРОБНОМУ ЗБРОДЖУВАННІ АКТИВНОГО МУЛУ

Додавання гідроксиду Fe(III) при зброджуванні активного мулу анаеробним мулом, що має залізовідновлювальну активність, сприяє утворенню іонів двовалентного заліза, які осаджують фосфат. Наведено результати дослідження впливу різних доз гідроксиду заліза на процес видалення фосфату під час анаеробного зброджування активного мулу. Показано, що для ефективного видалення фосфату співвідношення кількості відновленого заліза до фосфату має становити 1,4 ... 1,6.

Ключеві слова: залізовідновлювальні бактерії; стічна вода; фосфат; процес анаеробного очищення, залізо.

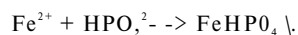
Підвищена концентрація фосфору є основною причиною евтрофікації природних водних систем, що призводить до зниження концентрації кисню та якості прісної води. Одним із джерел фосфору, що надходить у природні водоймища, є очищена стічна вода, з якої не повністю видалено фосфати. Щоб видалити фосфат із стічних вод, теоретично можна застосовувати залізовідновлювальні бактерії (ЗВБ), які можуть існувати в умовах анаеробного реактора та входити до складу анаеробного мулу, якщо стічні води містять достатню кількість Fe(III) [3]. Застосування мікробного відновлення Fe(III) ЗВБ та ко-преципітації фосфату утвореними іонами Fe(II) можна покласти в основу нового біологічно-хімічного способу видалення фосфату із стічних вод. Позитивно або негативно заряджені гідроксиди Fe(II), що утворилися після мікробіологічного відновлення Fe(III), можуть преципітувати фосфат і, таким чином, значно полегшувати видалення поживних речовин із стічних вод.

Addition of ferric hydroxide to the reactor of anaerobic digestion of activated sludge followed microbial reduction of Fe (III) and formation of ferrous ions, which precipitated phosphate. It was shown that the ratio of reduced iron to removed phosphate must be 1.4 — 1.6 to achieve efficient phosphate removal from the liquid of anaerobic digester.

Метою цієї роботи було вивчення впливу додавання гідроксиду тривалентного заліза у різних дозах на процес видалення фосфору при анаеробному зброджуванні активного мулу.

Матеріали і методи

Основою експериментів було моделювання процесу анаеробного зброджування надлишкового активного мулу, що утворюється в процесі очищення стічних вод на аеробній стадії. Як джерело залізовідновлювальних бактерій використовували анаеробний мул промислово-побутових очисних споруд. У реактор вносили анаеробний мул, активний мул та дистильовану воду в об'ємному співвідношенні 6:4:1. Початкова концентрація розчиненого фосфату в реакційній суміші становила 210 мг $P O_4^{3-}$ /л. Кількість заліза, яке додавали у формі гідроксиду Fe(III) $[Fe(OH)_3]$, визначали за рівнянням



Середня доза (150 мг/л) заліза була близька до його стехіометричної кількості, яка потрібна для преципітації фосфату, за умови, що все внесенне залізо буде