

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БОРОШНЯНОГО ТІСТА ТА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Сафонова О.М., д-р техн. наук, професор, Гавриш Т.В., канд. техн. наук, доцент
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка
Камбулова Ю.В., канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій

У статті наведено огляд харчових добавок, які здатні регулювати структурно-механічні властивості тістових мас.

The article provides an overview of nutritional supplements that can regulate the structural and mechanical properties of the dough mass.

Ключові слова: органічні кислоти, клейковина, слабке пшеничне борошно, багатоатомні спирти, солі органічних кислот.

Гідратовані білки клейковини формують пружно-еластичні властивості структури тіста під час тістоутворення, крохмаль сприяє проявленню властивостей пластичності м'якушки в ході термічної обробки заготівлі [1]. Тому процес регулювання структурно-механічних властивостей тіста можна розглядати насамперед як модифікування нативних властивостей білків борошна.

Функціонально-технологічні властивості білкових речовин значною мірою зумовлені амінокислотним складом, специфікою структуроутворення та їх фізико-хімічними властивостями. Білки – це амфотерні поліелектроліти з певною буферністю розчинів. Тому значення рН середовища, в якому знаходиться білок, можна вважати одним з найважливіших факторів їх стійкості, мінливості та специфічності.

Провідне місце серед регуляторів кислотності займають харчові кислоти – оцтова, лимонна, молочна, яблучна, винна, бурштинова. У хімічному відношенні органічні кислоти належать до класу карбонових кислот. Вживання практично всіх цих кислот в Україні, Російській Федерації та країнах Європейської Співдружності дозволено без обмежень. Лише на окремі ізомери цих кислот існують певні кількісні ліміти.

Як регулятори кислотності, консерванти та поліпшувачі борошна використовують натрієві солі органічних кислот – лактат натрію, ацетат натрію, цитрат натрію та ін. [2]. На практиці солі як харчові добавки отримують у ході реакції нейтралізації. Узагальнені відомості щодо характеристики харчових органічних кислот та їх солей, технологічного призначення цих добавок наведено в табл. 1. У хлібопекарському виробництві органічні кислоти та їх солі знаходять широке застосування як самостійні харчові добавки, так і в складі комплексних поліпшувачів.

Широке коло органічних кислот, їх солей пропонують науковці для регулювання мікробіологічних процесів, що відбуваються в тісті та готовому продукті. Доведено, що органічні кислоти позитивно впливають на бродіння тіста та якість хліба (бурштинова, адипінова, лимонна, винна, яблучна, оцтова). При цьому кількість кислот, які вносять у тісто, регламентується смаковим порогом і є значно меншою, ніж та, що здатна затримати бродіння. Оцтову кислоту в кількості 0,1 % до маси борошна використовують у виробництві хліба для підвищення кількості двоокису вуглецю в процесі бродіння тіста, а сумісне використання оцтової та лимонної кислот сприяє зменшенню витрат сухих речовин борошна на бродіння, підвищенню виходу хліба. У хлібопекарській промисловості США застосовують молочну кислоту для інтенсифікації газоутворення.

Лактат кальцію та кальцієвмісні препарати в кількості (0,6...0,7) % до маси борошна не тільки добре впливають на активність бродильної мікрофлори тіста, але й дозволяють поліпшувати пшеничне борошно з короткорваною пружною клейковиною, пластифікувати тісто [3].

Вищевикладене свідчить, що добавки – регулятори кислотності здатні не тільки змінювати протікання мікробіологічних процесів, але й дозволяють поліпшувати реологічні властивості тіста й хліба. Тому другим напрямком їх застосування є регулювання структурно-механічних властивостей тіста та готової продукції.

Таблиця 1 – Технологічне призначення харчових органічних кислот і їх натрієвих солей

Назва кислоти та її солі, індекс	Технологічне призначення	Найменування продуктів, до яких дозволено додавати добавку	Допустима концентрація кислоти, мг/кг
Оцтова E 260	Регулятор кислотності, консервант	Хлібобулочні вироби, мариновані овочі	За НД
Лимонна E 330	Регулятор кислотності, консервант, антиокислювач, комплексоутворювач	Хлібобулочні вироби, цукристи та борошняні кондитерські вироби, безалкогольні напої	2000-6000
Яблучна E 296	Регулятор кислотності, консервант	Хліб, соки, джеми, желе, мармелад	3000
Винна E 334	Регулятор кислотності, синергіст антиоксидантів, комплексоутворювач	Борошняні кондитерські вироби, какао-продукти й шоколадні вироби	5000
Молочна E 270	Регулятор кислотності, консервант	Хлібобулочні вироби, безалкогольні напої, деякі кондитерські вироби	600-1800
Бурштинова E363	Регулятор кислотності	Хлібобулочні вироби, десерти, сухі напої, бульйони	6000
Лактат натрію E 325	Регулятор кислотності та вологості, наповнювач, пластифікатор, синергіст антиокислювача	Хлібні вироби, морозиво, мармелад	6000
Цитрати натрію E331	Сіль-плавитель, емульгатор, регулятор консистенції, диспергатор, комплексоутворювач, біоелемент	Мармелад	6000 або за НД
Ацетат натрію E 262	Сіль-модифікатор	Кондитерські вироби	За НД
Тартрати натрію E335	Стабілізатор, комплексоутворювач, диспергатор	Сир плавлений	2500

Для цього використовують оцтову кислоту (значення рН у межах 3,5...5,0), надмолочну кислоту (0,2...1,0 % до маси борошна), моноіодоцтову кислоту, окисники в комбінації з молочною кислотою (або закваскою). Дослідниками Японії запатентовано комплексний поліпшувач якості хліба, до складу якого входить мевалонова кислота або мевалонолактон.

Здатність лактилату укріплювати клейковину, підвищувати її еластичність приводить до поліпшення структурно-механічних властивостей тіста під час його інтенсивної механічної обробки. Російськими вченими запропоновано використовувати суміш оцтовокислого кальцію та аскорбінової кислоти у співвідношенні (3...5) : (0,1...0,3) у концентрації від 0,15 до 0,25 % до маси борошна.

У США розроблено склад композиції для покращання якості тіста, який містить такі активні компоненти: (60...98) % твердої органічної кислоти та (0,4...4,0) % солі бромоватої кислоти сумісно з органічною кислотою, що використовується [4].

Розповсюдженням засобом підвищення харчової цінності виробів є використання різного борошна з овочевими та фруктовими порошками. Така сировина здатна помітно змінювати особливості протікання тих чи інших процесів у тісті, завдяки яким формується якість продукту в цілому. Тому третім напрямком використання добавок – регуляторів кислотності – є коригування та утримання в рекомендованих межах основних процесів, що протікають у тісті з різної борошняної та рослинної сировини.

Щодо використання натрієвих солей органічних кислот у виробництві хлібобулочних виробів, нами отримано фрагментарні дані про застосування лактату натрію як регулятора кислотності, поліпшувача борошна та хліба. Більш відомо про його можливість якісно змінювати процес драглеутворення в технології мармеладу. Досить широко застосовується в кондитерській промисловості як солі-модифікатор ацетат натрію. Як регулятори кислотності, емульгатори, стабілізатори та комплексоутворювачі використовують одно-, дво- та тризаміщені цитрати у виробництві мармеладу, згущеного молока тощо.

Зіставлення дії різних органічних кислот на властивості клейковини тіста свідчить, що спостерігаються однотипні зміни у стані білкових речовин. Однак, механізм впливу кислотності на реологічні властивості тіста на сьогодні однозначно не встановлено. Деякі науковці вважають, що кислотність впливає на іонізацію біоновоїх груп; інші – позначається на стані сольових сполук і білків. Автори [5] пояснюють можливість регулювання структурно-механічних властивостей хліба додаванням кислот, їх участю у процесах солубілізації, взаємодії з білками, комплексоутворення з крохмалем та ін. Дія органічних кислот (лимонної, винної) та їх солей як комплексоутворювачів і антиокислювачів або їх синергістів заснована на їх здатності зв'язувати метали з утворенням хелатних сполук, а також з їх здатністю відновлювати антиокислювачі.

Органічні кислоти та їх солі, що за своєю хімічною природою є речовинами, які регулюють значення рН у кислий або лужний бік, відносять за міжнародною цифровою системою INS до різних за призначенням груп. Так, до групи “E200 і далі – консерванти” входять оцтова кислота (E260), ацетат натрію (E262), молочна кислота (E270), яблучна кислота (E296) та ін.; до групи “E300 і далі – антиокислювачі” входять лимонна кислота (E330), цитрат натрію (E331), лактат натрію (E325), бурштинова кислота (E363), винна кислота (E334), тартрат натрію (E335), малат натрію (E350) та ін. У той самий час до групи регуляторів кислотності та розпушувачів (E500 і далі) входять соляна кислота (E507), сірчана кислота (E513), сульфати натрію та калію (E514 і E515 відповідно).

Слід відмітити, що їх класифікація є досить неоднозначною. Це зумовлено, на наш погляд, різноманітним властивостям кислот і солей, технологічним ефектам за їх присутності тощо. На нашу думку, класифікація основних технологічних властивостей харчових органічних кислот і їх солей з урахуванням вищевказаної інформації може бути наступною (рис.1).



Рис. 1 – Класифікація технологічних властивостей і призначення харчових органічних кислот і їх солей

Таким чином, існує певний досвід практичного використання органічних кислот та їх солей як добавок-поліпшувачів, накопичено наукові дані про їх взаємодію зі складниками борошна та тіста. Але представлені відомості про можливість використання кислот і солей, а також про механізм їх взаємодії з основними сполуками борошна потребують додаткового теоретичного обґрунтування та узагальнення.

Унікальність структурної організації макромолекул клейковинних білків зумовлена різними видами зв'язків, серед яких важливе місце дослідники віддають водневим. Багатоатомні спирти виявляють добру здатність до утворення таких зв'язків, що наводить на думку про можливість їх використання для регулювання структурно-механічних властивостей тістових і кондитерських мас.

Наявність широкого комплексу властивостей багатоатомних спиртів і їх похідних зумовнює основні напрямки технологічного призначення цих харчових добавок (узагальнені дані – в табл. 2, на рис. 2).

Таблиця 2 – Технологічне призначення багатоатомних спиртів та їх похідних

Назва кислоти та її солі, індекс	Технологічне призначення	Найменування продуктів, до яких дозволено додавати добавку	Допустима концентрація
Сорбіт E 420	Підсолоджувач, регулятор вологості, комплексоутворювач, текстуратор, емульгатор, диспергатор, стабілізатор кольору	Десерти, сухі сніданки, кондитерські вироби, джеми, хлібобулочні вироби, жувальна гумка, соуси, гірчиця, безалкогольні напої	Не нормується
Маніт E 421	Підсолоджувач, розділювач, добавка для запобігання злежуванню та грудкоутворенню	Такі самі, як для сорбіту, за винятком безалкогольних напоїв	Не нормується
Гліцерин E 422	Регулятор вологості, наповнювач, згущувач	Кондитерські вироби, джеми, хлібобулочні вироби	До 1 % від маси готового продукту або за НД
Ізомальт E 953	Підсолоджувач, наповнювач, добавка для запобігання злежуванню та грудкоутворенню, глазурувальний агент	Десерти, сухі сніданки, джеми, желе, кондитерські цукристи та хлібобулочні вироби та ін.	За НД
Ксиліт E 967	Підсолоджувач, регулятор вологості, стабілізатор, емульгатор, ущільнювач	Цукристи та борошняні кондитерські вироби	До 40 г на добу
Пропіленгліколь E1520	Водоутримувальний, пом'якшувальний та диспергуючий агент	Кондитерські вироби, джеми, хлібобулочні вироби	За НД

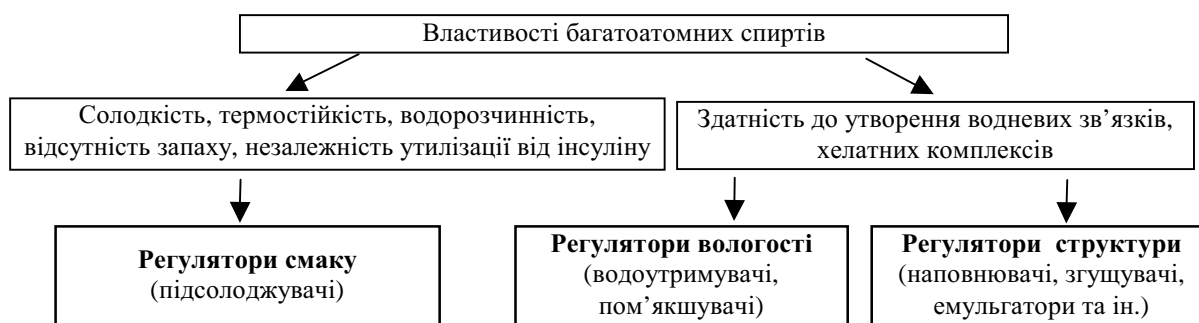


Рис. 2 – Властивості та технологічне призначення багатоатомних спиртів

Гліцерин використовують як засіб проти черствіння хліба, а за сумісного його використання з натрієвими солями органічних кислот відбувається зміцнення драгледоподібних систем на основі згущувачів полісахаридної (агар, агароїд, фуцеларан) та білкової (желатин) природи.

Метою роботи було наукове обґрунтування доцільності та ефективності застосування добавок – регуляторів кислотності сумісно з багатоатомними спиртами у технології хлібобулочних та кондитерських виробів для регулювання властивостей тіста та готових виробів.

Як методи теоретичного дослідження застосовували системний підхід для формування робочої гіпотези щодо можливості поліпшення властивостей борошняної сировини та концептуальної схеми універсального вирішувача системних задач (УВСЗ).

Згідно з таким підходом, при вирішенні будь-якої конкретної системної задачі через абстрагування можна уявити цю задачу у вигляді загальносистемної та застосувати для її вирішення відомий алгоритм із загального пакета УВСЗ (рис.3).



Рис. 3 – Алгоритм вирішення конкретної системної задачі регулювання структурно-механічних властивостей борошняного тіста

Для вирішення конкретної системної задачі слід розглянути її на рівні загальносистемної, базуючись на поглядах про вирішальну роль білкових речовин у комплексі складників борошна, які беруть участь в утворенні просторової структури тіста та його структурно-механічних властивостей.

Відповідно до принципів фізико-хімічної механіки, утворення просторових дисперсних структур у білкових системах слід розглядати протягом часу в процесі розвитку структури на різних рівнях організації макромолекул білка. В біополімерних системах процес утворення нової дисперсійної фази з пересичених розчинів відбувається шляхом контактування часточок, внаслідок чого з'являється нова об'ємна структура з характерними структурно-механічними властивостями. Для виникнення міцної структури необхідна певна концентрація фазових часточок у системі. Тобто, для отримання оптимальної структури білкового каркаса необхідні, по-перше, накопичення в тісті відносно високої кількості дисоційованих структур макромолекули; по-друге, створення умов для пересичення системи (для зменшення розчинності білка).

Таким чином, рішенням загальносистемної задачі може бути свідоме здійснення процесу зворотного перетворення структури білка, яке залежить від двох факторів. Слід забезпечити перехід білка в більш рухливий диспергований стан, а також вжити заходи щодо агрегування білка з новою поліпшеною структурою порівняно з нативною.

Потужним фактором зміни просторової структури білкових макромолекул є величина рН середовища. Коли в галузі почав розвиватися напрямок скорочення періоду тістоприготування, водночас проводили дослідження щодо підкислення виробничих середовищ. Дослідженнями [6] встановлено, що ді- та трикарбонатні кислоти позитивно впливають на фізичні властивості тіста. При цьому в межах допустимих норм кислотності пшеничного хліба дія різних кислот на стан білків клейковини є однотипною: значно знижується вихід сухої та сирій клейковини. Це відбувається внаслідок пептизації клейковини розчинами кислот і через зниження її гідратаційної здатності. Але пептизація, яку зазнає білок, є зворотною; при зниженні кислотності та відповідній зміні рН білок здатен переосаджуватися з кислих пептизатів.

На вищевказаних закономірностях базується спосіб поліпшення хліба з використанням CO_2 . За цим способом бажана пептизація клейковини відбувається під дією вуглекислоти, а умови для переосадження білка створюють шляхом її видалення. Уявлення про сутність перетворень білка клейковини під впливом CO_2 допомагають також пояснити загальновизнаний факт поліпшення властивостей білка в тісті та якості хліба під дією ферментів амілолітичного комплексу, що інтенсифікують утворення діоксиду вуглецю під час тісто-ведення.

Агрегаційна рівновага макромолекул білка, що знаходяться в найбільш розгорнутому стані, є надзвичайно нестійкою [7]. Такі макромолекули виявляють високу здатність до агрегації. Агрегування починається не тільки внаслідок зсуву рН, але й за наявності (або утворення) в середовищі різних солей з буферними властивостями. Вітчизняними науковцями доведено, що в присутності кислих буферних розчинів разом зі зростанням у середовищі водорозчинного азоту збільшується набухання клейковини. Через збільшення виходу з тіста сирій та сухої клейковини припускають, що буферні розчини у межах рН, притаманних процесу хлібопечення, сприяють більш повному формуванню клейковини з білка борошна.

Наведені приклади рішення загальносистемної задачі дозволяють висунути гіпотезу щодо нового рішення конкретної системної задачі та доцільності використання тих чи інших добавок.

На наш погляд, для зміни нативної конформації білкових речовин борошна можна рекомендувати введення добавок-регуляторів кислотності, а саме органічних кислот (які зміщують значення рН середовища в кислий бік) та їх натрієвих солей (які зміщують значення рН середовища в лужний бік), залежно від бажаного напрямку регулювання структурно-механічних властивостей тіста (консистенція якого може бути як надмірно слабкою, так і надмірно пружною) на основі різного борошна (пшеничного, тритикалевого, соргового, ячмінного).

Відомо, що контакти між часточками для відновлення структури можуть здійснюватись за рахунок утворення водневих зв'язків, тому для відновлення структури доцільно використовувати багатоатомні спирти, які виявляють добру здатність до утворення водневих зв'язків.

Висновки

Враховуючи обмеженість асортименту вітчизняних борошняних продуктів, нечисленність даних щодо теоретичних аспектів формування структури тіста на основі різної борошняної сировини, дискусійність питання про можливий механізм покращувальної дії добавок-регуляторів кислотності, розроблено та реалізовано наукову концепцію: раціональне використання нетрадиційної для хлібопекарської та кондитерської галузей сировини (ячмінного, соргового, тритикалевого борошна), а також пшеничного борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями можливе за рахунок застосування органічної кислоти (або її натрієвої солі) сумісно з багатоатомним спиртом, що призводить до модифікації нативної конформації білкових макромолекул, до цілеспрямованої зміни структурно-механічних властивостей тістових мас і дозволяє управляти якістю борошняних кондитерських і хлібопекарських виробів.

Література

1. Николаев Б.А. Структурно-механические свойства мучного теста. – М.: Пищ.пром–сть, 1976. – 244 с.
2. Никифорова Т.А. Применение молочной кислоты / Никифорова Т.А., Евлева В.В., Бочкова А.П. // Пищевая промышленность. – 1999. – № 1. – С. 30–31.
3. Евлева В.В. Использование лактата кальция в хлебобулочных изделиях / Евлева В.В., Черпалова Т.М., Кострова И.Е. // Хлебопечение России. – 1998. – № 4. – С. 19–20.
4. Белявская И. Оценка эффективности различных хлебопекарных улучшителей / Белявская И., Матвеева И. // Хлебопродукты. – 1996. – № 12. – С.12–16.
5. Бакулина О.Н. Лактилат – улучшитель для мучных изделий / Бакулина О.Н., Диденко В.М. // Пищевая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 70–71.
6. Казанская Л.М. Влияние некоторых органических кислот на физические свойства теста и качество пшеничного хлеба / Казанская Л.М., Логинова И.М., Левандо Л.К. // Труды ВНИИХПа. – 1971. – Вып. XII. – С. 66-71.
7. Lasztity R. Resent results in the investigation of the structure of the gluten complex // Nahrung. – 1986. – 30. – 3–4. – P. 225–239.

УДК 664.746.6

ВПЛИВ ПРОГРІВАННЯ ЖИТНЬОГО БОРОШНА НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

**Махинько В.М., канд. техн. наук., доцент, Козир О.М., магістр
Національний університет харчових технологій, м. Київ**

Досліджується вплив основних складників житнього борошна (білків та вуглеводів) на процес утворення пшеничної клейковини та якість тіста і готових житньо-пшеничних виробів. Вивчено ефективність прогрівання житнього борошна як способу поліпшення реологічних властивостей тіста.

We investigate the basic constituents of rye flour (protein and carbohydrates) to the formation process of wheat gluten, quality of dough and bakery goods. Efficiency of warming up of rye-flour as method of improvement the rheological properties is studied.

Ключові слова: житнє борошно, прогрівання, пентозани, клейковина.

Механізм утворення клейковини досліджується тривалий час. Починаючи з часів Осборна (1920-ті роки) і по сьогоднішній день вчені намагаються пояснити цей процес різними теоріями. На даний момент для пояснення цього явища науковці спираються на теорію Вакара [1].

Проведений огляд літератури показав, що не всі науковці підтримують думку щодо ролі водорозчинних пентозанів як основного фактора, який заважає відмити клейковину з житнього борошна. На думку В.Л. Кретовича, проблема не в надмірній кількості водорозчинних пентозанів, а у відмінності хімічних і фізичних властивостей білків пшеничного та житнього борошна [2]. Для вирішення цієї проблеми необхідно здійснити заходи щодо усунення одного з факторів.

Здійснити вплив на пентозани досить важко – вони стійкіші до дії зовнішніх чинників, ніж білки. Враховуючи це, було відділено фракцію водорозчинних пентозанів житнього борошна шляхом екстрагування (метод Baker, Parker, Mize) [3] та проведено пробне замішування тіста на цій витяжці. Враховуючи природу слизів, ми мали б відмити меншу кількість клейковини в порівнянні з контролем. Та дослід показав, що кількість та якість відмитої клейковини не змінилися.

Як фактор впливу на білки застосували прогрівання борошна до температури не менше ніж 65 °С. Денатурація білків (і ферментів) повинна змінити поведінку житнього борошна в суміші його з пшеничним (або клейковиною).

Вплив прогрівання житнього борошна на білковий комплекс сухої пшеничної клейковини перевіряли за зміною кількості відмитої клейковини із суміші сухої пшеничної клейковини (СПК) та житнього борошна (нативного і прогрітого) в різних пропорціях. Результати наведені на рис. 1