

М.Т. Малафасв, канд. фіз.-мат. наук (ХДУХТ, Харків)

М.О. Домахіна, асп. (ХНТУСГ ім. П. Василенка, Харків)

О.М. Шаніна, д-р техн. наук (ХНТУСГ ім. П. Василенка, Харків)

М.І. Погожих, д-р техн. наук (ХДУХТ, Харків)

ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ РОЗЧИНІВ БІЛКІВ ІЗ КОЛАГЕНОВМІСНОЇ СИРОВИНИ

Досліджено реологічні властивості водних розчинів концентратів тваринних білків з колагеновмісної сировини. Установлено, що водні розчини «Геліос» мають більш сильну водозв'язуючу та гелеутворюючу здатності, ніж розчини «Сканпро». Ці розчини мають експоненційні залежності в'язкості як від концентрації, так і тривалості утворення розчину.

Исследованы реологические свойства водных растворов концентратов животных белков из коллагеносодержащего сырья. Установлено, что водные растворы «Гелиос» имеют более сильную водосвязующую и гелеобразующую способности, чем растворы «Сканпро». Эти растворы характеризуются экспоненциальными зависимостями вязкости как от концентрации, так и от продолжительности образования раствора.

The rheological properties of animal protein with collagen containing material concentrates' water solutions have been investigated. It is determined that «Helios» water solutions have stronger water binding and gel-forming abilities than «Scanpro» solutions. These solutions have exponential dependence of viscosity on the concentration, as well as on duration of solution formation.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Для корегування реологічних властивостей тіста зі слабкого пшеничного борошна виробники широко використовують різні хлібопекарські поліпшувачі [1]. Аналіз науково-дослідних праць свідчить про доцільність застосування в ролі поліпшувачів добавок із вторинної сировини натурального походження, зокрема концентратів тваринних білків (КТБ) [2-3].

Важливими функціонально-технологічними властивостями КТБ є гелеутворювальна та емульгуюча здатності, термостійкість, що дозволяє застосовувати їх для покращення текстурних властивостей багатьох харчових продуктів. КТБ мають не тільки високі функціонально-технологічні властивості, вони гарантовано повністю безпечні для організму людини, оскільки їх отримують за екологічно-чистими інноваційними технологіями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реологічні властивості тіста значною мірою залежать від параметрів технологічного процесу та від складу рецептури [4]. Установлено, що введення до складу желейної продукції КТБ у кількості 0,1...1,0% дозволяє знизити кількість гелеутворювачів у середньому на 25...30% [2]. Додавання КТБ до слабого пшеничного борошна в кількості 1...2% до його маси суттєво укріплює структуру тіста й випеченого хліба [5-7], подібно іншим хлібопекарським поліпшувачам окисної дії. Висока здатність розчинів КТБ до гелеутворення дозволяє значною мірою змінювати реологічні характеристики харчових систем. Однак у технології хлібобулочних виробів висока в'язкість розчинів КТБ та її нестабільність у часі може знизити ефективність перебігу технологічних операцій. Варто також відзначити відносно низьку стійкість розчинів КТБ та їх схильність до розшарування протягом перших 10 хвилин після утворення [7].

Мета та завдання статті. Метою дослідження було визначення ефективної в'язкості водних розчинів КТБ за кімнатної температури залежно від концентрації та тривалості утворення розчину для обґрунтування способу їх уведення до складу хлібного тіста.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктами досліджень обрано водні розчини КТБ торговельних марок «Геліос-11» (далі – Геліос) та «Сканпро Т-95» (далі – Сканпро) (концентрація 0,5; 1; 1,5; 2%). Дослідження в'язкості колоїдних розчинів проводили за температури 18...20°C.

Визначення в'язкості розчинів проводили на ротаційному віскозиметрі [8], який дозволяє знайти ефективну в'язкість рідини, її залежність від швидкості зсуву для неньютонівських рідин, величину граничного напруження зсуву.

Залежності в'язкості $\mu(\gamma)$ на осях із подвійними логарифмічними координатами $\ln \mu$, $\ln \gamma$ для досліджених неньютонівських рідин мали майже лінійний вигляд (рис. 2). Тому обробку експериментальних даних проводили апроксимацією за моделлю Оствальда [8; 9]:

$$\tau = K \cdot \gamma^n \quad \text{та} \quad \mu = \tau / \gamma = K \gamma^{n-1}, \quad (1)$$

де τ – напруження зсуву, μ – ефективна в'язкість, K – параметр консистенції, що дорівнює в'язкості при швидкості зсуву $\gamma = 1 \text{ с}^{-1}$, а показники ступеня n та $m = n - 1$ визначають кути нахилу кривих реограми $\tau(\gamma)$ та в'язкості $\mu(\gamma)$ у подвійних логарифмічних координатах.

Результати пробних лабораторних випікань хлібобулочних виробів, що містять добавки КТБ Геліос та Сканпро, свідчать, що найбільш ефективна дія цих добавок спостерігається якщо вміст добавок складає 1...2% до маси борошна. Подальше збільшення їх вмісту призводить до зниження питомого об'єму хліба внаслідок значного зростання в'язкості та погіршення органолептичних показників. Тому ми досліджували реологічні характеристики колоїдних розчинів КТБ із вмістом добавок від 0,5 до 3%. Установлено, що для розчинів добавок із концентраціями 1,5% КТБ і більше через 2...4 години спостерігалось їх гелеутворення.

На рис. 1 показано реограми – залежності величини напруження зсуву від швидкості зсуву залежно від тривалості утворення розчину – для зразка розчину добавки Геліос 2%, у якого розпочався процес гелеутворення (для розчину Геліос 1,5% [6] гелеутворення протягом 3 годин досліджень не спостерігалось). На рис. 1 бачимо для зразка через 5 та 15 хвилин після приготування розчину майже ньютонівську поведінку розчину – близьку до лінійної залежність реограми зі сталою в'язкістю ($\mu \approx const$). Але з часом в'язкість розчину зростає та її залежність від швидкості зсуву стає нелінійною, тобто неньютонівською. А для тривалості утворення розчину 80 хвилин спостерігається ненульове граничне напруження зсуву.

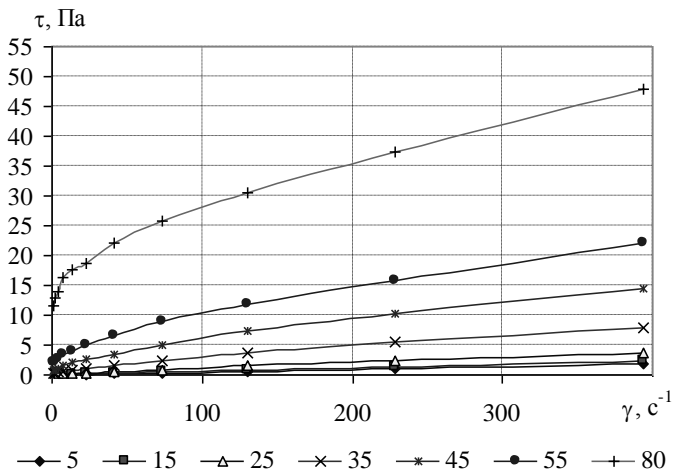


Рисунок 1 – Реограми для зразка водного розчину добавки Геліос 2% залежно від тривалості утворення розчину (5, 15, 25, 35, 45, 55 та 80 хв)

На рис. 2 показано залежності в'язкості водного розчину добавки Геліос 2% від швидкості зсуву та тривалості утворення розчину. Видно, що залежності в'язкості на осях із подвійними логарифмічними координатами $\ln \mu(\ln \gamma)$ мають лінійний вигляд, що свідчить про їх ступеневу залежність за моделлю Оствальда.

За одержаними результатами ефективної в'язкості розраховано величини параметра консистенції K та показник ступеня m для досліджених зразків розчинів Геліос в області швидкостей зсуву $10 \dots 400 \text{ c}^{-1}$ (рис. 3 – у звичайних координатах та рис. 4 – із часом у логарифмічних координатах). Бачимо, що у розчинах спостерігається інтенсивне гелеутворення, яке на початку процесу веде до експоненційного зростання в'язкості (і параметра консистенції K) із часом. У напівлогарифмічних координатах це зростання краще видно як лінійність залежностей у цих координатах. Відзначимо, що залежності K та m , що суттєво відрізняються в лінійних координатах (рис. 3), стають дуже схожими за характером у логарифмічних координатах (рис. 4).

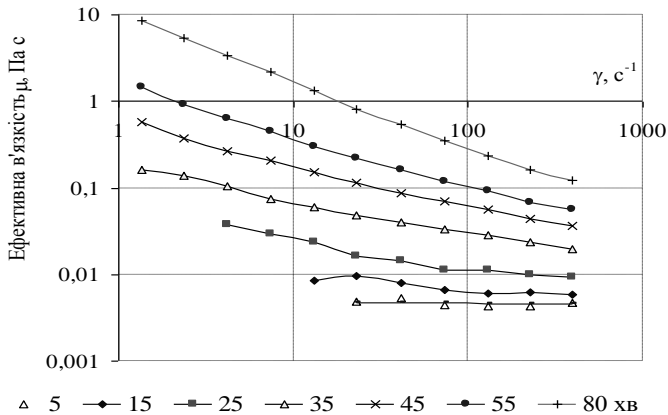
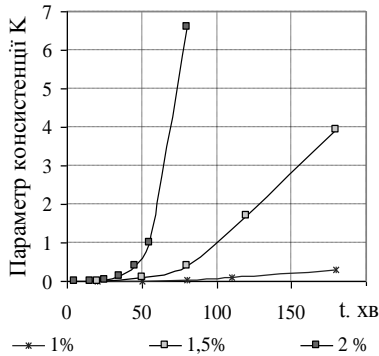


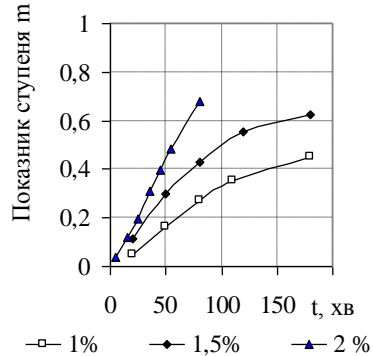
Рисунок 2 – Ефективна в'язкість для зразка водного розчину добавки Геліос 2% за різних швидкостей зсуву та тривалостей утворення розчину

Визначено (рис. 3б), що показник ступеня m лінійно зростає з часом для концентрації 2% Геліос. Наближення кривих для показника ступеня m до насичення й завершення утворення структури з часом, що спостерігається для концентрацій 1 та 1,5% (рис. 3б) у логарифмічних координатах менше виражене (рис. 4б) і свідчить, що процес гелеутворення триває.

Аналогічні залежності для величин параметра консистенції K та показника ступеня m були розраховані для водних розчинів Сканпро. Але параметр консистенції та величина показника ступеня m для водних розчинів Геліос за тих же концентрацій та часу в нього в декілька разів більші, ніж у розчинів Сканпро.

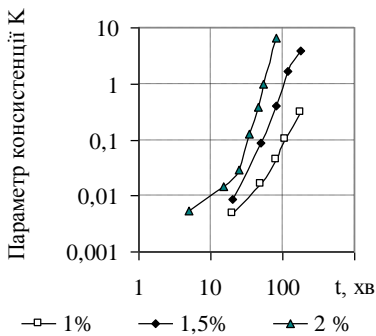


а

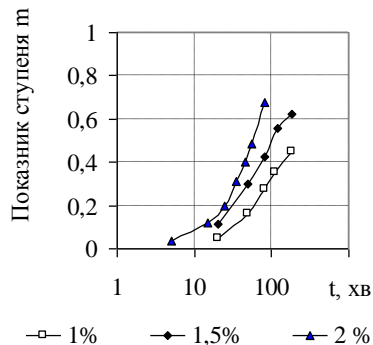


б

Рисунок 3 – Параметр консистенції K (а) та показник ступеня m (б) для розчинів Геліос з концентраціями 1; 1,5 та 2% у лінійних координатах



а



б

Рисунок 4 – Параметр консистенції K (а) та показник ступеня m (б) для розчинів Геліос із масовими концентраціями 1; 1,5 та 2% у логарифмічних координатах

Слід відзначити, що для зразків з концентраціями 1,5 та 2% для максимального часу спостереження розпочинається гелеутворення та руйнування їх структури під час вимірів на віскозиметрі. При цьому спостерігається зменшення їх в'язкості, якщо швидкості зсуву більші за $100 \dots 200 \text{ c}^{-1}$. Однак для швидкостей зсуву, менших за $50 \dots 100 \text{ c}^{-1}$, може спостерігатися збільшення їх в'язкості під час вимірів та, відповідно, зміцнення структури. Так, на рис. 1 для 55 та 80 хвилин бачимо не тільки появу ненульового граничного напруження зсуву, а й для малих значень швидкостей зсуву його помітне зростання за час вимірювання. Нелінійності на графіках за малих швидкостей зсуву (рис. 4) пов'язані з експонентним зростанням параметра K (рис. 4а) та з неврахуванням часу вимірювання для показника m (рис. 4б).

Було досліджено в'язкості водних розчинів малих концентрацій добавок від швидкості зсуву через 3 години після їх приготування, в яких відсутні, або ще не утворились гелі. Майже ньютонівська поведінка розчинів ($\mu \approx \text{const}$) спостігалась для концентрацій 0,5 та 1% розчинів Сканпро і для концентрації 0,5% розчину Геліос, а ньютонівська для концентрацій 1% (Геліос) та 1,5% ($\mu = f(\gamma)$).

Оскільки поведінка цих розчинів може бути як ньютонівською, так і ньютонівською, загальною характеристикою в'язкості для них є параметр консистенції. На рис. 5 наведено концентраційні залежності параметра консистенції для розчинів добавок Сканпро та Геліос відповідно. Бачимо, що в'язкість для розчинів Геліос майже на порядок більша, ніж для розчинів Сканпро. Також, бачимо експоненційно швидке зростання параметра консистенції зі збільшенням концентрації добавок, особливо для зразків, у яких утворюються гелі ($C = 1,5\%$).

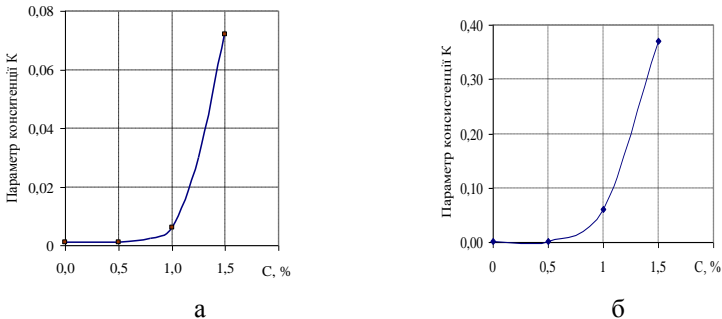


Рисунок 5 – Параметри консистенції залежно від концентрації КТБ через 3 години після їх приготування для розчинів: а – Сканпро і б – Геліос

В обох розчинах КТБ спостерігається інтенсивне утворення структури, яке на початку цього процесу описується експоненційним зростанням в'язкості (параметра консистенції) з часом. Це пов'язане з посиленням зв'язків між макромолекулами КТБ та утворенням ними комплексів – конгломератів макромолекул КТБ. Також можливе зростання розмірів волокон КТБ є наслідком процесу їх набрякання. Швидке зростання розмірів конгломератів та частинок веде до експоненційного зростання в'язкості з часом (рис. 5). Така залежність свідчить про пропорційність появи кількості нових зв'язків dN у часі їх загальної кількості N у розчинах ($dN/dt = C \cdot N$, $C = const$, $N = N_0 e^{Ct}$).

Через деякий час ці конгломерати починають з'єднуватися між собою й утворювати єдиний конгломерат у об'ємі розчину – гель, який із часом унаслідок утворення нових зв'язків між макромолекулами стає все міцнішим. Його міцність характеризується початковим напруженням зсуву, яке можна оцінити за максимальним значенням напруження зсуву, що визначається під час першого вимірювання. Однак після цього структура частково руйнується й напруження зсуву зменшується. Після зменшення швидкості зсуву до початкової величини спостерігається зниження напруження зсуву та відповідного граничного напруження зсуву в 1,5...2 рази.

Тому реограми для масових часток у 1,5 та 2% для максимального часу відповідають не суцільним, а частково зруйнованим структурам. Останні величини на концентраційних залежностях параметрів консистенції (рис. 5) можуть зрости за відсутності вимірів проміжних точок та внаслідок зміни кімнатної температури. Вони також суттєво зростуть із часом унаслідок утворення гелю в розчині. Однак для зразків з масовими частками КТБ 1% і менших, у яких гелі не утворюються, відбуватиметься насичення параметрів K і m із часом.

Більші величини параметра консистенції та показника ступеня, за тих самих концентрацій, у водних розчинах Геліос, ніж у розчинах Сканпро, свідчать про його сильніші водозв'язуючу та гелеутворюючу здатності. Процес гелеутворення починається та закінчується в його розчинах швидше. Це видимо свідчить про відносно більшу кількість гідрофобних зв'язків у молекул добавок Сканпро (масова частка жиру в нього складає 7,2%, тоді як у Геліос – 2%). Однак у тісті, де багато речовин з іншими за природою зв'язками, їх внески в системах гідрофільних та гідрофобних зв'язків можуть бути частково компенсованими, тому вплив цих добавок на структуру тіста може бути майже однаковим [7-8].

Можна відзначити, що показник ступеня в розчинах КТБ, у яких утворюються гелі, досягав за час вимірювань значення $m = 0,4 \dots 0,6$ та більше. Тобто за лінійною екстраполяцією залежності показника ступеня m у розчинах КТБ із часом (якщо насичення показника ступеня не відбудеться) до максимального значення цього показника $m = 1$ (рис. 4б) можна спробувати прогнозувати як можливість, так і час гелеутворення в цих розчинах.

Робота виконана в рамках держбюджетної роботи № 2 – 11ФБ (0108U001333).

Висновки. 1. Водні розчини Геліос мають значно більшу водозв'язуючу та гелеутворюючу здатності, ніж розчини Сканпро, і гелі утворюються в них швидше.

2. Водні розчини КТБ, які утворюють гелі, мають експоненційні залежності в'язкості як від концентрації КТБ, так і на початку процесу гелеутворення, від тривалості утворення розчину.

3. Зі збільшенням рецептурної кількості КТБ тривалість зберігання їх водних розчинів слід зменшувати. Зниження концентрації КТБ є доцільним як з економічної точки зору, так і з урахуванням реологічної поведінки їх водних розчинів.

Список літератури

1. Білик О. А. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Білик О. А. – К., 2006. – 146 с.

2. Перцевой Ф. В. Ефективність застосування харчових білкових добавок у присутності рецептурних компонентів желевної продукції / Ф. В. Перцевой, А. Т. Теймурова, О. М. Сафонова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Х. : ХДУХТ, 2008. – Вип. 2 (8). – С. 33–39.

3. Использование коллагеносодержащего сырья в мясной промышленности / Е. И. Титов [и др.] // Мясная индустрия. – 2008. – № 6. – С. 49–52.

4. Indrani D. Influence of additives on the rheological and characteristics of differently milled whole wheat flours / D. Indrani, R. Venkatewara // G. Food Science and Technol. – 1992. Vol. 29, № 5. – P. 296–298.

5. Сафонова О. М. Дослідження впливу білків з колагеновмісної сировини на структурно-механічні властивості хлібобулочної та кондитерської продукції / О. М. Сафонова, А. Т. Теймурова, М. О. Домахіна // Наукові праці Одеської нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2011. – Вип. 40. т. 1. – С. 123–127.

6. Обґрунтування способу введення концентратів тваринних білків для поліпшення якості хлібобулочних виробів / М. Т. Малафєв [та ін.] // Хлебный бизнес. – 2013. № 2 (9). – С. 47–49.

7. Research of functional animal proteins influence on food systems' viscosity / M. Malafaev [et al.] // ВЕJET: Східно-Європейський журнал передових технологій. – X., 2013. – № 2/11 (62). – С. 56–59.

8. Малафаєв М. Т. Широкодіапазонний ротаційний віскозиметр / М.Т. Малафаєв, М. І. Погожих // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – X. : ХДУХТ, 2007.– Вип. 2 (6). – С. 87–95.

9. Мачихин Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 216 с.

Отримано 01.11.2013. ХДУХТ, Харків.

© М.Т. Малафаєв, М.О. Домахіна, О.М. Шаніна, М.І. Погожих, 2013.

УДК 616-073.916.3:615.37

Д.П. Крамаренко, канд. техн. наук, доц. (ДЗ «ЛНУ ім. Т. Шевченка», Луганськ)

О.І. Кірєєва, асист. (ДЗ «ЛНУ ім. Т. Шевченка», Луганськ)

В.І. Рябушко, д-р біол. наук (ІнБПМ ім. О.О. Ковалевського, Севастополь)

М.І. Пересічний, д-р техн. наук, проф. (КНТЕУ, Київ)

Л.Г. Дейниченко, магістрант (КНТЕУ, Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОЛІЗАТУ З МОЛЮСКІВ НА ВИВЕДЕННЯ ^{137}Cs З ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Розглянуто питання оцінки радіозахисних властивостей гідролізату з моллюсків «Рапамід» у дітей – мешканців радіоактивно забруднених територій. Доведено, що визначені радіозахисні властивості гідролізату з моллюсків «Рапамід» сприяють зниженню інтенсивності вільнорадикальних процесів у біосередовищах дитячого організму та значному зниженню вмісту інкорпорованого ^{137}Cs . Також було відмічено гарну стерпність та відсутність побічних ефектів гідролізату з моллюсків «Рапамід» у дітей.

Рассмотрены вопросы оценки радиозащитных свойств гидролизата из моллюсков «Рапамид» у детей – жителей радиоактивно загрязненных территорий. Доказано, что определенные радиозащитные свойства гидролизата из моллюсков «Рапамид» способствуют снижению интенсивности свободнорадикальных процессов в биосредах детского организма и значительно снижают содержание инкорпорированного ^{137}Cs . Также была отмечена хорошая переносимость и отсутствие побочных эффектов гидролизата из моллюсков «Рапамид» у детей.