

УДК 637.358.

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ПРОЦЕС СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ РОЗЧИНІВ ЖЕЛАТИНУ

Перцевой Ф.В., д.т.н., професор,

Душенко Д.К., аспірант,*

Бідюк Д.О., к.т.н., доцент,

Маренкова Т.І., ст. викл.

Сумський національний аграрний університет

тел. (095) 063-62-64

Анотація – в статті наведено дані щодо встановлення впливу різних технологічних факторів – концентрації желатину та ферменту трансглютаміназа, тривалості термостатування на ефективну в'язкість систем «желатин-трансглютаміназа-вода». Визначено основні закономірності структуроутворення зазначених розчинів.

Ключові слова – желатин, трансглютаміназа, ефективна в'язкість, структуроутворення.

Постановка проблеми. В умовах суворої конкуренції успішне функціонування підприємств харчової промисловості та закладів ресторанного господарства залежить від впровадження інноваційних, економічно ефективних та конкурентоспроможних технологій.

У сучасних умовах, перед виробниками м'ясної продукції стоїть комплекс завдань, пов'язаних із регулюванням якісних властивостей м'ясної сировини для отримання продукції, що відповідає суворим стандартам якості, задовольняє потреби організму в необхідних поживних речовинах та є доступною для споживача.

У наш час підприємствами м'ясної промисловості широко використовуються так звані «м'ясні гранули» – гелеподібні напівфабрикати на основі тваринних білків або гелеутворювачів полісахаридної природи. Ці напівфабрикати дозволяють знизити собівартість готової продукції за рахунок часткової заміни м'ясної сировини, підвищення вологостримуючої здатності та виходу готової продукції, тощо [1, 2].

З огляду на високу вартість сировини для виробництва м'ясної продукції нами планується створення аналогу м'ясних гранул – термостійкого гелеподібного напівфабрикату, що містить у своєму складі желатин та фермент трансглютаміназа (ТГ), для часткової

© Перцевой Ф.В., д.т.н., професор, Душенко Д.К., аспірант, Бідюк Д.О., к.т.н., доцент, Маренкова Т.І., ст. викл.

* Науковий керівник – д.т.н., професор Перцевой Ф.В.

заміни м'ясної сировини в технологіях виробництва кулінарної (вироби із січеної маси) та харчової (ковбасні вироби) продукції.

Желатин – харчова добавка білкової природи, що широко використовується як гелеутворюючий агент в технологіях виробництва харчової продукції. Гелі желатину широко використовуються завдяки їх унікальним текстурним характеристикам [3]. Нижче певної температури, що залежить від типу желатину, концентрації розчину та в'язкості, желатин утворює гель. Процес структуроутворення зумовлений перегрупуванням окремих молекулярних ланцюгів у впорядковану сітку спірального типу [4, 5].

Однак температура плавлення гелів желатину становить близько 15°C для риб'ячого желатину, та близько 35°C – для желатину з великої рогатої худоби [6, 7]. Цей факт обмежує включення гелів желатину до рецептур харчової та кулінарної продукції, що потребує подальшої термічної обробки.

Використання ТГ дозволяє отримувати гелеподібні структури із підвищеними температурами плавлення та в окремих випадках – термостабільні, за рахунок утворення ковалентних зв'язків [8].

Відомо, що фермент ТГ бере участь в утворенні ковалентних зв'язків з вільними аміногрупами лізину і γ -карбоксамідними групами глютаміну, стійкими до протеолізу. Щодо здатності ТГ до взаємодії з різними білками харчових, автор [9] відмічає дуже добру реакційну здатність з білками молока (казеїном), м'яса (желатином); добру реакційну здатність з білками хлібних культур; задовільну реакційну здатність з білками сироватки α -лактальбуміном та β -лактоглобуліном, яйця - овальбуміном та міоглобіном м'яса.

Аналіз останніх досліджень. В останній час вітчизняними [10, 11] та зарубіжними [12-14] вченими було проведено низку досліджень стосовно вивчення впливу ТГ на реологічні властивості розчинів та гелів, що містять у своєму складі желатин та ТГ.

Авторами [12] запропоновано спосіб отримання змішаних гелів желатин та ізоляту сироваткового білка (ICP), модифікованого ТГ у відновлювальному середовищі. Eduard Hernández-Balada та ін. зазначають, що внесення желатину в розчин ICP у відновлювальному середовищі сприяє утворенню додаткових міжмолекулярних перехресних зв'язків через можливе розгортання протеїнів ICP та поліпшення доступності бокових ланок глютаміну та лізину для утворення зшивок з желатином.

Авторами [13, 14] досліджено можливість отримання гелів із використанням риб'ячого желатину, пектину та ТГ. Модифікація досліджених систем за допомогою ТГ дозволила отримати гелі риб'ячого желатину, які за показниками міцності гелю та температури плавлення перевершують аналоги із використанням желатину ссавців. Huang T. та ін. зазначають, що температури плавлення зразків гелів

риб'ячого желатину, модифікованого ТГ, можуть перевищувати 37°C, що може суттєво розширити галузі застосування цього гелеутворювача у технологіях виробництва харчової продукції.

У ході аналізу літературних джерел нами не було виявлено систематизованих даних стосовно впливу виду желатину, температури або концентрації ферменту ТГ, за якими було б можливо оптимізувати рецептурний склад запропонованого гелеподібного напівфабрикату. Отже, проведення досліджень, встановлених на виявлення закономірностей процесу структуроутворення розчинів желатину під дією ТГ є актуальною задачею.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою досліджень є вивчення впливу технологічних факторів на процес структуроутворення систем «желатин-ТГ-вода». Завданнями досліджень було встановлення залежностей впливу концентрації ТГ, концентрації желатину та тривалості структуроутворення на ефективну в'язкість досліджуваних розчинів та систем «желатин-ТГ-вода».

Основна частина. Під час виробництва гелеподібної харчової продукції важливими структурно-механічними змінами, що передують процесу структуроутворення, є підвищення ефективної в'язкості харчових систем. Отже, вивчення закономірностей процесу структуроутворення розчинів желатину із додаванням ТГ можливе за допомогою дослідження ефективної в'язкості цих систем.

Попередніми дослідженнями було встановлено [15], що включення ТГ до складу розчинів желатину різних виробників призводить до збільшення ефективної в'язкості отриманих розчинів. Для подальших досліджень нами було вибрано желатин торгової марки «Gelita» (Німеччина, міцність геля 240 bloom) типу А.

Предметами досліджень були розчини желатину з концентраціями 5,0%, 7,5% та 10% з додаванням ферменту трансглютаміназа (Китай) у концентраціях 0,1%, 0,2% та 0,3%.

Ефективну в'язкість розчинів желатину із додаванням ТГ визначали на ротаційному віскозиметрі РЕОТЕСТ-2 за температури $50 \pm 1^\circ\text{C}$, яка входить до раціонального діапазону, за якого активність ТГ максимальна [8]. Для отримання розчинів желатину його замочували у воді з температурою $20 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом $(20 \dots 30) \times 60$ с, нагрівали на водяній лазні до температури $55 \dots 60^\circ\text{C}$, охолоджували до температури 50°C та змішували з попередньо приготовленим розчином ТГ температурою 50°C . Воду для розчину ферменту брали з урахуванням заданих кінцевих концентрацій реагуючих компонентів. Для термостатування розчинів за температури $50 \pm 1^\circ\text{C}$ використовували термокамеру, вимірювання ефективної в'язкості проводили за швидкості зсуву 81 c^{-1} .

Результати досліджень ефективної в'язкості розчинів желатинів

із додаванням ТГ наведено на рис. 1-3. Аналізом даних встановлено, що загальною тенденцією для досліджуваних зразків є зменшення тривалості структуроутворення при збільшенні концентрації желатину та ТГ.

Встановлено (рис. 1), що значення ефективної в'язкості розчинів з концентрацією желатину 5,0% протягом перших 4×60 с істотно не змінюються та лежать у межах $(0,05 \dots 0,35) \times 10^{-2}$ Па \times с для усіх зразків.

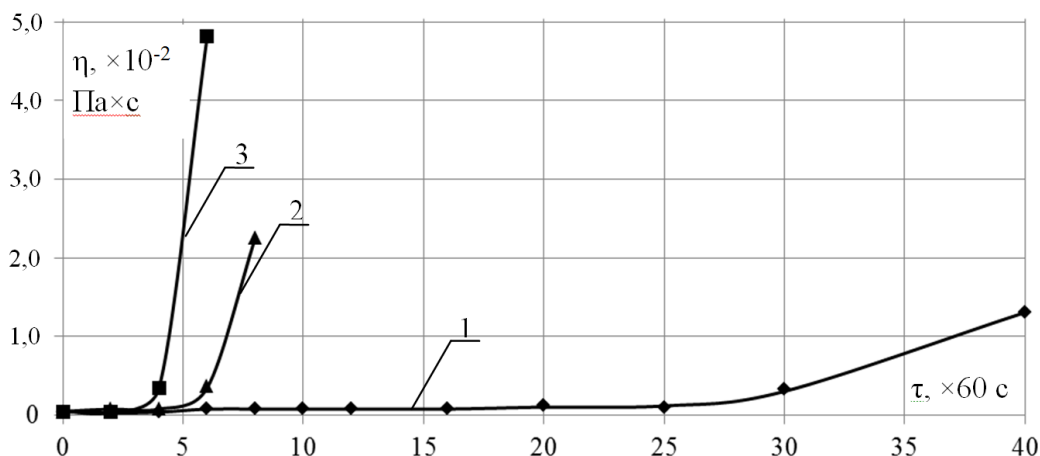


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості розчинів желатину з концентрацією 5,0% від тривалості структуроутворення за концентрації ТГ: 1 - 0,1%, 2 - 0,2%, 3 - 0,3%.

Максимальні значення ефективної в'язкості розчинів з концентрацією желатину 5,0% складають за концентрації ТГ: 0,1% - $1,30 \times 10^{-2}$ Па \times с, з 0,2% - $2,25 \times 10^{-2}$ Па \times с, з 0,3% - $4,81 \times 10^{-2}$ Па \times с та тривалості структуроутворення відповідно 40×60 с, 8×60 с та 6×60 с.

Вимірювання показників ефективної в'язкості припиняли на межі переходу «золь-гель», коли з розчину желатину утворювався термостабільний гель.

Збільшення концентрації желатину (рис. 2) призводить до збільшення значень ефективної в'язкості. Так, для розчинів з концентрацією желатину 7,5% значення досліджуваного показника протягом перших 4×60 с істотно не змінюються та лежать у межах $(0,06 \dots 0,77) \times 10^{-2}$ Па \times с.

Максимальні значення ефективної в'язкості розчинів з концентрацією желатину 7,5% складають за концентрації ТГ: 0,1% - $1,93 \times 10^{-2}$ Па \times с, з 0,2% - $2,61 \times 10^{-2}$ Па \times с, з 0,3% - $2,66 \times 10^{-2}$ Па \times с та тривалості структуроутворення відповідно 16×60 с, 8×60 с та 6×60 с.

Подальше підвищення концентрації желатину (рис. 3) призводить до стрімкого збільшення значень ефективної в'язкості. Так, для розчинів з концентрацією желатину 10,0% значення досліджуваного показника протягом перших 2×60 с лежать у межах $(0,06 \dots 0,77) \times 10^{-2}$ Па \times с.

Максимальні значення ефективної в'язкості розчинів з концентрацією желатину 10,0% складають за концентрації ТГ: 0,1% -

$4,49 \times 10^{-2}$ Па \times с, з 0,2% – $4,33 \times 10^{-2}$ Па \times с, з 0,3% – $6,41 \times 10^{-2}$ Па \times с та тривалості структуроутворення відповідно 20×60 с, 8×60 с та 6×60 с.

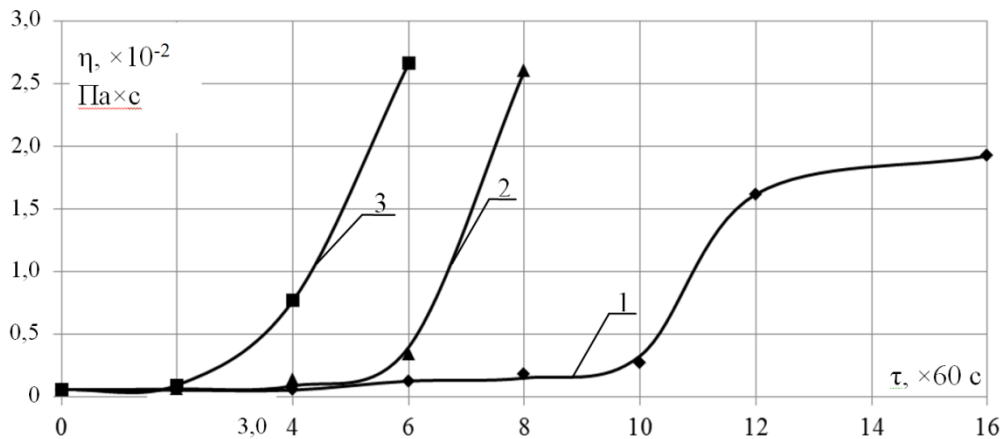


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості розчинів желатину з концентрацією 7,5% від тривалості структуроутворення за концентрації ТГ: 1 - 0,1%, 2 - 0,2%, 3 - 0,3%.

Спираючись на отримані дані, можна зазначити, що час структуроутворення розчинів желатину та ТГ співпадає із тривалістю структуроутворення досліджуваних зразків у точках із максимальними значеннями ефективної в'язкості.

Включення ТГ до складу розчинів желатину дозволяє збільшити ефективну в'язкість досліджуваних систем у 26...96 разів – для гелів із вмістом желатину 5,0%, 32...44 рази – для гелів із вмістом желатину 7,5%, 40...58 разів – для гелів із вмістом желатину 10,0% по відношенню до контрольних зразків за граничних значень тривалості структуроутворення.

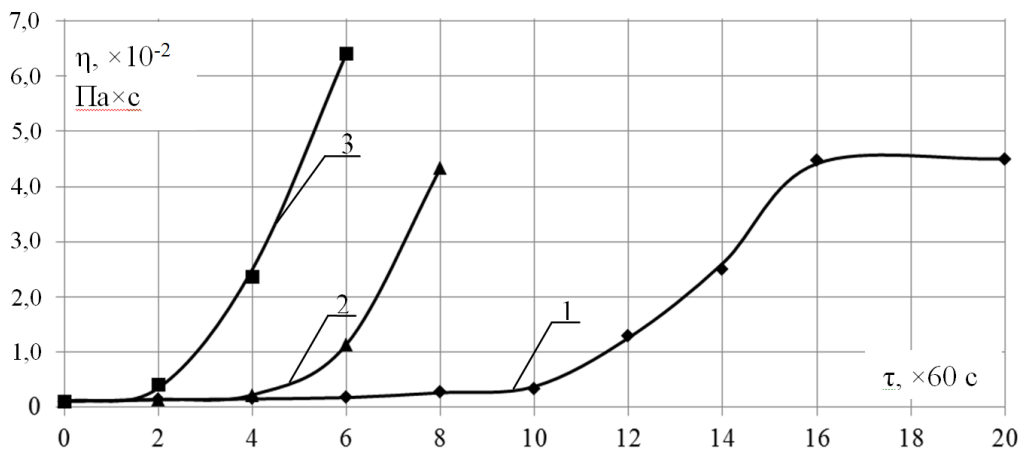


Рис. 3. Залежність ефективної в'язкості розчинів желатину з концентрацією 10,0% від тривалості структуроутворення за концентрації ТГ: 1 - 0,1%, 2 - 0,2%, 3 - 0,3%.

Враховуючи наведені вище теоретичні передумови гелеутворення, можна зазначити, що суттєве підвищення ефективної в'язкості досліджуваних розчинів за температур, значно вищих за

температуру структуроутворення желатину, відбувається за рахунок утворення ковалентних зв'язків та поперечних зшивок між молекулами гелеутворювача під дією ТГ.

Висновки. Проведені дослідження дозволили встановити залежність ефективної в'язкості розчинів желатину від концентрації желатину та ТГ. Експериментально встановлено, що підвищення концентрації желатину та ТГ призводить до суттєвого збільшення показника ефективної в'язкості досліджуваних систем порівняно до контрольних зразків. Можемо зазначити, що застосування ТГ для інтенсифікації процесу структуроутворення желатину є перспективним та потребує проведення подальших досліджень для вирішення поставлених завдань.

Література:

1. Scanflavour [Електронний ресурс] : // Режим доступу: <http://www.scanflavour.com/>

2. Essentia protein solutions [Електронний ресурс] : // Режим доступу: <http://essentiaproteins.com/>

3. *Baziwane, D.* Gelatin: the paramount food additive / D. Baziwane, Q. He // *Food Reviews International*. – 2007. – vol. 19(4). – pp. 423-435.

4. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи / А. Аймесон (ред.-сост.). — Перев. с англ, д-ра хим. наук С.В. Макарова. – СПб.: ИД «Профес-сия», 2012. – 408 с., ил., табл.

5. *de Wolf, F.A.* Collagen and gelatine / W.Y. Aalbersberg, R.J. Hamer, P. Jasperse, H.H. J. de Jongh, C.G. de Kruif, P. Walstra, F.A. de Wolf (eds) // *Industrial Proteins in Perspective*. – 2003. – vol. 23. – pp. 133-218.

6. *Haug, I.J.* Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. / I.J. Haug, K.I. Draget, O. Smidsrød // *Food Hydrocolloids*. – 2004. – vol. 18(2). – pp. 203-213.

7. *Gómez-Guillén M.C.* Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. / M.C. Gómez-Guillén, B. Giménez, M.E. López-Caballero, M.P. Montero // *Food Hydrocolloids*. – 2011. – vol. 25(8). – pp. 1813-1827.

8. *Yokoyama K.* Properties and applications of microbial transglutaminase. / K. Yokoyama, N. Nio, Y. Kikuchi // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2004. – vol. 64(4). – pp. 447-454.

9. *Aeschlimann, D.* Transglutaminases: protein cross-linking enzymes in tissues and body fluids. / D. Aeschlimann, M. Paulsson // *Thrombosis and Haemostasis*. – 1994. – vol. 71. – pp. 402-415.

10. *Капрельяни, Л.В.* Структуроутворення у розчинах желатину під дією ферменту трансглутамінази. / Л.В. Капрельяни, Т.В. Шпирко, А.А. Зинов'єв, О.В. Шалигін // *Харчова наука і технологія*. – 2010. – № 4(13). – С. 29-31.

11. *Баль-Прилипка, Л.В.* Розробка біотехнології м'ясних

продуктів. / Л.В. Баль-Прилипко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – №17(1060). – С. 145-150.

12. *Hernandez-Balada, E.* Properties of biopolymers produced by transglutaminase treatment of whey protein isolate and gelatin. / E. Hernandez-Balada, M.M. Taylor, J.G. Phillips, W.N. Marmer, E.M. Brown // *Bioresource Technology*. – 2009. – vol. 100(14). – pp. 3638-3643.

13. *Huang, T.* Comparison of rheological behaviors and nanostructure of bighead carp scales gelatin modified by different modification methods. / T. Huang, Z.-c. Tu, H. Wang, L. Zhang, X.-m. Sha, X.-q. Huang, Z.-z. Man, D.-j. Li // *Journal of Food Science and Technology*. – 2017. – vol. 54(5). – pp. 1256-1265.

14. *Huang, T.* Pectin and enzyme complex modified fish scales gelatin: rheological behavior, gel properties and nanostructure. / T. Huang, Z.-c. Tu, H. Wang, L. Zhang, N. H. Zhang, N. Bansal // *Carbohydrate Polymers*. – 2017. – vol. 156. – pp. 294-302.

15. *Душенюк, Д.К.* Дослідження впливу технологічних чинників на ефективну в'язкість желатину / Д.К. Душенюк, Ф.В. Перцевої, Д.О. Бідюк // *Матеріали Всеукраїнської студентської наукової конференції* – (13-17 листопада 2017 р.). – Суми: СНАУ, – 2017. – С. 284.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ РАСТВОРОВ ЖЕЛАТИНА

Перцевої Ф.В., Душенюк Д.К., Бідюк Д.О., Маренкова Т.И.

Аннотация - в статье приведены данные по установлению влияния различных технологических факторов - концентрации желатина и фермента трансглутаминаза, продолжительности термостатирования на эффективную вязкость систем «желатин-трансглутаминаза-вода». Определены основные закономерности структурообразования указанных растворов.

STUDY OF THE EFFECT OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE PROCESS OF STRUCTURAL FORMATION OF GELATIN SOLUTIONS

F. Pertsevoi, D. Dushenok, D. Bidyuk, T. Marenkova

Summary

In the article the data concerning the establishment of the influence of various technological factors - concentration of gelatin and enzyme transglutaminase, duration of thermostating on the effective viscosity of «gelatin-transglutaminase-water» systems are given. The basic regularities of the structure formation of these solutions are determined.