

**Олена СИДОРЕНКО,
Раїса МОСКАЛЮК,
Неля ДРОБА**

РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАБІЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАЛИВНИХ РИБНИХ ПРОДУКТІВ

Особливістю сучасного етапу розвитку харчової промисловості є не лише розробка збалансованих і біологічно цінних продуктів харчування, що сприятимуть покращанню здоров'я населення, а й збереження їхньої якості. Це також стосується рибних кулінарних виробів, зокрема заливної риби, яка характеризується високими споживними властивостями та засвоюваністю, проте обмеженим терміном зберігання.

Із цього приводу авторами запропоновано виробництво замороженої заливної рибної продукції з використанням стабілізаторів консистенції рослинного походження, які за останні роки набули широкого застосування. До них належать карагенани, альгінати, камеді дерева тари та ріжкового, гуарова й ксантанова. Їхня дія на етапі формування рецептурної суміші спрямована на підвищення в'язкості, а на етапі структування – на утворення желеподібного продукту

© Олена Сидоренко, Раїса Москалюк, Неля Дроба, 2009

з певними структурно-механічними та органолептичними властивостями. Однак, на відміну від більшості харчових добавок, властивості гідроколоїдів не обмежуються лише стабілізацією та регулюванням консистенції харчових продуктів, вони також є фізіологічно функціональними інгредієнтами, які забезпечують нормальне функціонування кишечника, знижують рівень холестерину, контролюють рівень цукру в крові, адсорбують значну кількість жовчних кислот, а також інші метаболіти, токсини та електроліти, що сприяє детоксикації організму [1; 2].

Питання розвитку теоретичних основ і практичних аспектів застосування гідроколоїдів у технології харчових продуктів має науковий та практичний інтерес і не втрачає своєї актуальності, про що свідчать системні наукові дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених [1–7]. Науковцями Н. Я. Орловою та С. О. Белінською встановлено доцільність використання ксантанової та гуарової камедей у технології швидкозаморожених напівфабрикатів [3]. Вченими М. І. Пересічним, М. Ф. Кравченком, А. В. Федоровою розроблено рецептури м'ясних, борошняних кулінарних виробів, кондитерських оздоблювальних напівфабрикатів, солодких страв і соусів із використанням карагенану, камеді ріжкового дерева, альгілату натрію, екстракту "Стевіасан" тощо [3; 4]. У працях В. Д. Богданова, С. В. Рогожина, П. П. Пивоварова, О. О. Грінченка, І. В. Данкбарас, *Y. Shimizu*, *C. Suzuki*, *W. Sinidi* висвітлено наукові та практичні аспекти виробництва кулінарної продукції емульсійного типу, реструктурованої рибної продукції із застосуванням структуроутворювачів [6–8].

Із урахуванням відсутності наукових системних досліджень і розробок, спрямованих на використання гідроколоїдів у технології замороженої заливної рибної продукції, авторами розроблено й апробовано різні стабілізаційні системи на основі ефекту синергізму, викликаного взаємодією карагенанів з іншими гідроколоїдами. На основі проведених досліджень встановлено, що суміш κ -карагенану та камеді гуару (КГ) є кращою за органолептичними й структурно-механічними властивостями, оскільки формує еластичну, желеподібну консистенцію, підвищує технологічність і стійкість заливки до низьких температур при заморожуванні й зберіганні рибної продукції [9].

Метою дослідження є обґрунтування та визначення раціональної концентрації суміші гідроколоїдів для формування ефективної стабілізаційної системи, яка є основою замороженої заливної риби, для чого необхідно:

- дослідити структурно-механічні властивості стабілізаційних систем;
- встановити залежність коефіцієнтів граничного навантаження та молекулярного зчеплення від концентрації суміші в системі;

- дослідити динаміку структурно-механічних властивостей модельних систем під впливом низьких температур;
- визначити рівень синерезису.

Об'єкт дослідження – стабілізаційні системи на основі κ -карагенану та камеді гуару різної концентрації.

Предмет дослідження – реологічні властивості харчових модельних систем залежно від концентрації композиційної суміші з гідроколоїдів рослинного походження.

Підготовлено водні розчини з концентрацією суміші від 1 до 3 % з інтервалом 0.5 % і досліджено їхні структурно-механічні властивості на універсальному комп'ютерному вимірювальному приладі (ТУ У 32.3-30591280-001-2004). Сутність методу полягає у зануренні індикатора в розчин на глибину 2 см через однакові проміжки часу при температурі 20 °С. Фізичні величини, що виникали від сигналів датчика (сила пружності, молекулярне зчеплення), перетворювалися на цифрові дані та відображалися на екрані комп'ютера у вигляді графіків. Рівень синерезису визначено за кількістю вологи, яка виділилася після розморожування.

Математичну обробку експериментальних даних наведено в таблиці.

Таблиця

Структурно-механічні властивості стабілізаційної системи на основі κ -карагенану та камеді гуару

Номер зразка	Концентрація суміші, %	До заморожування		Після розморожування		Рівень синерезису, %
		θ^* , Па	η^{**} , Па·с	θ^* , Па	η^{**} , Па·с	
1	1.0	27.5	125.8	25.0	136.1	1.05
2	1.5	52.9	94.4	56.3	104.7	1.30
3	2.0	120.0	78.4	125.0	84.3	0
4	2.5	227.5	69.7	281.4	68.0	2.10
5	3.0	342.5	44.8	435.0	43.9	2.98

Примітки: * коефіцієнт граничного навантаження;
** коефіцієнт молекулярного зчеплення.

У результаті одержаних даних виявлено поліноміальну залежність коефіцієнтів граничного навантаження і молекулярного зчеплення дослідних зразків від концентрації стабілізаційної суміші, визначено трендові рівняння залежностей і розраховано достовірність апроксимації для цих рівнянь, прослідковано динаміку коефіцієнтів під впливом низької температури (рис. 1 і 2).

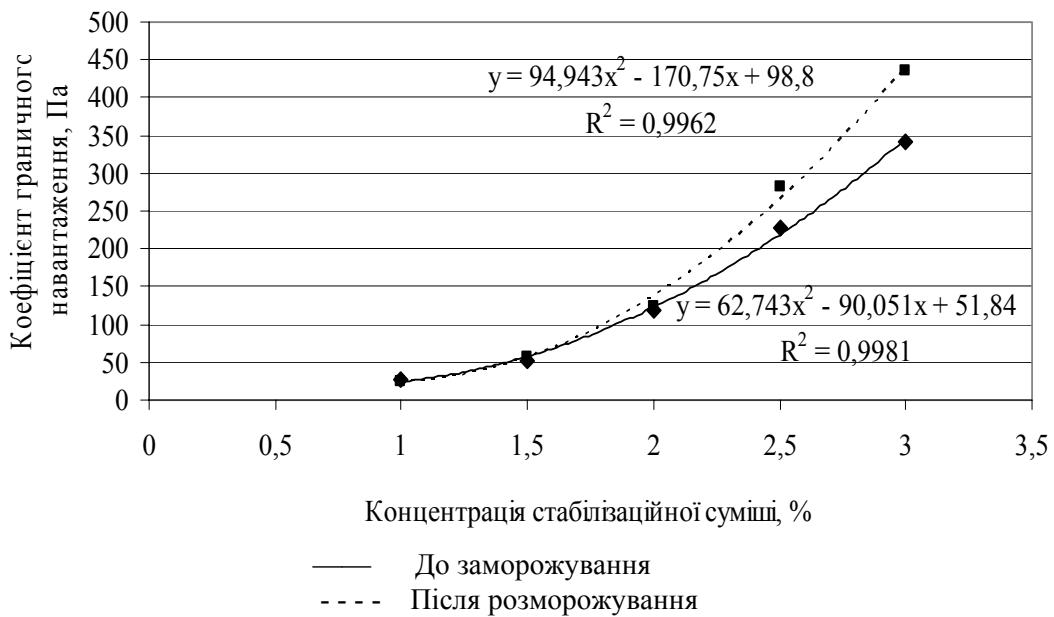


Рис. 1. Залежність коефіцієнта граничного навантаження стабілізаційних систем від концентрації суміші гідроколоїдів

За отриманими даними коефіцієнт граничного навантаження дослідних розчинів залежно від концентрації гідроколоїдів і дії низьких температур має нелінійний характер. Лише при низькій концентрації камеді гуару (до 0.5 %) в'язкість розчину має лінійну залежність, а при підвищенні вмісту загущувача вона переходить в експоненціальну.

Установлено, що при збільшенні концентрації суміші пружність дослідних зразків до заморожування зростає, а консистенція характеризується пружними, міцними та гумоподібними властивостями. Суттєве зростання спостерігається при концентрації 2.5–3 %. Значення коефіцієнта граничного навантаження в цьому інтервалі становить 227.5–342.5 Па. Це пояснюється тим, що при збільшенні концентрації суміші зменшується відстань між частинками та макромолекулами гідроколоїдів, спричиняючи цим зростання кількості їх зіткнень між собою та утворення структури за рахунок їх зчеплення активними центрами [10].

Після розморожування пружність розчину з концентрацією 1 % знижується у 0.9 раза. Ущільнення структури та явище синерезису спостерігається у зразках з концентрацією суміші 1.5; 2.5 та 3 % з максимальними значеннями коефіцієнта граничного навантаження 56.3; 281.4 та 435 Па, тобто їхня пружність після розморожування зростає у 1.06; 1.20 та 1.27 раза відповідно. Очевидно при желеутворенні в системі виникає пухка сітчаста структура, в петлях якої міститься значна кількість іммобілізованого розчинника. Спочатку структурна сітка формується за рахунок невеликої кількості зв'язків

макромолекул гідроколоїдів або частин дисперсної фази. Під час заморожування зростає кількість зв'язків дисперсної фази, що є наслідком ущільнення структури розчину з одночасним підвищенням пружності, зменшення об'єму, впорядкування його структури та витіснення частини розчинника [10].

Аналізуючи результати дослідження, встановлено (див. таблицю), що рівень синерезису із збільшенням концентрації суміші зростає, за виключенням системи із 2-процентним вмістом гідроколоїдів, котра характеризується еластичною желеподібною консистенцією як до, так і після заморожування.

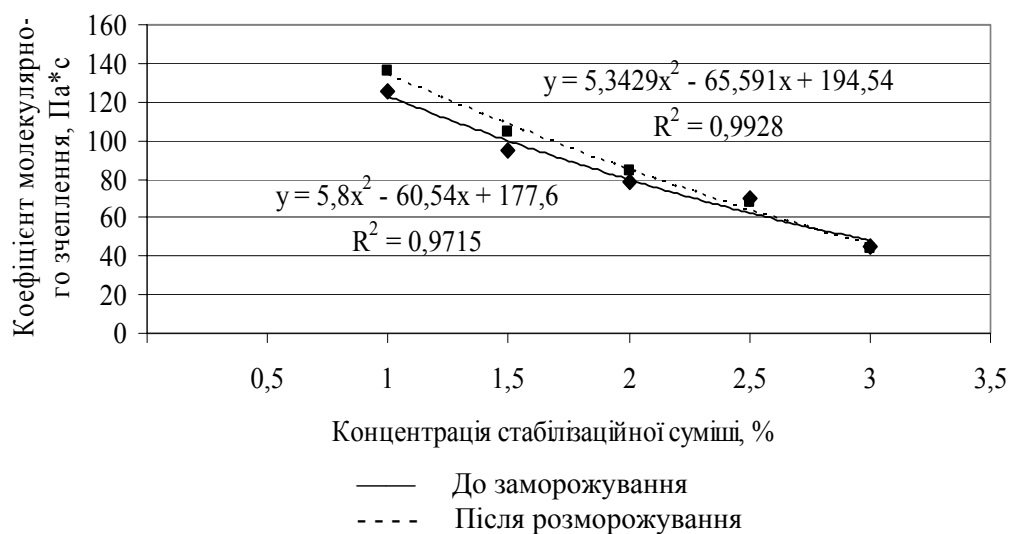


Рис. 2. Залежність коефіцієнта молекулярного зчеплення стабілізаційних систем від концентрації суміші гідроколоїдів

Достовірність апроксимації у двох випадках достатньо близька до одиниці, що підтверджує правильність обрання типу трендового рівняння та розрахунок його коефіцієнтів.

Значення коефіцієнта молекулярного зчеплення одно- та півтора-процентних розчинів, які є найменш пружними, перебуває в межах 125,8–94,4 Па·с, а в більш концентрованих системах (2,5–3 %) має найменше значення – 69,7–44,8. Відповідно, стабілізаційні системи з низькою концентрацією суміші необхідно віднести до тиксотропних, яким властиве явище відновлення зв'язків структури після її руйнування за рахунок сил Ван-дер-Ваальса. Можна припустити, що порівняно висока в'язкість розчинів ускладнює броунівський рух, спричиняючи цим зменшення кількості зв'язків між частинами дисперсної фази та сили зчеплення між ними.

Отже, отримані результати свідчать про залежність в'язкості розчинів від граничного навантаження, що є основною характеристикою структурно-механічних властивостей колоїдних систем, ос-

кільки молекулярне зчеплення описує стан рівноваги між процесами відновлення та руйнування структури. Після розморожування в розчинах із вищою концентрацією коефіцієнт молекулярного зчеплення знижується за рахунок ущільнення структури, на відміну від розчинів з меншою концентрацією, значення коефіцієнта яких зростає у 1.08–1.20 рази.

Найважливішою умовою ефективності технологічного процесу є характер, швидкість розчинення та желеутворення гідроколоїдів. Недоліком застосування желатину в технології заливної продукції є тривалість цих процесів при постійному помішуванні, що значно ускладнює процес його застосування.

Результати експерименту свідчать, що гуарова камедь, на відміну від інших гідроколоїдів, найкраще розчиняється в холодній і гарячій воді без грудкування та утворення плівки на поверхні. Карагенан важко диспергується у воді, що зумовлено утворенням поверхневої плівки навколо кожної часточки, поверхня яких залишається нерозчинною. Краща розчинність досягається їх змішуванням до початку процесу диспергування та використанням води температурою 35–45 °С. Із підвищенням температури води до 60 °С процес прискорюється з утворенням однорідного розчину без грудкування. Желе утворюється вже на стадії розчинення інгредієнтів. При подальшому охолодженні розчину пружність лише зростає.

Необхідно відмітити, що зі збільшенням концентрації суміші знижувалася прозорість розчину, час желеутворення значно скорочувався, а консистенція була від в'язкої (1–1.5 %), еластичної та желеподібної (2 %), пружно-еластичної (2.5 %) до міцної та гумоподібної (3 %).

Таким чином, на основі експериментальних даних побудовано діаграми, які відображають ступінь ефективності використання стабілізаційних систем з різною концентрацією композиційної суміші для досягнення необхідних технологічних показників у виробництві замороженої заливної прісноводної риби, а саме: волого-утримуюча здатність, стабілізація консистенції, желеутворення, термостабільність і прозорість розчину (рис. 3).

Ступінь прояву зазначених властивостей для кожного дослідного зразка оцінено за 5-бальною шкалою методом профілювання [11].

Із представлених профілограм видно, що стабілізаційна система із 2-процентною концентрацією суміші найменше піддається впливу низької температури, тобто характеризується кращою прозорістю, еластичною та желеподібною консистенцією. Значення коефіцієнтів граничного навантаження та молекулярного зчеплення після розморожування збільшуються лише у 1.1 рази, що спричинено відсутністю явища синерезису (див. таблицю).

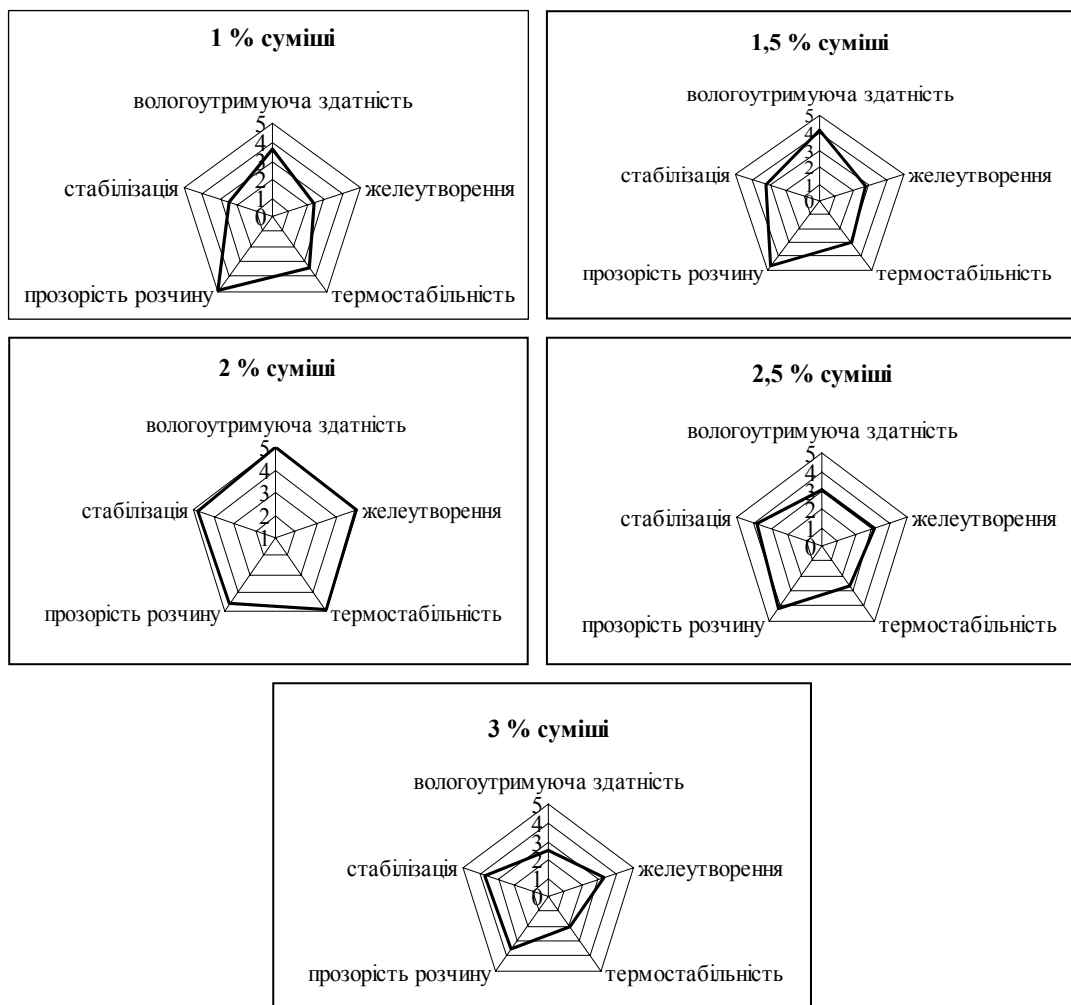


Рис. 3. Профілі якості стабілізаційних систем на основі κ -карагенану та камеді гуару

Із огляду на результати експериментальних досліджень реологічних властивостей стабілізаційних систем встановлено перспективність і доцільність застосування у технології заливних рибних продуктів композиційної суміші 2-процентної концентрації. Це дасть змогу не лише вирішити цілий комплекс технологічних проблем, а й сприятиме покращанню та збереженню структурно-механічних властивостей заливки до та після розморожування із незмінно високими органолептичними достоїнствами, а також формуванню необхідних фізіологічних та функціонально-технологічних параметрів готової продукції.

Перспективою подальших досліджень є визначення впливу додаткових рецептурних компонентів (кухонної солі, прянощів, соків плодово-овочевої та ягідної сировини) на формування структурно-механічних та органолептичних властивостей замороженої заливної продукції із прісноводної риби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Богданов В. Д.* Структурообразователи и рыбные композиции / В. Д. Богданов, Т. М. Сафронова. — М. : ВНИРО, 1993. — 172 с.
2. *Филлипс Г. О.* Справочник по гидроколлоидам / Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс : пер. с англ. ; под ред. А. А. Кочетковой, Л. А. Сарафановой. — СПб. : ГИОРД, 2006. — 536 с.
3. *Орлова Н. Я.* Заморожені плодовоовочеві продукти: проблеми формування асортименту та якості : монографія / Н. Я. Орлова, С. О. Белінська. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. — 313 с.
4. *Технологія продуктів харчування функціонального призначення : монографія / [М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко, А. В. Федорова та ін.] ; під ред. М. І. Пересічного.* — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. — 718 с.
5. *Пересічний М. І.* М'ясні кулінарні вироби функціонального призначення / М. І. Пересічний, О. В. Кандалей // Продукты & ингредиенты. — 2004. — № 3 — С. 30.
6. *Технология продуктов из гидробионтов / [С. А. Артюхова, В. Д. Богданов, В. М. Дацун и др.] ; под ред. Т. М. Сафроновой, В. И. Шендерюка.* — М. : Колос, 2001. — 496 с.
7. *Романенко Ю. В.* Структурообразователь и реологические характеристики рыбы в желейной заливке / Ю. В. Романенко, И. В. Данкбарас // Рыбная пром-сть. — 2005. — № 2. — С. 28—29.
8. *Пивоваров П. П.* Перспективи використання гелеутворюючих полісахаридів у технології реструктурованої рибної продукції / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко // Управлінські та технологічні аспекти розвитку підприємств харчування та торгівлі : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (19 лист. 2003 р.). — Харків : ХДУХТ, 2003. — С. 46—48.
9. *Сидоренко О. В.* Фізіологічні та технологічні аспекти застосування гідроколоїдів у виробництві рибних кулінарних виробів / О. В. Сидоренко, Р. С. Москалюк // Товари і ринки. — 2009. — № 1. — С. 27—36.
10. *Козлов С. Г.* Физико-химические основы получения гелеобразных продуктов / С. Г. Козлов // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. — 2004. — № 2. — С. 88—91.
11. *Сидоренко О. В.* Формування асортименту та якості рибоборслинних продуктів : монографія / О. В. Сидоренко. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. — 313 с.