

## КРІОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КАРАСІВ РІЧКОВИХ

**Введення.** Правильне харчування є запорукою здоров'я людини. Для досягнення цієї мети необхідно включати у раціони харчування такі поживні речовини як: повноцінні білки, жири, мінеральні речовини, вітаміни, тощо. Рибні продукти здатні забезпечити людський організм майже усіма незамінними сполуками (повноцінні білки, небілкові речовини, ліпіди, мінеральні речовини, жиророзчинні вітаміни), а також їх легке перетравлення та повне засвоєння.

Через нетривалі терміни зберігання рибної сировини її більша частина надходить на ринок у вигляді напівфабрикатів, значну частину з яких складають охолоджені та заморожені рибні вироби [1]. Головною задачею товарознавців у цьому процесі є контроль за дотриманням їх якості.

**Постановка задачі.** Метою даної роботи було дослідження нових визначних показників якості, що можуть виступати як нові методи експрес-аналізу замороженої риби, напівфабрикатів та кулінарної продукції.

**Вирішення задачі.** Об'єктом дослідження були кріоскопічні властивості розчинів плазми риби, які підлягали низькотемпературному заморожуванню (до  $-70^{\circ}\text{C}$ ). Предмет дослідження – спинні тканини карася річкового. Методика включала операції попередньої підготовки, які передбачали відокремлення спинних тканин риби, їх подрібнення з наступним центрифугуванням отриманого фаршу. Попередніми дослідженнями встановлено, що при циклічному заморожуванні та центрифугуванні спостерігається розподіл вихідної сировини на рідку (плазма) та тверду (осад) фазу. Також відмічено, що лише після п'ятнадцятого циклу заморожування при центрифугуванні рідкої фази не спостерігалось утворення осаду. Отримана рідка фаза використовувалася для приготування досліджуваних розчинів.

Для кріоскопічних досліджень отриманих розчинів використовували низькотемпературний калориметр [2]. У якості холодоносія використовували пари рідкого азоту, які змішувались у певній пропорції з повітрям для створення необхідної температури ( $-70^{\circ}\text{C}$ ). Заморожуванню підлягали розчини плазми риби масою 25 г, які поміщали в спеціальні пластмасові ємності циліндричної форми та занурювали в калориметр із заданою від'ємною температурою середовища. Процес заморожування вважався закінченим після досягнення всередині досліджуваного зразка температури, рівній температурі середовища. Після цього моменту здійснювали процес розморожування розчинів шляхом встановлення в камері калориметра температури навколишнього середовища. Експеримент вважали завершеним після досягнення температури зразка  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Здійснювали контроль температури в зразку та температури вхідної і вихідної з камери калориметра суміші повітря та азоту. Реєстрацію температур проводили за допомогою хромель-копелєвих термопар, електрорушійну силу яких визначали цифровим потенціометром, з'єднаним з портом ПК. Статистичну обробку і апроксимацію бази даних проводили за допомогою програмного засобу Mathcad 14.

Як відомо, всі чисті речовини характеризуються певною чітко визначеною температурою замерзання. У розчинах волога разом з іншими компонентами утворює евтектичну суміш. Присутність розчиненої речовини знижує температуру замерзання розчину, тому вони замерзають при більш низьких температурах, аніж чисті розчинники. Більш низька температура замерзання розчину пояснюється тим, що за цих умов одночасно можуть існувати тверда та рідка фази даної речовини [3]. Так при заморожуванні розчину деяка частина води вимерзає, в результаті чого утворюється рідина більш високої концентрації та кристали льоду.

В результаті заморожування досліджуваних розчинів плазми риби були визначені діапазони кристалізації та рекристалізації вимороженої вологи (табл. 1).

Таблиця 1

Основні характеристики процесу заморожування та нагрівання розчинів рибної плазми

tзам., °C	мн, г	Зміна мн, %	1-й діапазон кристалл. вимор. вологи, °C	2-й діапазон кристалл. вимор. вологи, °C	1-й діапазон плавл. вимор. вологи, °C	2-й діапазон плавл. вимор. вологи, °C	Масова частка вимор. вологи, %
-70	25	0	-0,2...-8,3	-45,9...-49,5	-4,3...-0,5	-17,2...-10,9	98

Таким чином, експериментально було встановлено, що досліджувані зразки мали два діапазони кристалізації та рекристалізації вимороженої вологи.

При температурах, які близькі до кріоскопічної та нижче, утворені кристали льоду практично не містять розчинених речовин, тому при зниженні температури однакова кількість розчинених речовин приходить на меншу кількість води; відповідно, концентрація розчину підвищується і температура його

знижується. Це призводить до того, що вода в розчині виморожується поступово при зниженні температури.

Так температура кристалізації вимороженої вологи в досліджуваних розчинах зміщується в область більш низьких температур ( $-8,3^{\circ}\text{C}$ ), що пов'язано з впливом органічних та неорганічних компонентів, які знаходяться в розчині.

Як відомо, метод, яким вимірюють зниження температури замерзання розчинів, називають кріоскопією [4]. Таким чином, проведені кріоскопічні дослідження надали можливість визначити за другим законом Рауля [5] середню молярну масу розчинених речовин, які спричиняють зміщення температури кристалізації води в область більш низьких температур. Відповідно до цього закону:

$$\Delta T = k \cdot B = k \frac{g}{\mu}, \quad (1)$$

де  $\Delta T$  – зниження температури замерзання розчину,  $B$  – молярність розчину, моль/кг;  $k$  – кріоскопічна стала, кг/К;  $g$  – число грам розчиненої речовини в  $G$  г розчинника,  $\mu$  – молярна маса розчиненої речовини.

Величину кріоскопічної сталої можна визначити за емпіричною формулою:

$$k = \frac{2 \cdot T_0^2}{G \cdot r}, \quad (2)$$

де  $T_0$  – температура затвердіння розчину,  $r$  – теплота кристалізації,  $r = 33,3 \cdot 10^4$  Дж/кг.

З формули (1) визначається молярна маса речовин:

$$\mu = \frac{k \cdot g}{\Delta T}, \quad (3)$$

Середню молярну масу можна визначити, як:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{\sum_{i=1}^n \nu_i}, \quad (4)$$

де,  $m_i$  – маса  $i$ -го компонента,  $\nu_i$  – число молей  $i$ -го компонента.

Звідси видно, що  $\mu$  буде залежати від мольної частки компонента в суміші. Я.Г. Вант-Гофф зробив висновок стосовно того, що розчини електролітів завжди поведуть себе так, ніби вони містять більше частинок розчиненої речовини, аніж впливає з аналітичної концентрації: підвищення температури кипіння, зниження температури замерзання, осмотичний тиск для них завжди більший, у порівнянні з розрахованим. Для врахування цих відхилень Вант-Гофф вніс у рівняння (3) для розчинів електролітів поправку – ізотонічний коефіцієнт  $i$  (фактор Вант-Гоффа). Це деякий безрозмірний параметр, який пов'язаний зі ступенем дисоціації молекул в розчині, тобто який враховує відносну зміну кількості часточок за рахунок дисоціації [6]. Тому, визначена за цим законом величина  $\mu$  в проведених дослідженнях містить в більшій мірі якісну інформацію (сигнатуру), ніж інформацію про абсолютну величину  $\mu$ .

Розрахована за формулою (2) та (3) кріоскопічна стала та молярна маса розчинених речовин у розчинах плазми риби становить  $20 \pm 5$  та  $420 \pm 85$  г/моль відповідно. Отримані експериментальні дані свідчать про наявність в розчині високомолекулярних сполук, головним чином розчинних білків. Очевидно, це обумовлено тим, що молекули цих речовин, які входять до складу плазми річкового карася, сильно зв'язані між собою і тому в результаті багаторазового заморожування та центрифугування повністю не видаляються.

**Висновки.** У ході проведених досліджень за допомогою низькотемпературного калориметру та статистичної обробки даних встановлені діапазони кристалізації та кількість вимороженої вологи досліджуваних зразків рибної плазми. Встановлено, що незначний вміст розчинених речовин спричиняє зміщення температур кристалізації у бік більш низьких температур. За допомогою другого закону Рауля розраховані молярні частки розчинених речовин. Отримані дані можна використовувати як сигнатуру (якісний показник) під час проведення експертизи заморожених рибних товарів, а також у якості методів експрес-аналізу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Данилов М.М. Товароведение рыбы и рыбных товаров. - М.: Экономика, 1975. - 254 с.
2. Пат. 13953 Україна, МПК А/23 L 1/00. Пристрій для визначення кількості вільної та зв'язаної вологи при температурах, близьких до температури рідкого азоту / Одарченко А. М., Одарченко Д. М.,

- Погожих М. И. - № 200511091 ; заявл. 23.11.2005 ; опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4.
3. Физическая химия : в 2 кн. / под ред. К.С. Краснова. – 3-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2001. - 512 с.
  4. Физическая химия : 2 кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика : учеб. для вузов/ К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев [и др.]. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1995. - 512 с.
  5. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. - М.: Высшая школа, 1999. - 527 с.
  6. Основы физической химии. Теория и задачи : учеб. пособие для вузов / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская [и др.]. - М.: Издательство «Экзамен», 2005. - 480 с. - (Серия «Классический университетский учебник»)

ДАРЧЕНКО Дмитро Миколайович – канд. техн. наук, доцент кафедри товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки Харківського державного університету харчування та торгівлі.

Наукові інтереси:

- заморожування харчових продуктів та сировини;
- фізичні явища та процеси, що відбуваються у харчових продуктах