
ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664.97

В.Д. Богданов, А.А. Симдянкин, А.В. Назаренко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В ТКАНЯХ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ НА ИХ КРИОСКОПИЧЕСКУЮ ТЕМПЕРАТУРУ И СКОРОСТЬ ЗАМОРАЖИВАНИЯ

В ходе исследований выведены математические уравнения зависимости криоскопической температуры от содержания воды в исследуемых образцах и скорости замораживания от времени, которые могут быть использованы для расчетов процессов криообработки водного сырья и технологического оборудования, необходимого для его осуществления.

Ключевые слова: *молоки, кальмар, осьминог, кукумария, криообработка, кривые замораживания, криоскопическая температура.*

V.D. Bogdanov, A.A. Simdiankin, A.V. Nazarenko

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF WATER CONTENT IN TISSUES OF FISHING HYDROBIONTS ON THEIR CRYOSCOPIC TEMPERATURE AND FREEZING RATE

In the course of the research, mathematical equations were derived for the dependence of the cryoscopic temperature on the water content in the samples under study and the freezing rate on time, which can be used to calculate cryoprocessing processes for water raw materials and technological equipment necessary for its implementation.

Key words: *milt, squid, octopus, cucumaria, cryoprocessing, freezing curves, cryoscopic temperature.*

Введение

В настоящее время широкое распространение получило производство криопорошков, содержащих ценные биологически активные вещества, благодаря которым они могут выступать в качестве биокорректоров – добавок, используемых для обогащения пищи [1, 2, 3, 4]. Сырьем для производства такой продукции может быть шкура осьминога, богатая каротиноидами, коллагеном, таурином, селеном, а также молоки сельди тихоокеанской, которые содержат нуклеопротеиды, включающие биологически активные вещества (дизоксирибонуклеиновую и рибонуклеиновую кислоты), полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе семейства $\omega 3$ и $\omega 6$. К недостаточно используемым сырьевым источникам можно отнести тихоокеанский кальмар и кукумарию японскую, в состав которых входят полноценные белки, гексозамины, хондроитинсульфат, тритерпеновые гликозиды, проявляющие биологическую активность [5, 6, 7, 8, 9].

Рациональным способом переработки такого высокоценного сырья является криотехнология, позволяющая в максимальной степени сохранить природные свойства и, прежде всего, биологическую активность его компонентов [10, 11, 12].

В процессе низкотемпературной обработки сырья имеет место фазовый переход воды из жидкого состояния в твердое, который начинается при определенной для каждого объекта криоскопической температуре и развивается во времени. Именно этот процесс льдообразо-

вания в тканях обрабатываемого холодом объекта обеспечивает глубину криоконсервирования сырья, его качественные показатели и хранимоспособность при низких температурах.

Криоскопическая температура для различных видов рыб колеблется в пределах $-0,5 \dots -2,3$ °С и зависит, прежде всего, от среды их обитания и химического состава. У рыб, живущих в более соленой воде, криоскопическая температура ниже, чем у рыб, обитающих в менее соленой или пресной воде. При этом следует отметить недостаточность данных по исследованию криоскопических температур нерыбных промысловых объектов [13]. Знание криоскопических температур важно при обосновании конечных температур в технологии подмораживания водных биоресурсов, а также осуществлении расчетов процесса их низкотемпературной обработки.

Другим важным показателем, характеризующим эффективность криообработки сырья, является скорость его замораживания.

Целью работы являлось исследование влияния содержания воды в тканях исследуемого сырья на криоскопическую температуру и скорость замораживания тканей гидробионтов.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись кожа осьминога гигантского (*Octopus dofleini*), мантия кальмара тихоокеанского (*Todarodes pacificus*), молоки сельди тихоокеанской (*Clupea pallasii*), мышечная ткань кукумарии японской (*Cucumaria japonica*).

Количество воды, содержащейся в исследуемых образцах как основного фактора процесса замораживания, определяли стандартным методом по ГОСТ 7636-85 [14].

Сырье замораживалось воздушным способом в морозильной камере, оборудованной холодильной установкой АМЕ-L-3x2EC2 на базе трех полугерметичных поршневых компрессоров 2EC-22-40С фирмы Bitzer. Температура подаваемого в камеру воздуха составляла -30 °С, скорость циркуляции – $3,5$ м/с.

Определение криоскопических температур осуществлялось методом термического анализа, основанного на построении и изучении термограмм замораживания (кривых время–температура) исследуемых образцов [15]. Значение температуры изотермического участка термограммы соответствует численному выражению криоскопической температуры исследуемого объекта. Измерение температуры осуществлялось с помощью датчиков WT-1, WT-5 с диапазоном $-70 \dots 300$ °С с точностью измерения $\pm 0,1$ °С.

Для статистической обработки экспериментальных данных и построения графиков с выводом формул использовали стандартный пакет программ MicrosoftOffice 2007, Curve-Expert 1.4 и Graph 4.4.2.

Результаты исследования и их обсуждение

Определение количества воды в исследуемых образцах показало ее содержание (% к массе сырья): в мантии кальмара тихоокеанского – $74,6$; шкуре осьминога – $75,5$; молоках сельди тихоокеанской – $77,4$; кукумарии японской – $88,9$. Из приведенных данных видно, что только в шкуре осьминога содержание воды несколько ниже по сравнению с литературными данными (около 85 %) [6], что объясняется технологическим воздействием на сырье при его обесшкуривании.

Температурные кривые процесса замораживания сырья (рис. 1) имеют известную классическую зависимость. Они состоят из явно выраженных трех участков: первый – период быстрого охлаждения до начальной криоскопической; второй – достаточно продолжительная по времени изотермическая площадка; третий – период относительно быстрого снижения температуры исследуемых объектов, что свидетельствует об охлаждении замороженного сырья до температуры -20 °С, приближающейся к температуре охлаждающей среды.

На криоскопическую температуру влияет химический состав исследуемых образцов, в частности, содержание воды, липидов, жиров. В данном исследовании рассмотрим влияние содержания воды.

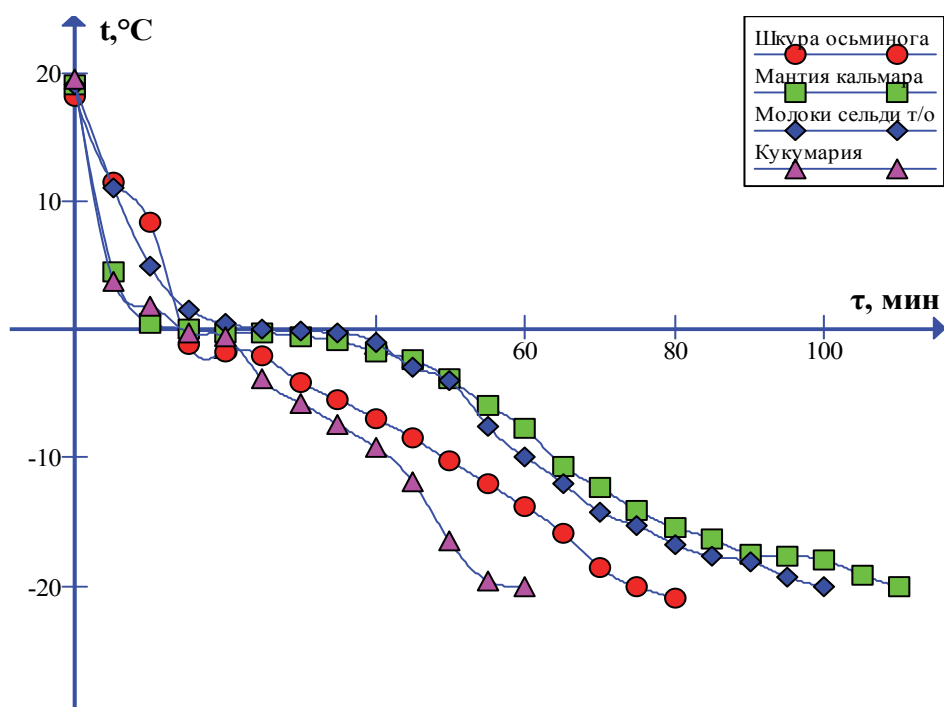


Рис. 1. Термограммы замораживания тканей промысловых гидробионтов
 Fig. 1. Thermograms of freezing of tissues of commercial hydrobionts

Определение криоскопической температуры показало следующие значения для исследуемого сырья: $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – в мантии кальмара тихоокеанского; $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ – шкуре осьминога; $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ – молоках сельди тихоокеанской; $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ – кукумарии японской. Построим график зависимости криоскопической температуры от содержания воды в тканях исследуемых образцов (рис. 2).

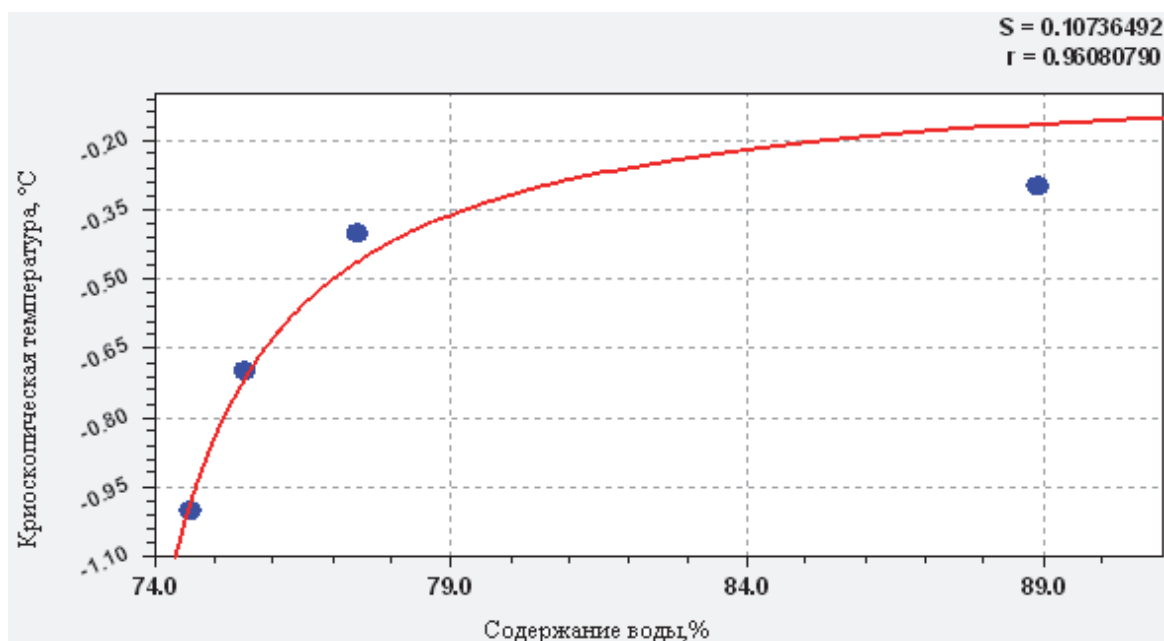


Рис. 2. Зависимость криоскопической температуры от содержания воды в тканях промысловых гидробионтов
 Fig. 2. Dependence of the cryoscopic temperature on the water content in the tissues of commercial hydrobionts

На графике (см. рис. 2) прослеживается зависимость криоскопической температуры исследуемых объектов от содержания в них воды: чем больше воды, тем выше их криоскопическая температура. Установленная нами взаимосвязь криоскопической температуры замораживаемых тканей гидробионтов от содержания в них воды отмечалась уже в ряде исследований и согласуется с опубликованными данными [16, 17].

Используя программу CurveExpert 1.4, определим зависимости криоскопической температуры от содержания воды в сырье:

$$t = \frac{-0,031W}{-72,26 + W},$$

где t – криоскопическая температура, °C; W – содержание воды, %.

Использование данного уравнения дает возможность рассчитать криоскопическую температуру сырья при известном влагосодержании.

Определение скорости замораживания.

Разобьем кривые на рис. 1 на три участка в соответствии с выделяемыми периодами. Для мантии кальмара и молок сельди выберем следующие временные интервалы: от 0 до 10 мин, 10–65 мин и 65–110 мин, для шкуры осьминога первый временной интервал равен 0–15 мин, второй – 15–40 мин и третий – 40–75 мин, для кукумари выделит следующие интервалы: 0–10 мин, 10–40 мин, 40–50 мин. Используя программу CurveExpert 1.4, определим зависимости температуры от времени на каждом участке для каждого вида сырья.

Для шкуры осьминога:

$$\begin{aligned} [0;15]; t &= 19,5 - 2,35\tau; \\ [15;40]; t &= 17,752 - 1,384\tau + 0,02461\tau^2 - 0,0001775\tau^3; \\ [40;75]; t &= 145 - 4,7\tau + 0,038\tau^2; \end{aligned} \quad (1)$$

для кальмара:

$$\begin{aligned} [0;10]; t &= 19,7 - 4,06\tau; \\ [10;65]; t &= 9,85 - 1,03\tau + 0,03346\tau^2 - 0,0004802\tau^3; \\ [65;110]; t &= 129 - 10,8\tau + 0,049\tau^2; \end{aligned} \quad (2)$$

для молок сельди:

$$\begin{aligned} [0;10]; t &= 19,2 - 3,42\tau; \\ [10;65]; t &= 18,029 - 1,6017\tau + 0,0509\tau^2 - 0,0007361\tau^3; \\ [65;110]; t &= 110 - 9,9\tau + 0,042\tau^2; \end{aligned} \quad (3)$$

для кукумари:

$$\begin{aligned} [0;10]; t &= 19,5 - 3,16\tau; \\ [10;40]; t &= 22,578 - 3,05\tau + 0,011062\tau^2 - 0,00147\tau^3; \\ [40;50]; t &= 97 - 6,9\tau + 0,043\tau^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Как известно, первая производная функции выражает скорость протекания процесса, описанного зависимостью $y = f(t)$. Таким образом, продифференцировав уравнения (1), (2), (3) и (4), получим уравнения скорости замораживания.

Для шкуры осьминога:

$$\begin{aligned} & [0;15); v_t = - 2,35; \\ & [15;40); v_t = - 1,384 + 0,04522\tau - 0,0005325\tau^2; \\ & [40;75]; v_t = - 4,7 + 0,066\tau; \end{aligned} \quad (5)$$

для кальмара:

$$\begin{aligned} & [0;10); v_t = - 4,06; \\ & [10;65); v_t = - 1,03 + 0,06672\tau - 0,0014406\tau^2; \\ & [65;110]; v_t = - 10,8 + 0,098\tau; \end{aligned} \quad (6)$$

для молок сельди:

$$\begin{aligned} & [0;10); v_t = - 3,42; \\ & [10;65); v_t = - 1,6017 + 0,1018\tau - 0,0022083\tau^2; \\ & [65;110]; v_t = - 9,9 + 0,084\tau; \end{aligned} \quad (7)$$

для кукумарии:

$$\begin{aligned} & [0;10); v_t = - 3,16; \\ & [10;40); v_t = - 3,05 + 0,0221\tau - 0,00441\tau^2; \\ & [40;50]; v_t = - 6,9 + 0,086\tau. \end{aligned} \quad (8)$$

Формулы (5), (6), (7), (8) позволяют определить скорость замораживания тканей гидробионтов в определенных экспериментом условиях, в заданный промежуток времени. Используя данные формул (5–8), построим графики зависимостей (рис. 3).

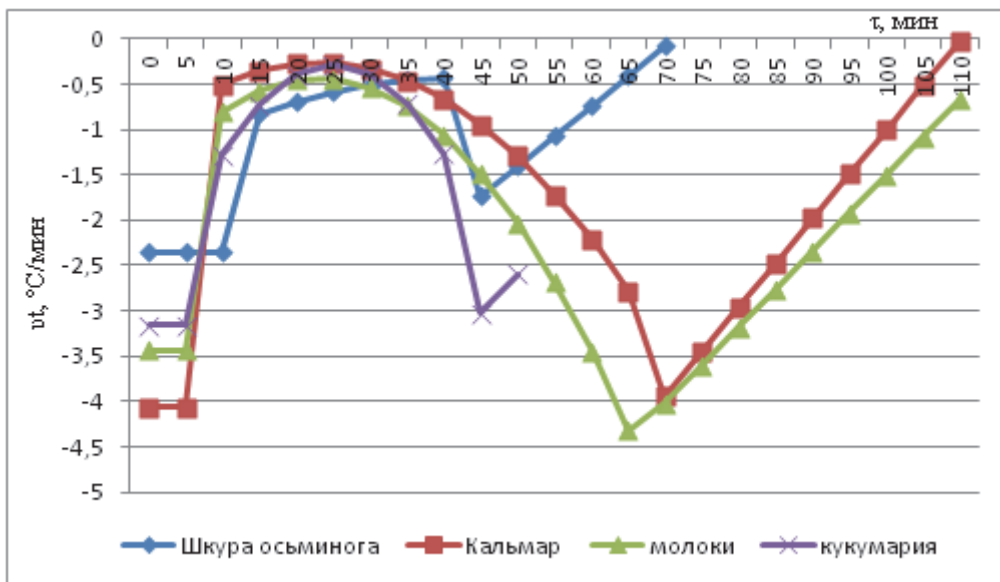


Рис. 3. Скорости изменения температуры тканей промысловых гидробионтов в процессе замораживания

Fig. 3. The rate of change of temperature of tissues of commercial hydrobionts in the process of freezing

Рассматривая графики на рис. 3, видим, что все значения скоростей отрицательные, в данном случае это говорит о снижении температуры в процессе замораживания. Также прослеживается идентичность кривых скорости замораживания всех четырех исследуемых объектов. При этом отмечается высокая скорость в начале, что соответствует быстрому охлаждению на первом этапе, затем имеет место снижение скорости замораживания в момент кристаллизации воды и в дальнейшем ее повышение в связи с ростом теплопроводности замороженного сырья. В конце процесса замораживания скорость снижается, так как температура объектов приближается к температуре охлаждающей среды.

Выводы

Таким образом, в ходе исследований выведены математические уравнения зависимости криоскопической температуры от содержания воды в исследуемых образцах и скорости замораживания от времени, которые могут быть использованы для расчетов процессов криообработки водного сырья и технологического оборудования, необходимого для его осуществления.

Список литературы

1. Рашевская Т.А. Растительные пищевые добавки для регулирования наноструктуры сливочного масла // Сыроделие и маслоделие. 2011. № 5. С. 49–51.
2. Гачак Ю.Р., Ваврисевич Я.С., Прокопюк Н.И. Разработка рецептур творожных масс с криопорошками «Морская капуста» и «Брокколи» и их технологические характеристики // Научный вестн. ЛНУВМБТ имени С.З. Гжицкого. 2016. № 18. С. 53–55.
3. Конюхов И.В., Чаушов В.И., Солдатов Д.П. Разработка таблеток гепатопротекторного действия с криоизмельченным растительным сырьем и силимарином // Научные ведомости. 2013. № 4. С. 240–245.
4. Sytova M.V., Harenko E.N., Dmitrieva E.A. (Gritsenko E.A.), Aitova E.N. Roe Sol of sturgeons – a unique raw material for use in cosmetic means // SOFW-Jornal. 2011. № 7. P. 26–36.
5. Млынар Е.В. Современное состояние и перспективы промысла тихоокеанского кальмара *Todaodespacificus* в северной части Японского моря // Вестн. СВДЦ ДВО РАН. 2009. № 1. С. 42–48.
6. Подкорытова А.В. Головоногие моллюски и их переработка // Рыб. хоз-во. 2006. № 3. С. 54–55.
7. Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Карлина А.Е. Обоснование технологии сушеной продукции из промысловых кукумарий дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 155. С. 334–346.
8. Михеев Е.В., Ковалев Н.Н. Способ комплексной переработки ганглиев головоногих моллюсков с получением фермента холинэстеразы и БАД «Тиростин» // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 362–367.
9. Тринько Л.В. Использование кожи осьминога в технологии консервированных продуктов // Техника и технология пищевых продуктов. 2011. № 4. С. 59–62.
10. Надыкта В.Д., Щербакова Е.В., Ольховатов Е.А. Технология порошкообразных пищевых добавок // Науч. журн. Куб ГАУ. 2017. №131 (07). С 659–671.
11. Джаруллаев Д.С., Рамазанов А.М., Яралиева З.А., Сязин И.Е. Совершенствование технологической линии производства плодоовощных порошков // Изв. вузов. Пищ. технология. 2012. № 4. С. 64–66.
12. Христюк А.В., Связин И.А., Мякинникова Е.И. Технология плодовых и овощных криопорошков // Современные проблемы качества и безопасности продуктов питания в све-

те требования технического регламента Таможенного союза: материалы Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. 26 марта 2014. Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2014. С. 78–81.

13. Rahman M.S., Driscoll R.H. Freezing points of selected seafoods (invertebrates) // International Journal of Food Science & Technology. 1994. № 1. С. 51–61.

14. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М., 2014.

15. Короткий И.А., Короткая Е.В. Криоскопические температуры сибирских ягод // Изв. вузов. Пищ. технология. 2008. № 1. С. 66–68.

16. Нугманов А.Х., Максименко Ю.А., Алексанян А.И., Алексанян О.А. Исследование физико-химических свойств рыбных фаршей, сухих растительных премиксов и их смесей // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. 2018. № 2. С. 135–148.

17. Овсянников В.Ю., Кондратьева Я.И., Бостынец Н.И. Исследование криоскопических температур и вымораживания влаги из плодовых соков // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. № 4. С. 34–40.

Сведения об авторах: Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru;

Симдянкин Андрей Андреевич, старший преподаватель, e-mail: And-sim@mail.ru;

Назаренко Антон Валерьевич, старший преподаватель, e-mail: NazAnton@yandex.ru.