



Способ сохранения объектов аквакультуры при субкриоскопических температурах

Докладчик:

**главный научный сотрудник ФГБНУ
«ВНИРО», д.т.н., доцент**

Харенко Елена Николаевна

Москва, 2023 г.

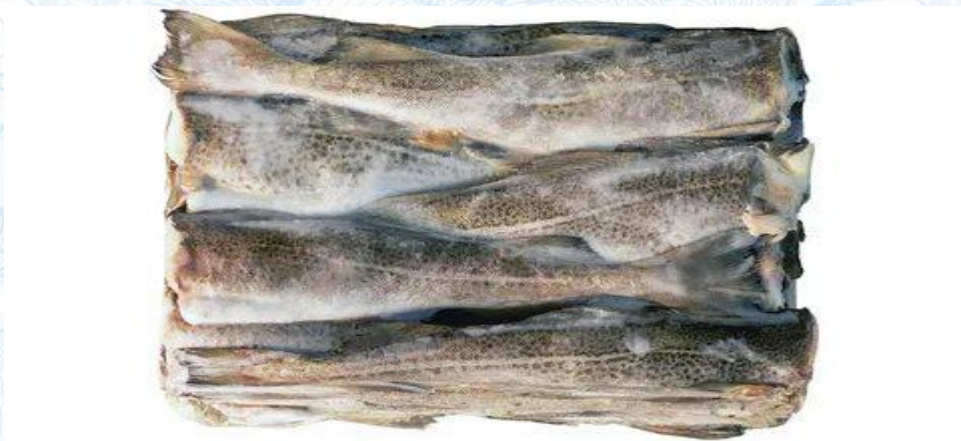


Человек научился солить рыбу в V веке до н.э., коптить – более 1000 лет назад. Холодильные технологии достаточно молоды, и начали применяться в конце 19 века, что послужило развитию технологий переработки рыбы, ее сохранению.

В России искусственный холод впервые был применён в 1888 г. на рыбных промыслах в Астрахани, и в том же году на Волге начала эксплуатироваться рефрижераторная баржа с воздушной холодильной машиной, положившая начало развитию отечественного рефрижераторного водного транспорта.

Холодильные технологии

Замораживание



Охлаждение



ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»



Подмороженная пищевая рыбная продукция - рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие и другие водные животные, а также водоросли и другие водные растения, подвергнутые процессу замораживания до температуры на 1°C или 2°C ниже температуры замерзания тканевого сока внутри них.

Гл. VIII , п. 57 в) Подмороженная пищевая рыбная продукция должна храниться при температуре от минус 3°C до минус 5°C.

Холодильные технологии



Подмораживание – технология консервирования пищевой продукции, которая замедляет процессы, приводящие к ее порче, в том числе скорость развития микроорганизмов. Особенностью данной технологии (в отличие от охлаждения) является применение субкриоскопической температуры, обеспечивающей частичное образование кристаллов льда в продукции. Получаемая продукция сопоставима по качеству с охлажденной, но имеет более длительные сроки годности.

В настоящее время технологии производства и хранения продукции с применением криоскопических температур внедрены в технологически развитых странах и применяются на **сырье растительного происхождения**:

Cui, K. et al. *Near freezing temperature storage alleviates cell wall polysaccharide degradation and softening of apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit after simulated transport vibration* //Scientia Horticulturae. – 2021. – Т. 288. – С. 110296.; Li Y. et al. *Near-freezing temperature storage improves shelf-life and suppresses chilling injury in postharvest apricot fruit (*Prunus armeniaca* L.) by regulating cell wall metabolism* //Food Chemistry. – 2022. – Т. 387. – С. 132921.;

В мясной отрасли ведутся исследования по совершенствованию технологии **подмораживания мяса** (КРС, мясо птицы): Гущин В.В., Маковеев И.И. *Инновационная технология охлаждения и хранения субпродуктов птицы при субкриоскопической температуре* .Птица и птицепродукты. 2022. № 5. С. 38-42.; Дибирасулаев М.А., Гущин В.В. и др. *К разработке научно обоснованных режимов хранения мяса птицы и птицепродуктов при субкриоскопических температурах*. Птица и птицепродукты. – 2022. – № 2. С. 59-62.

Dibirasulaev M. A. и др. *Experimental substantiation of the storage temperature regime ensuring the stable supercooled state of meat and meat products* // IOP Conference. – IOP Publishing, 2021. – Т. 640. – №. 3. – С. 032050.; Дибирасулаев М.А. и др. *Влияние субкриоскопической температуры хранения на качество и безопасность бескостных полуфабрикатов из свинины* . Мясная индустрия . – 2022. – № 7. С. 40-44.

В **рыбной отрасли** данная технология практически не применяется. Существуют два устаревших документа: ТУ 15-264-93 «Тунцы охлажденные и подмороженные для промпереработки», ТУ 9261-003-00038155-2002 «Лещ и карп подмороженные». Технологическая инструкция и ГОСТ не разработаны.

Подмораживание



Цель НИР: обоснование технологии подмораживания пищевой рыбной продукции, на основе ее криоскопической температуры, с применением режимов, обеспечивающих частичное образование кристаллов льда в продукции, для сохранения качества и безопасности.

Криоскопическая температура пищевого продукта: Температура начала льдообразования в пищевом продукте (ГОСТ Р 55516-2013 « Технологии пищевой продукции холодильные. Термины и определения».

Субкриоскопическая температура пищевого продукта: Диапазон температур ниже 1-2°C криоскопической температуры подмораживаемого продукта, обеспечивающий частичное вымораживание влаги и наличие кристаллов льда в нем. [Маслова Г. В. Особенности технологии производства подмороженной рыбы //Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. – 2010. – №. 4. – С. 24-27.], [Дибирасулаев М. А. и др. Влияние субкриоскопической температуры хранения на количество вымороженной воды в NOR и DFD говядине //Теория и практика переработки мяса. – 2016. – Т. 1. – №. 2. – С. 18-25].

Технология подмораживания пищевой рыбной продукции позволит обеспечить:

- ✓ Замедление физико-химических и микробиологических процессов вызывающих порчу продукции.
- ✓ Сохранение органолептических свойств.
- ✓ Сохранение пищевой ценности продукции.
- ✓ Увеличение срока хранения в 1,5-4 раза по сравнению с охлаждением.
- ✓ Расширение ассортимента пищевой рыбной продукции.
- ✓ Исключение энергозатрат, связанных с замораживанием и длительным поддержанием низких температур хранения.



Графическая визуализация процесса замораживания

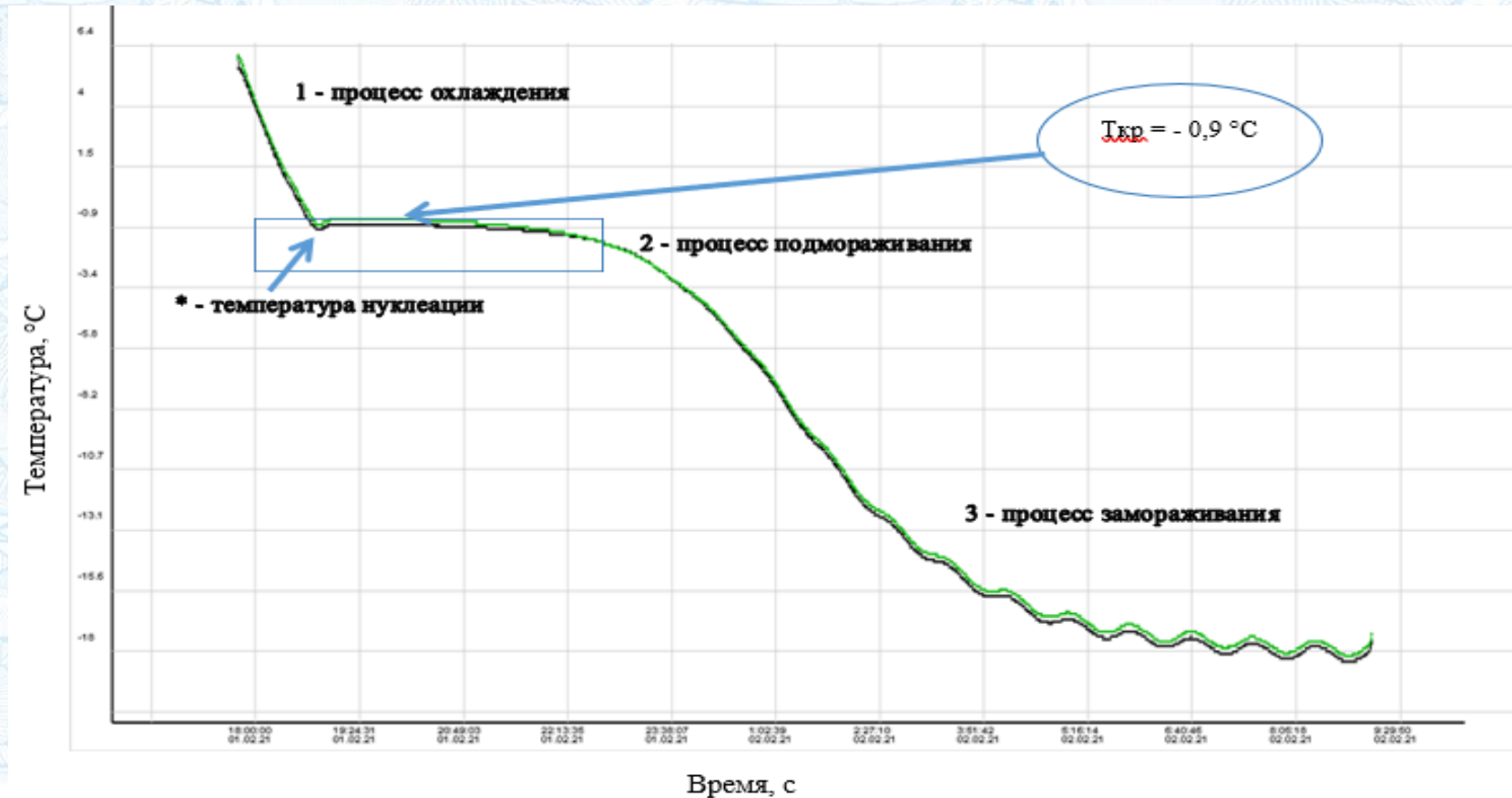


Рисунок 1 – Изменение температуры модельного образца в процессе замораживания

1 - процесс охлаждения

2 - процесс подмораживания

3 - процесс замораживания

* температура нуклеации (температура начала образования кристаллов льда)

Подмораживание объектов аквакультуры

Учитывая увеличивающиеся объемы аквакультуры, в 2022 г. товарной рыбы выращено почти 300 тыс. тонн, отсутствие перерабатывающих мощностей в местах разведения рыбы, необходимости сохранения ценного сырья, а также продолжительной логистики доставки сырья до мест переработки, технология подмораживания является актуальной.

Региональное потребление



Экспорт



Федеральное потребление



Методика проведения эксперимента

- Криоскопическую температуру в рыбе определяли термографическим методом, описанным М.А. Дибирасулаевым по С. Джеймсу [Дибирасулаев М.А. К разработке научно обоснованных режимов холодильного хранения мяса различных качественных групп при субкриоскопических температурах / М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, Л.О. Архипов, Д.М. Дибирасулаев, А.Г. Донецких // Птица и птицепродукты. – 2017. – № 1. – С. 29-32].
- Измерение и запись температур выполняли при помощи измерителей температуры (ИС-203.2, ООО «ТЕХНО-АС», ЛТА/2-Н-Н, ООО «ТЕРМЕКС», Россия).
- Хранение осуществляли в специализированной камере с возможностью поддержания заданных температурных режимов (LLF-404 SR-Н, «Daihan», LabTech) до момента наступления порчи продукции. Образцы на время хранения были дополнительно помещены в пластиковые контейнеры с крышкой для снижения диапазона отклонения температур хранения.

Криоскопические температуры

- Карп (*Cyprinus carpio*) - минус $0,61 \pm 0,03^{\circ}\text{C}$
- Карась (*Carassius gibelio*) – *минус* $0,41 \pm 0,04$
- Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*) - *минус* $1,3 \pm 0,06^{\circ}\text{C}$
- Белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*) – *минус* $0,90 \pm 0,02^{\circ}\text{C}$,

Таким образом, криоскопические температуры в четырех объектах аквакультуры отличаются **более чем в 3 раза**.



Технологическая схема процесса подмороживания



Продолжительность хранения подмороженного карпа различных видов разделки



Образцы карпа до наступления посмертного окоченения разделяли на две группы:

- контрольная группа в охлажденном виде ($2,5 \pm 0,3$ °С),
- опытная – в подмороженном (минус $1,2 \pm 0,1$ °С, хранение при субкриоскопическом температурном режиме, обеспечивающем образование кристаллов льда в продукте до 40%.

При хранении осуществляли контроль температур охлаждающей среды и объектов исследования. Продолжительность хранения определяли по следующим показателям: азот летучих оснований, активная кислотность (рН), потери массы, количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов и проводили органолептическую оценку образцов.

Глубокая разделка и упаковка под вакуумом оказывают синергетический эффект, что способствует сохранению качества и увеличению продолжительности хранения подмороженной рыбы.

ГОСТ 814 «Рыба охлажденная» - 10-12 сут.

Продолжительность хранения подмороженных образцов карпа

Филе карпа вакуумупакованное (подмороженное) Vacuum-packed carp fillet (partially frozen)

42,0

Филе карпа (подмороженное) Carp fillet (partially frozen)

28,0

Карп потрошенный обезглавленный (подмороженный) Guttled headless carp (partially frozen)

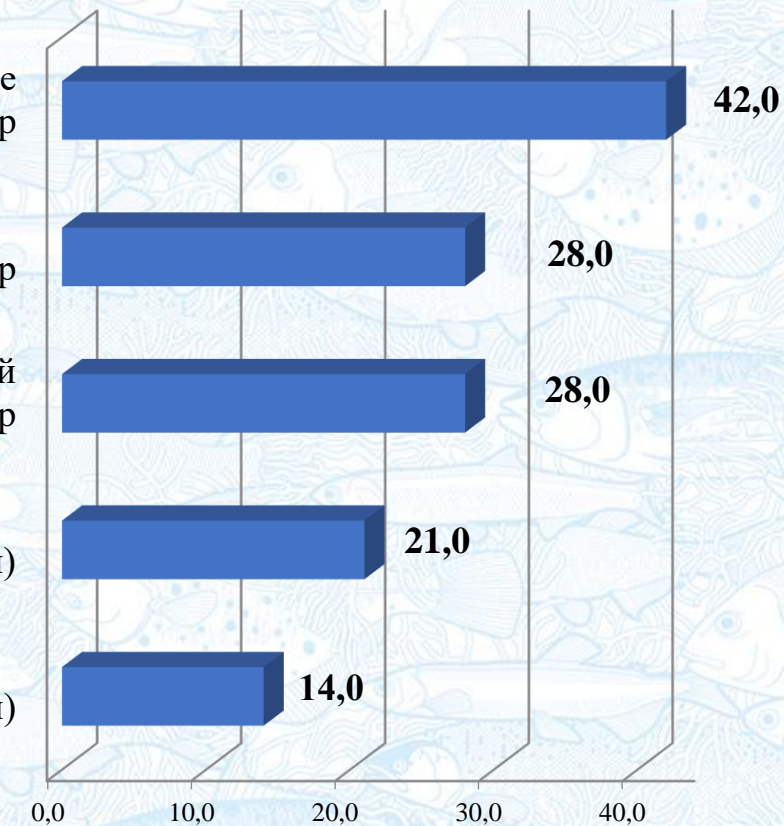
28,0

Карп потрошенный (подмороженный) Guttled carp (partially frozen)

21,0

Карп неразделанный (подмороженный) Carp uncut (partially frozen)

14,0



Продолжительность хранения, суток
Storage duration, day.

Сравнительный анализ показателей качества подмороженного и охлажденного филе радужной форели

Объектом исследования служила радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*), (аквакультура), массой $0,716 \pm 0,09$ кг, ($n=10$). Форель сырец до наступления стадии посмертного окоченения разделявали на филе с кожей, упаковывали под вакуумом в полимерные пакеты. Формировали две группы: контрольную (хранили при температуре $2,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$) и опытную (хранили при температуре минус $2,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$). Хранение осуществляли в камере хранения (LLF-404 SR-H, «Daihan», LabTech) .

Продолжительность хранения, сутки	Исходное значение	7	14	21	43
Содержание АЛО в исследуемых образцах при хранении (мг/100 г)					
Охлажденные образцы	$30,0 \pm 0,5$	$31,0 \pm 0,6$	$37,0 \pm 0,7$	-	-
Подмороженные образцы	$30,0 \pm 0,5$	$30,0 \pm 0,5$	$30,7 \pm 0,6$	$30,7 \pm 0,6$	$30,7 \pm 0,6$
КМАФАнМ в исследуемых образцах при хранении, КОЕ/г					
Охлажденные образцы	$3,7 \times 10^3$	$7,5 \times 10^4$	$>1,0 \times 10^5$	-	-
Подмороженные образцы	$3,7 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$	$4,3 \times 10^3$	$2,1 \times 10^3$



Выводы

- Инновационная технология подмораживания рыбного сырья востребована в отрасли при изъятии объектов аквакультуры для сохранения качества и безопасности при хранении и транспортировании.
- В целях реализации данной технологии необходимо установить криоскопические температуры объектов аквакультуры, разработать Технологическую инструкцию и документ по стандартизации.
- Необходимо определить криоскопические температуры рыбного сырья и внести изменения в ТР 040/2016 в части условий хранения подмороженной пищевой рыбной продукции.
- Экспериментально установлено, что подмораживание способствует сохранению качества и увеличению продолжительности хранения продукции, по сравнению с охлаждением, а применение различных видов разделки оказывает синергетический эффект.



Приглашаем к сотрудничеству!

Харенко Елена Николаевна

*главный научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н.,
доцент*

Тел. 8 (499) 264-83-38 доб.38-38

harenko@vniro.ru