

Раздел 2. ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 664.951.037.5

Исследование качества рыбы, замороженной жидким азотом методом дозирования

Г. Г. МАЖИРИНА

Калининградский государственный технический университет

The title is spoken about biochemical and mechanical-chemicals characteristics of frozen fish muscular tissue, which is reflect the quality of fish. The fish was frozen by using method of dosed liquid nitrogen and fish frozen by the same method with using during period of storage modified gas-medium. As the object of investigation was used the pike perch and bream. As a result was forecast periods of storage of fish, frozen by using method of dosed liquid nitrogen and fish frozen by the same method with using during period of storage modified gas-medium. The results of investigation are reflecting the positive influence of freezing rate on quality of frozen fish.

Увеличение сроков хранения продуктов, а также улучшение их качества в процессе хранения является в настоящее время одной из важнейших задач пищевой технологии. Азотное замораживание представляется приоритетным направлением получения экологически безопасных продуктов питания с длительным сроком годности.

Замораживание азотом обеспечивает высокие скорости процесса, а в совокупности с последующим низкотемпературным хранением представляет собой наиболее эффективный метод консервирования пищевых продуктов.

Жидкий азот способен практически мгновенно замораживать продукты питания, хранить которые в замороженном виде можно долго и без потерь. Сохраняются отличный товарный вид и вкусовые качества свежего продукта: резко уменьшается усушка. Инертный азот предотвращает процессы окисления, гниения и порчи продуктов.

Оборудование для заморозки, хранения и перевозки продуктов в азотной среде быстроокупаемо. Площадь азотных установок при равной производительности в 6 – 8 раз меньше площади традиционных. Простота конструкции обеспечивает высокую надежность эксплуатации, немногочисленность обслуживающего персонала. Замораживание позволяет достичь максимального сохранения качества, биологической ценности продуктов при длительном хранении, расширить ассортимент, создать запасы продуктов, снизить сезонность потребления плодов, ягод и овощей.

Поэтому вполне целесообразным представляется разработка различных модификаций уже известных способов замораживания с применением азота, их апробация и дальнейшее внедрение в промышленность.

В связи с этим целью настоящей работы является исследование физико-химических характеристик мышечной ткани рыбы, замороженной методом дозирования жидкого азота и хранящейся в

дальнейшем в модифицированной газовой среде (МГС).

Дозирование жидкого азота проводилось непосредственно на технологических операциях мойки и замораживания рыбы. В качестве объектов исследования были выбраны лещ и судак. Замораживали рыбу в морозильной камере (контрольная партия) и жидким азотом в специальных емкостях до средней температуры поверхности -18°C . Жидкий азот был получен при помощи установки ЗИФ-1002, имеющейся в лаборатории криогенной технологии гидробионтов КГТУ.

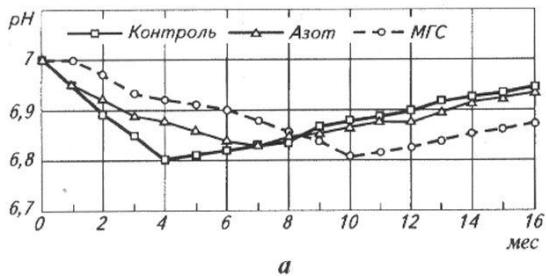
Исследования проводили по трем направлениям:

- замораживание и хранение сырья в морозильной камере ($t = -18^{\circ}\text{C}$) без использования азота (контроль);
- замораживание с использованием метода дозирования жидкого азота (применялся на всех технологических операциях);
- замораживание с использованием метода дозирования жидкого азота и дальнейшее хранение замороженной рыбы в МГС (90 – 95 % азота).

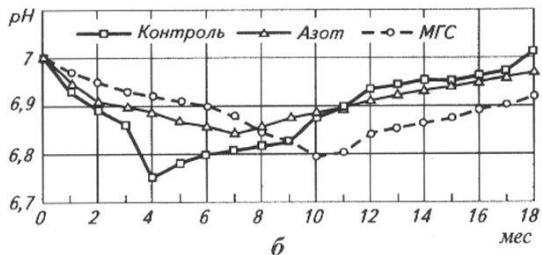
Замороженную рыбу упаковывали в полиэтиленовые пакеты и хранили в холодильнике при температуре -18°C . Срок хранения замороженной рыбы ограничивался появлением признаков явной порчи.

В процессе хранения оценивали изменение следующих параметров: содержание легкогидролизуемого фосфора (ЛГФ), влагоотдача, pH, содержание солерастворимых белков в мышечной ткани мороженой рыбы.

На начальной стадии постмортальных изменений мышечной ткани рыбы интенсивно протекает гидролиз гликогена, что приводит к накоплению в мышцах молочной кислоты и, как следствие, понижению pH. Это, в свою очередь, активизирует деятельность ферментов, гидролизующих фосфаты, – происходит распад АТФ на аденоzinийфосфат и фосфорную кислоту. Распад АТФ способствует со-



а



б

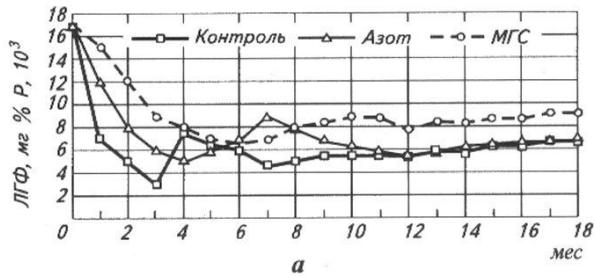
Рис. 1. Изменение активной кислотности мышечной ткани судака (а) и карпа (б) в процессе холодильного хранения

единению диссоциированных молекул актина и миозина в плохо растворимый актомиозиновый комплекс. Его образование сопровождается изменением коллоидного состояния белков, сокращением миофибрилл и, как следствие, напряжением мышц — наступает посмертное окоченение.

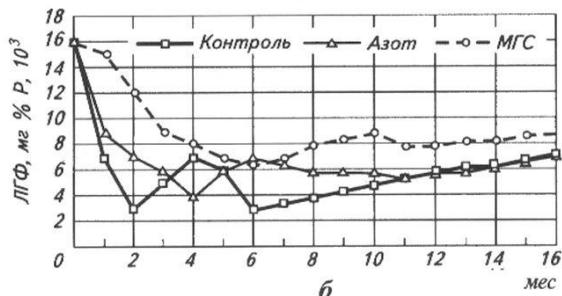
Изменение активной кислотности вследствие протекания процессов фосфоролиза гликогена в мышечной ткани также связано с прохождением различных стадий посмертного окоченения и, следовательно, может служить одним из факторов, характеризующим качественное состояние рыбы. Из рис. 1 видно, что наиболее интенсивно постмортальные изменения протекали у рыбы контрольной партии. Здесь значение рН достигает своего минимума уже на 4-й месяц холодаильного хранения. У рыбы, замороженной жидким азотом, минимум рН приходится на 7-й месяц. И лишь на 10-й месяц наступает посмертное окоченение рыбы, замороженной жидким азотом и хранящейся в МГС.

В результате ферментативного воздействия в первые месяцы хранения рыбы происходит распад до 80–90% АТФ. Его скорость зависит от вида рыбы, состояния перед асфиксиею, активности тканевых ферментов, химического состава и температуры хранения.

Большое влияние на скорость биохимических и биофизических процессов в тканях сырья оказывает скорость замораживания. Расщепление АТФ в замороженной рыбе существенно замедляется при использовании быстрого замораживания. Содержание ЛГФ (рис. 2) достигает минимума у рыбы контрольной партии через 2 мес, у рыбы, замороженной методом дозирования жидкого азота, — через 4 мес, и у рыбы, замороженной методом дозирова-



а



б

Рис. 2. Содержание легкогидролизуемого фосфора (ЛГФ) в мышцах мороженых судака (а) и леща (б)

ния с последующим хранением в МГС, — лишь через 6 мес хранения. Минимум ЛГФ свидетельствует о прохождении рыбой стадии посмертного окоченения.

Одним из важнейших компонентов мяса рыбы, определяющим ее пищевую ценность, являются белки. Наиболее существенные биохимические изменения, значительно влияющие на качество рыбы при замораживании и хранении, проявляются во взаимодействии миофибриллярных белков — актина, миозина и актомиозина, преобладающих в мышечной ткани.

Расторимость белков в нативном состоянии (сразу после вылова) максимальна, так как в этот период на поверхности их молекул находится наибольшее количество гидрофильных групп и присутствующая в мышцах АТФ оказывает диссоциирующее действие на актомиозиновый комплекс.

По мере распада АТФ и перехода мышц в стадию окоченения растворимость белков снижается и достигает минимума при полном окоченении. С наступлением разрешения окоченения этот показатель вновь увеличивается, но редко достигает значений экстрагируемости белков свежей рыбы. Снижение растворимости белков в конце холодаильного хранения мороженой рыбы можно объяснить взаимодействием протеинов с жирными кислотами и продуктами их окисления, приводящим к необратимой денатурации белков.

Из приведенных на рис. 3 данных видно, что применение жидкого азота позволяет в значительной степени замедлить процесс снижения растворимости белков и скорость постмортальных изменений. Минимум содержания солерастворимых белков у

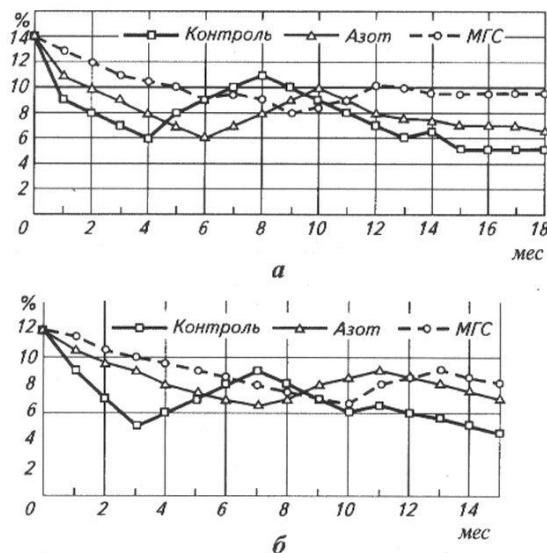


Рис. 3. Изменение содержания солерастворимых белков в мышечной ткани мороженого судака (а) и леща (б)

рыбы контрольной партии наступает через 4 мес, у партии, замороженной методом дозирования жидкого азота, — через 7 мес, а у партии, замороженной методом дозирования с последующим хранением в МГС, — лишь через 10 мес хранения. Затем наблюдаются некоторое увеличение растворимости и дальнейшее снижение этого параметра.

Для характеристики коллоидного состояния белков чаще всего используется показатель влагоотдачи. Изменение этого свойства мышечной ткани рыбы может служить одним из важнейших факторов, устанавливающих продолжительность хранения после холодильной обработки исследуемых объектов.

Изменение влагоотдачи является физико-химическим и макроскопическим проявлением денатурации белка [10]. Чем выше нативные свойства белка, тем больше влаги он удерживает. С увеличением влагоотдачи возрастает жесткость мяса.

Пики постмортальных изменений выражены ярче, и процессы протекают быстрее при медленном замораживании воздухом (контрольная партия). У рыбы этой партии максимум влагоотдачи, а следовательно, и максимум посмертного окоченения [1, 6, 7] зафиксированы через 2 мес хранения (рис. 4). Минимум влагоотдачи, т.е. начало расслабления мышечной ткани леща и судака, отмечен через 4 мес хранения, а конец расслабления (максимум влагоотдачи) — через 6 мес хранения рыбы.

Медленнее протекают постмортальные изменения при замораживании рыбы жидким азотом методом дозирования. Максимум посмертного окоченения наблюдается через 4 мес хранения рыбы, начало расслабления — через 7 мес, а конец расслабления — лишь через 12 мес холодильного хранения мороженых судака и леща.

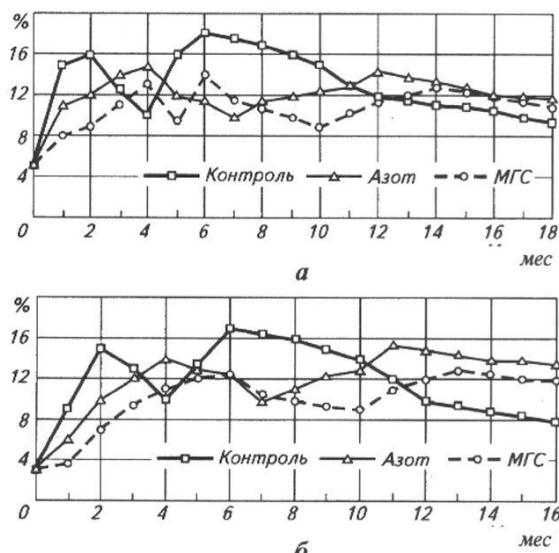


Рис. 4. Изменение влагоотдачи в процессе хранения замороженных судака (а) и леща (б)

Позднее всего посмертное окоченение и расслабление мышечной ткани наступает у рыбы, замороженной жидким азотом и хранящейся затем в МГС. Максимум посмертного окоченения у рыбы этой партии зафиксирован через 6 мес хранения, начало расслабления мышечной ткани судака и леща отмечено через 10 мес хранения, а конец расслабления мышечной ткани — через 14 мес у судака и 13 мес у леща.

Обобщая результаты экспериментов по замораживанию судака и леща, можно сказать, что с технологической точки зрения немедленное замораживание жидким азотом значительно замедляет процессы автолиза и накопления продуктов распада и, как следствие, увеличивает продолжительность хранения рыбы. При использовании для замораживания жидкого и газообразного азота постмортальные изменения в рыбе более растянуты во времени. Поэтому позднее происходит разрешение посмертного окоченения, что свидетельствует о высоком качестве продукта.

Проведенные исследования показали, что белки мышечной ткани рыбы, замороженной жидким и газообразным азотом, подвергаются денатурации и гидролизу в меньшей степени, чем белки мышечной ткани рыбы, замороженной в обычном морозильном аппарате. Мясо рыбы, замороженной методом дозирования жидкого азота с последующим хранением в модифицированной газовой среде, характеризуется более высоким уровнем водоудерживающей способности. При этом продолжительность холодильного хранения увеличивается в 1,9...2,2 раза по причине бескислородного проведения процесса замораживания из-за вытеснения воздуха азотом и подавления им же микрофлоры [6, 8, 9].

Таким образом, на основании проведенных исследований биохимических показателей установлено, что замораживание с использованием метода дозирования жидкого азота и дальнейшее хранение замороженной рыбы в модифицированной газовой среде (90 – 95 % азота) оказывает заметное влияние на растворимость белков, протекание процессов автолиза, влагоотдачи, накопления продуктов распада и, как следствие, на качество мороженой рыбы. В связи с этим срок хранения рыбы, замороженной методом дозирования жидкого азота, составил 13 мес в отличие от контрольной партии, срок хранения которой 7 мес. Срок хранения рыбы, замороженной методом дозирования и хранящейся далее в МГС, составил 16 мес.

Исходя из представленных результатов исследования, можно заметить, что применение для замораживания жидкого азота, а также использование газообразного азота при дальнейшем хранении являются достаточно перспективными способами удлинения сроков хранения мороженой рыбы и улучшения ее качества.

Список литературы

1. Быкова В.И., Белова З.И. Справочник по холодильной обработке рыбы. – М., 1986.
2. Выгодин В.А., Кладий А.Г., Колодязная В.С. Быстрозамороженные пищевые продукты растительного и животного происхождения (Производство в России и странах СНГ). – М.: Галактика ИГМ, 1995.
3. Ветер К.П., Выгодин В.А. Машинальные и безмашинные системы хладоснабжения для быстрого замораживания пищевых продуктов. – М.: Галактика ИГМ, 1999.
4. Венгер К.П., Пчелинцев С.А. Быстрое замораживание пищевых продуктов с использованием азотного туннельного скороморозильного аппарата // Консультант – Холод, 2003.
5. Головкин Н.А., Маслова Г.В., Скоморовская И.Р. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах. – М., 1987.
6. Головкин Н.А., Першина Л.И. Посмертные механохимические изменения и их роль при консервировании холодом // Труды НИКИМРП. – Л., 1961. Т.1. Вып. 2.
7. Применение азотных технологий в процессах охлаждения, замораживания, хранения и транспортировки скоропортящихся продуктов. Ч.1 и 2 / Б.Н. Семенов, Л.А. Акулов, Е.И. Борзенко и др. – Калининград, 1994.
8. Шаробайко В.И. Биохимия продуктов холодильного консервирования. – М., 1991.
9. <http://www.ledovo.ru/>