

Раздел 2. ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 664.951.037(06)

Физико-химические и микробиологические показатели качества рыбы, замороженной с помощью жидкого азота

О.Н. МАРКОВА, О.П. ЧЕРНЕГА

Калининградский государственный технический университет

The results of researches on effect of liquid nitrogen on the qualitative characteristics, microbiological changes on duration of storage of a frozen fish are adduced depending on conditions of bar of different batches.

Мороженое сырье в максимальной степени сохраняет свои натуральные свойства, биологически активные вещества и пищевую ценность, тем не менее срок хранения его ограничен.

Гибель микроорганизмов происходит как в процессе замораживания рыбы, так и при ее последующем холодильном хранении. Основными причинами гибели микроорганизмов при замораживании являются вымораживание клеточной воды, что приводит к повышению осмотического давления внутри микробной клетки, а также механическое разрушение клетки кристаллами льда при замораживании. Кроме того, микроорганизмы питаются галлофильным способом, а при замораживании воды этот процесс невозможен. Наибольшей устойчивостью к замораживанию обладают споры микроорганизмов [3]. Из неспоровых бактерий наибольшей устойчивостью отличаются грамположительные бактерии: фекальные стрептококки, микрококки и лактобактерии. Замораживание не разрушает уже образовавшиеся токсины *Clostridium botulinum* и *Stafilococcus aureus*. Повышению устойчивости способствует шаровидная форма клеток. Повторное замораживание также губительно влияет на микрофлору рыбы [3]. Выживаемость микроорганизмов зависит от скорости замораживания, причем микроорганизмы более чувствительны к быстрому замораживанию, чем к медленно. Кроме того, быстрое замораживание (в том числе с использованием жидкого азота) устраняет возможность приспособления микроорганизмов к низким температурам. Хранение мороженой рыбы сопровождается дальнейшим постепенным отмиранием микроорганизмов, но стерильность мышечной ткани не достигается никогда. Небольшая устойчивость рыбы

при хранении обусловлена тем, что возбудителем ее порчи являются гнилостные психрофилы с оптимальной температурой развития $-15 \dots -20^\circ\text{C}$, большинство из которых подвижны и быстро проникают в мышцы.

Были проведены исследования по замораживанию рыбы Балтийского региона, в частности леща, взятого непосредственно после вылова. В лаборатории криогенной технологии гидробионтов из мороженых образцов были выработаны следующие партии:

- контрольная (замораживание рыбы на воздухе до температуры -18°C и хранение ее в полимерных пакетах при -18°C);
- опытная (замораживание рыбы с помощью жидкого азота до -18°C и хранение в полимерных пакетах при температуре -18°C);
- опытная (предварительное охлаждение рыбы с помощью жидкого азота до температуры -1°C , последующее замораживание рыбы на воздухе до -18°C и хранение рыбы в полимерных пакетах при температуре -18°C).

Жидкий азот получали на установке ЗИФ-1002. Для характеристики качественного состояния исследуемого объекта в процессе хранения определяли следующие показатели:

- органолептическую оценку сырой и отварной рыбы – по четырем показателям: внешний вид, запах, консистенция, вкус [7];
- кислотное число – по методу Лазаревского в модификации Б.Н. Семенова применительно к получению липидной навески в пересчете на 100 г продукта [5];
- перекисное число – по методу Якубова в пересчете на 100 г продукта [6];

- влагоотдачу – методом центрифугирования в специальных центрифужных пробирках [2];
- содержание аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) – по количественному изменению легкогидролизуемого фосфора (ЛГФ) методом осаждения уксуснокислой ртутью [2];
- показатель рН с помощью иономера И-130 [2];
- микробиологические исследования по ГОСТ 10444.2 – 94 [8]. Идентификацию микроорганизмов проводили согласно [4].

В результате исследований получены данные о качественном состоянии рыбы в зависимости от продолжительности ее морозильного хранения. Уровень достоверной вероятности значений составил 89 %, т.е. в 89 % образцов разница достоверна.

Кислотное число свежей рыбы минимально и составляет для леща (согласно исследованиям) 4 мг КОН на 100 г продукта (рис. 1, а). При хранении замороженной рыбы кислотное число в контрольной партии резко возрастает уже на 2-й месяц и достигает максимума через 4 мес. После 4 мес морозильного хранения кислотное число снижается за счет образования перекисных соединений (рис. 1, б). Использование жидкого азота при замораживании рыбы замедляет процесс порчи жиров. Пик значений кислотного числа для рыбы, предварительно охлажденной с помощью жидкого азота, зафиксирован через 5 мес, а для рыбы, замороженной жидким азотом, – только через 6 мес хранения (см. рис. 1, а).

У свеживыловленной рыбы перекисное число равно нулю. После смерти рыбы в мышечной ткани начинаются постмортальные изменения, а следовательно, и гидролиз, и окисление жира. Увеличение перекисного числа свидетельствует об образовании перекисей в уже частично гидролизованном жире. Снижение перекис-

ного числа после прохождения пика говорит об образовании вторичных продуктов окисления. Время появления этих продуктов в тканях рыбы соответствует (рис. 1, б) предельному сроку хранения [1, 6]. У медленно замороженной рыбы контрольной партии максимум перекисного числа наблюдается через 5 мес морозильного хранения при температуре -18°C , при быстром замораживании рыбы жидким азотом скорость накопления перекисных соединений снижается, а также уменьшается их максимальное содержание. Пик значений перекисного числа для рыбы, предварительно охлажденной с помощью жидкого азота, зафиксирован через 6 мес, а при криогенном замораживании – через 7 мес хранения (см. рис. 1, б).

Мышечная ткань рыбы сразу после вылова имеет низкую влагоотдачу. Однако при хранении в тканях мороженой рыбы протекают постмортальные изменения. Значительное увеличение влагоотдачи мышечной ткани рыбы наблюдается при прохождении рыбой стадий посмертного окоченения из-за уплотнения мышечной ткани вследствие синерезиса актомиозина. При наступлении расслабления влагоотдача уменьшается, в конце расслабления мышечной ткани и при автолизе происходит гидролиз белковых веществ и влагоотдача снова начинает увеличиваться [1, 6]. Пики постмортальных изменений выражены ярче, и процессы протекают быстрее при медленном замораживании (контрольная партия). У рыбы этой партии максимум влагоотдачи, а следовательно, и максимум посмертного окоченения зафиксированы через 1,5 мес хранения (рис. 2, а). Минимум влагоотдачи, т.е. конец расслабления мышечной ткани, отмечен на 5-й месяц хранения. Более медленно протекают постмортальные изменения при предварительном охлаждении рыбы жидким азотом и при замораживании ее жидким азотом.

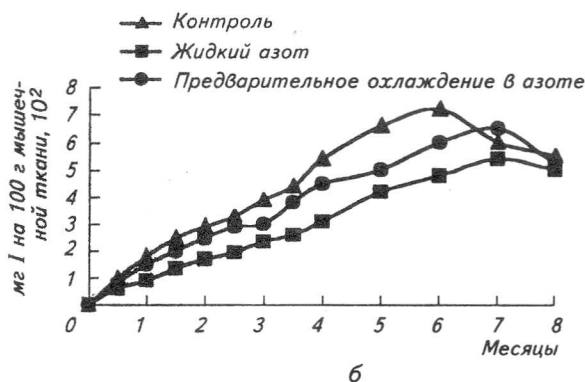
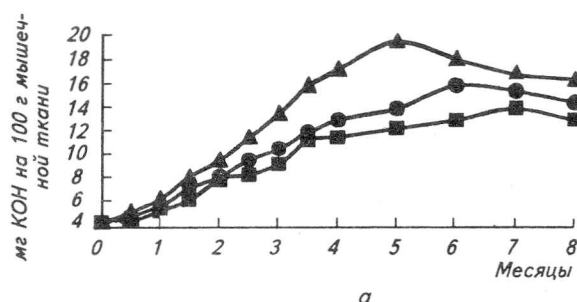


Рис. 1. Изменение кислотного числа (а) и перекисного числа (б) липидов мышечной ткани леща при морозильном хранении

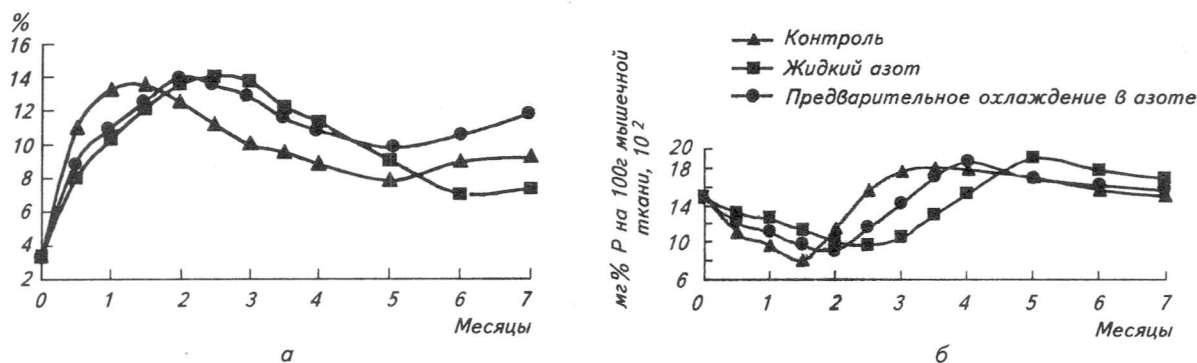


Рис. 2. Изменение влагоотдачи (а) и количества ЛГФ (б) мышечной ткани замороженного леща при морозильном хранении

Максимум посмертного окоченения рыбы, предварительно охлажденной с помощью жидкого азота, приходится на 2-й месяц, а конец расслабления – на 6-й месяц хранения. У рыбы, замороженной с использованием жидкого азота, пики посмертных изменений еще более растянуты по времени. Так, посмертное окоченение рыбы, замороженной с использованием жидкого азота, наступает на 3-й месяц хранения, а конец расслабления – лишь на 7-й месяц (см. рис.2,а).

В течение первых двух месяцев морозильного хранения в результате ферментативного воздействия происходит распад 70 – 80 % АТФ. При понижении температуры распад АТФ замедляется [3]. Содержание легкогидролизуемого фосфора (ЛГФ) достигает минимума у рыбы контрольной партии через 1,5 мес хранения; у рыбы, предварительно охлажденной с помощью жидкого азота, – через 2 мес; у рыбы, замороженной жидким азотом, – через 2,5 мес (рис.2,б). При расслаблении мышечной ткани у рыбы всех партий наблюдается ресинтез АТФ.

По величине изменения рН судят о скорости прохождения рыбой стадий посмертных изменений. В контрольной партии минимальное значение рН наблюдается

через 1,5 мес хранения; у рыбы, предварительно охлажденной с помощью жидкого азота, – через 2 мес, а у замороженной с помощью жидкого азота – через 2,5 мес, что соответствует максимуму окоченения. Этот показатель достигает максимума в контрольной партии через 4 мес; в партии, предварительно охлажденной с помощью жидкого азота, – через 5 мес, а для замороженной жидким азотом – через 6 мес, что соответствует максимуму расслабления мышечной ткани рыбы (см. рис.3,а).

Результаты биохимических исследований хорошо согласуются с органолептическими показателями рыбы. В начале хранения качество рыбы всех партий соответствует 5 баллам. По мере увеличения продолжительности хранения в рыбе протекают постмортальные изменения и качество ее ухудшается. Минимальную продолжительность хранения имеют образцы, замороженные воздухом (контрольная партия). Эти образцы уже через 5,5 мес хранения получили трехбалльную оценку, принятую за предельно допустимую оценку качества (рис.3,б). При использовании для предварительного охлаждения и замораживания рыбы жидкого азота интенсивность постмортальных изменений замед-

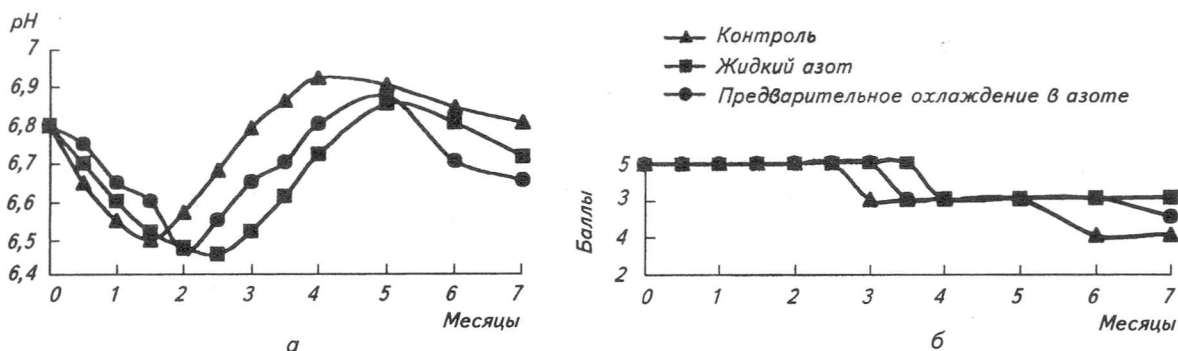


Рис.3. Изменение рН (а) и органолептическая оценка качества (б) мышечной ткани леща в процессе замораживания и хранения

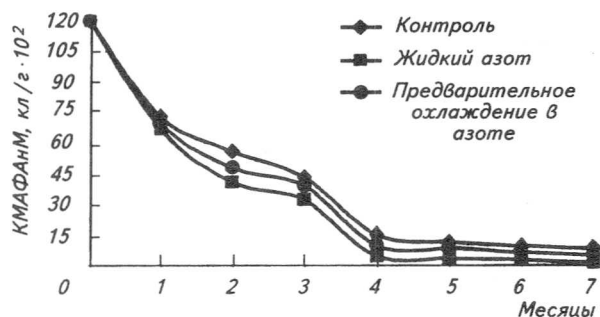


Рис. 4 Изменение показателя КМАФАнМ мышечной ткани мороженого леща в процессе хранения

ляется и хорошее качество рыбы сохраняется до 6 и 7 мес соответственно (см. рис.3,б).

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в мышечной ткани свежей рыбы составило $1,2 \cdot 10^4$ кл/г, далее в течение всего холодильного хранения этот показатель снижался и составил в конце хранения у рыбы контрольной партии (замороженной без использования жидкого азота) $8 \cdot 10^2$ кл/г, у замороженной с использованием жидкого азота – $0,5 \cdot 10^2$ кл/г (рис.4), а у предварительно охлажденной с использованием жидкого азота – $4 \cdot 10^2$ кл/г. В мышечной ткани свежей рыбы были обнаружены грамположительные споровые палочки *Bacillus sphaericus*, грамположительные кокки *Leuconostox dextranicum*. В мышечной ткани рыбы контрольной партии в период хранения были обнаружены грамотрицательные бесспоровые палочки родов *Flavobacterium*, *Achromobacter* (*Fl. droelachius*, *Fl. oval*, *Achr. pictorum*), грамположительные кокки рода *Micrococcus* (*Micr. epimefius*, *Micr. halophilus*, *Micr. saccatus*, *Micr. freudenreichii*). В мышечной ткани рыбы, замороженной с помощью жидкого азота, в период хранения были обнаружены грамотрицательные бесспоровые палочки родов *Flavobacterium*, *Leuconostoc* (*Fl. halmefilum*, *Fl. marinum*, *Fl. devorans*, *Leuconostoc lactis*), грамположительные кокки рода *Micrococcus* (*Micr. flavus*, *Micr. eatonii*, *Micr. urea*, *Micr. candidus*, *Micr. percitrus*); в мышечной ткани рыбы, предварительно охлажденной жидким азотом и затем замороженной воздухом, – грамотрицательные бесспоровые палочки родов *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter* (*Ps. Fragi*, *Fl. marinum*, *Ahr. pictorum*), грамположительные кокки рода *Micrococcus* (*Micr. eatonii*, *Micr. saccatus*, *Micr. percitrus*). Патогенная микрофлора отсутствовала в период хранения в мышечной ткани рыбы всех эк-

спериментальных партий. В мышечной ткани рыбы всех партий преобладали кокки, составлявшие к концу хранения 100 % всей микрофлоры мороженой рыбы.

Таким образом, при использовании для предварительного охлаждения и замораживания жидкого азота постмортальные изменения рыбы более растянуты во времени. Определяющим фактором при этом является высокая скорость охлаждения и замораживания, которая способствует значительному торможению процессов автолиза. Срок хранения рыбы контрольной партии составляет 5,5 мес, именно к этому периоду у рыбы наблюдается максимальное значение перекисного числа, ухудшение органолептических показателей. Рыба, предварительно охлажденная с использованием жидкого азота, хорошо сохраняется в течение 6 мес, а замороженная с использованием жидкого азота даже после 7 мес была удовлетворительного качества по физико-химическим показателям.

Список литературы

1. Быков В.П. Изменения мяса рыбы при холодильной обработке. – М.: Агропромиздат, 1987.
2. Головкин Н.А., Першина Л.И. Посмертные механико-химические изменения и их роль при консервировании рыбы холодом // Труды НИКИМРП. – Л., 1961. – Т.1., вып.2.
3. Дутова Е.Н. и др. Техническая микробиология рыбных продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1976.
4. Краткий определитель бактерий Берги / Под ред. Дж. Хоулта. – М.: Мир, 1989.
5. Применение азотных технологий в процессах охлаждения, замораживания, хранения и транспортирования скоропортящихся продуктов. Ч.1 и 2 / Б.Н. Семенов, Л.А. Акулов, Е.И. Борзенко и др. – Калининград: АтлантНИРО, 1994.
6. Якубов Г.З. Метод контроля качества быстрозамороженных готовых мясных блюд. ВНИКТИХолодпром, 1981
7. ГОСТ 7636 – 85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Правила приемки, органолептические методы оценки качества, методы отбора проб для лабораторных испытаний. – М., 1985.
8. ГОСТ 266670 – 85 Продукты пищевые и вкусовые. Методы культивирования микроорганизмов. – М., 1985.