

Раздел 2. ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 664.951.037

Исследование процессов холодильной обработки черноморской кильки

Канд. техн. наук Н.И. БАБКОВ, канд. техн. наук А.С. ТИТЛОВ
Одесская национальная академия пищевых технологий (ОНАПТ)

*The results of experimental investigations of the refrigeration treatment (refrigeration, subfreezing) of the Black Sea sprats (*Clupeonella delicatula*) are presented. Nitrogen of volatile bases as the criterion of the extent of fermentative processes, and the moisture-holding capacity as the criterion of physical and chemical changes of proteins were chosen as the attributes, characterizing quality changes of muscle tissue of fish. Acid number and peroxide number were chosen as the indices, characterizing the state of lipids. Changes in sensory qualities and growth of microbiological contamination were evaluated. It is shown that freshly caught Black Sea sprats can be stored in subfrozen conditions during four weeks if refrigeration technology is observed.*

Важным резервом сырьевой базы рыбной промышленности Украины и России являются мелкие азово-черноморские рыбы (килька, хамса, тюлька). Эти рыбы отличаются высокими вкусовыми качествами, приемлемым химическим составом, низкой стоимостью.

Для переработки этих маломерных рыб используют эффективные технологические приемы, позволяющие получить широкий ассортимент высококачественной рыбопродукции [4]. На потребительском рынке традиционно пользуются спросом консервы и пресервы из мелких азово-черноморских рыб, продукция холодного и полугорячего копчения. Значительная доля уловов реализуется в виде соленой, пряной и маринованной рыбопродукции, а также в охлажденном виде.

Отличительной особенностью мелких азово-черноморских рыб является высокая активность комплекса протеолитических ферментов. Поэтому при промышленной переработке этих рыб и при реализации в виде охлажденной столовой рыбы возникают технологические сложности в предварительном хранении сырья: необходимо постоянно учитывать короткий срок хранения этих рыб в охлажденном состоянии. К сожалению, только некоторые рыбколхозы имеют в своем распоряжении суда, на которых можно замораживать рыбу. Основная масса улова доставляется на берег в охлажденном и соленом виде.

Из всех известных промышленных способов охлаждения в нашем регионе используют охлаждение водным льдом. При этом возникают проблемы с тарой, получением льда, а срок реализации охлажденной рыбы составляет несколько суток.

В холодильной технологии известен прием, позволяющий продлить срок хранения сырья животного происхождения до нескольких недель – это глубокое охлаж-

дение или подмораживание [2, 6]. В Украине принято подмораживать и хранить подмороженную рыбу при температурах $-2...-3$ °С, а во всем мире наблюдается тенденция к снижению этого температурного диапазона до $-3...-5$ °С [1].

Переоснащение судовых холодильных машин камерами, работающими на подмораживание рыбы, будет экономически выгоднее, чем камерами, работающими на замораживание. Поэтому разработка технологии подмораживания мелких азово-черноморских рыб является одной из актуальных проблем рыбной промышленности Украины.

Целью настоящей работы являлось исследование изменения комплекса качественных показателей подмороженной рыбы для определения предельно допустимой продолжительности холодильного хранения при обеспечении высокого качества продукции.

Объектом исследования служила килька черноморская, являющаяся основным объектом промысла на Азово-Черноморском бассейне, доля которой в уловах достигает 50 %. Исследования осуществляли с использованием общепринятых методик. Холодильную обработку и хранение образцов проводили в низкотемпературных камерах (НТК) на базе абсорбционно-диффузионных холодильных машин (АДХМ).

Свежевыловленная килька черноморская после охлаждения транспортировалась из района промысла при температуре в трюме $0...1$ °С. Образцы для исследований доставлялись в ОНАПТ в теплоизолированной сумке после пересыпки мелкодробленым льдом. После сортирования по качеству и мойки килька черноморская подвергалась охлаждению водным льдом и подмораживанию. Для подмораживания были смоделированы температурные режимы

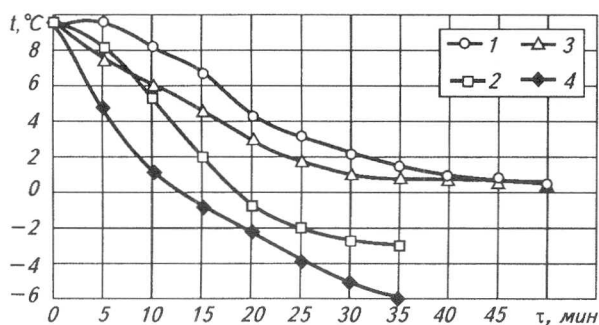


Рис. 1. Температурные графики холодильного хранения кильки черноморской: 1 – центр (охлаждение); 2 – поверхность (охлаждение); 3 – центр (подмораживание); 4 – поверхность (подмораживание); t – температура, °C; τ – продолжительность хранения, мин

(–25 °C) в плиточном скороморозильном аппарате. Для этой цели использовалась НТК «Стugna» АМЛ-180 (типа «ларь») [3].

Измерение температуры проводилось при помощи стандартных хромель-копелевых термопар. ЭДС термопар выводилась на цифровой вольтметр Ц300 поочередно при помощи переключателя ПМТ-20.

В процессе холодильной обработки образцов фиксировалась температура на поверхности и в центре блока через каждые 5 мин. Температурные графики охлаждения и подмораживания приведены на рис. 1.

Как видно из графических зависимостей, температура 0,5 °C в охлажденных образцах была достигнута через 50 мин. Температура –3 °C в центре блока подмороженных образцов установилась через 35 мин, при этом температура на поверхности блока была –6 °C.

По окончании первичной холодильной обработки охлажденные образцы переносили в серийный бытовой абсорбционный холодильник «Киев-410» [5], где они хранились при температуре 4...5 °C. Подмороженные образцы помещали в оригинальную НТК на базе модели «Киев-410» при температуре –3 ± 0,5 °C.

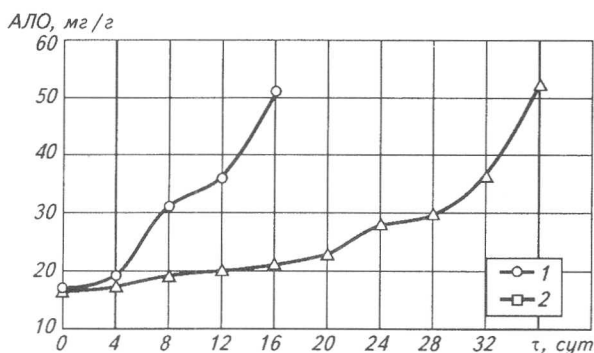


Рис. 2. Изменение содержания азота летучих оснований мышечной ткани кильки черноморской: 1 – охлаждение; 2 – подмораживание

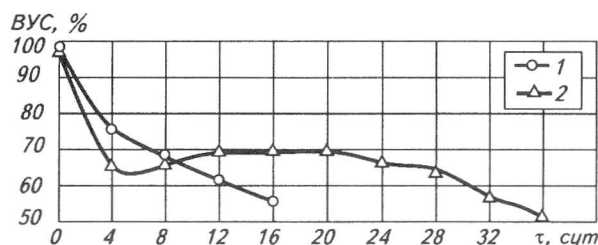


Рис. 3. Изменение влагоудерживающей способности мышечной ткани кильки черноморской: 1 – охлаждение; 2 – подмораживание

Нетрадиционный уровень температур в камере поддерживался при помощи специальных методов регулирования холодопроизводительности АДХМ, учитывающих изменение тепловлажностных режимов в помещении [7].

В процессе холодильного хранения через каждые 4 сут проводили определение комплекса качественных показателей, характеризующих изменения белков мышечной ткани кильки черноморской: азот летучих оснований (АЛО) как критерий степени ферментативных процессов и влагоудерживающая способность (ВУС) как критерий физико-химических изменений белков.

На рис. 2 показано, что у охлажденных образцов интенсивность накопления АЛО при холодильном хранении выше, чем у подмороженных. У охлажденных образцов предельное значение АЛО для морской рыбы (51 мг %) было достигнуто через 16 сут, а у подмороженных образцов – 53 мг % АЛО через 36 сут холодильного хранения.

Влияние продолжительности холодильного хранения на ВУС мышечной ткани охлажденных и подмороженных образцов приведено на рис. 3. ВУС мышечной ткани свежельвовленных рыб достигала 88 %. В охлажденных образцах ВУС снижалась равномерно в процессе холодильного хранения. В подмороженных образцах наблюдалось значительное снижение ВУС к концу 1-й недели холодильного хранения (до 66 %). Затем ВУС подмороженных образцов увеличилась до 70 %, однако после 3 недель холодильного хранения зафиксировано ее снижение, которое через 36 сут достигло значения 51 %. Такие изменения ВУС мышечной ткани подмороженных образцов можно объяснить следующим образом. После 1-й недели холодильного хранения снижение ВУС вызвано уплотнением мышц из-за образования актомиозинового комплекса при прохождении стадии посмертного окоченения. Разрешение посмертного окоченения до некоторой степени восстанавливает свойства белков мышечной ткани. Лиофильные свойства белков мышечной ткани повышаются вследствие диссоциации актомиозина на актин и миозин, молекулы которых набухают и удерживают больше влаги.

В качестве показателей, характеризующих состоя-

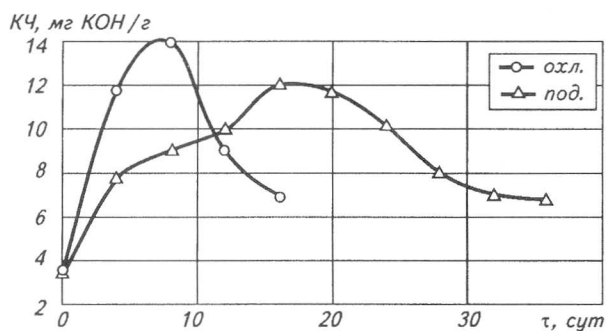


Рис. 4. Изменение кислотного числа липидов мышечной ткани кильки черноморской

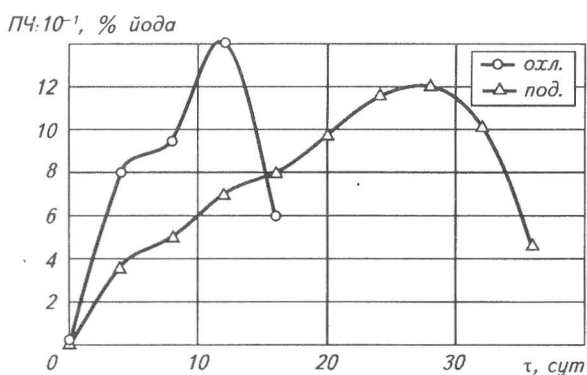


Рис. 5. Изменение перекисного числа липидов мышечной ткани кильки черноморской

ние липидов, были выбраны кислотное число (КЧ) как критерий качественного состояния липидов, а именно степени их гидролиза и перекисное число (ПЧ) как критерий степени окислительной порчи жира.

Графические зависимости изменения КЧ и ПЧ липидов исследуемых образцов приведены на рис. 4 и 5 соответственно.

У свежельвовленных образцов КЧ минимально и составляет 3,5 мг КОН/г продукта. В начале холодильного хранения охлажденных и замороженных образцов зафиксирован рост КЧ. Максимального значения КЧ для охлажденных образцов достигло после 1-й недели холодильного хранения и составило 14 мг КОН/г продукта. Максимальное значение КЧ для замороженных образцов составило 12 мг КОН/г продукта после 2 недель холодильного хранения. Пик КЧ свидетельствует о том, что ненасыщенные жирные кислоты, освобожденные в ходе гидролиза триглицеридов, начинают окисляться с образованием перекисных соединений. Как видно из приведенных данных, подмораживание значительно замедляет этот процесс.

Значение ПЧ у свежельвовленных рыб практически равно нулю. У охлажденных образцов максимальное значение ПЧ было отмечено через 12 сут холодильного хранения и составило 14. У замороженных образцов пик значений ПЧ (12) зафиксирован через 4 недели холодильного хранения. Увеличение значения ПЧ со-

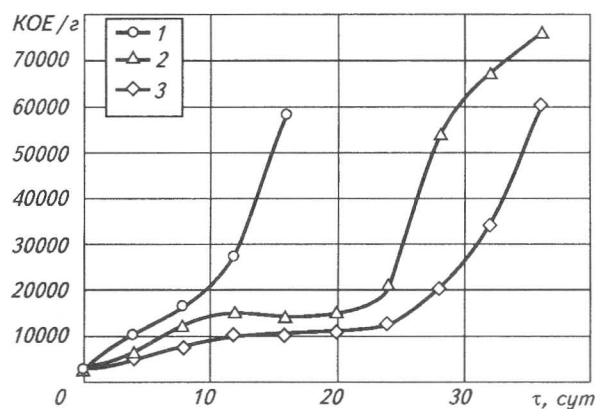


Рис. 6. Динамика численности микроорганизмов, содержащихся в мышечной ткани охлажденной и замороженной кильки черноморской: 1 – охлаждение; 2 – подмораживание; 3 – подмораживание с ионами серебра

ответствует образованию перекисей в частично гидролизованном жире. Снижение ПЧ после прохождения пика свидетельствует об образовании вторичных продуктов окисления, которые значительно влияют на вкус и аромат жиросодержащего продукта. Приведенные данные говорят о том, что подмораживание обеспечивает значительно более высокую стабильность липидов к окислению по сравнению с охлаждением, уменьшая скорость накопления перекисных соединений, а также их максимальное содержание.

Мышечная ткань свежельвовленной рыбы практически стерильна. Основная масса микроорганизмов сосредоточена в слизи на поверхности рыбы и в желудочно-кишечном тракте. В процессе холодильного хранения охлажденных образцов количество микроорганизмов равномерно увеличивалось и к 16 сут хранения достигало 60 000 КОЕ/г (рис. 6). При холодильном хранении замороженных образцов рост микробиологической обсемененности происходит медленнее. В период с 12 по 20 сут наблюдалась стабилизация роста количества микроорганизмов на уровне 15 000 КОЕ/г продукта. После 24 сут хранения зафиксирован резкий рост количества микроорганизмов, которое после 4 недель холодильного хранения составляло 55 000 КОЕ/г продукта. Проведенные исследования подтверждают, что интенсивное развитие микрофлоры происходит после полного расслабления мышечной ткани исследуемых образцов. Максимальное значение микробиологической обсемененности ($5 \cdot 10^4$ КОЕ/г) в охлажденных образцах зафиксировано через 15 сут холодильного хранения, а в замороженных образцах – через 27 сут. Таким образом, применение подмораживания позволяет значительно снизить интенсивность микробиологических изменений по сравнению с охлаждением.

Органолептическую характеристику исследуемых

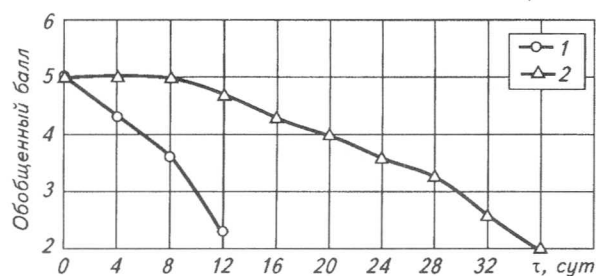


Рис. 7. Изменение органолептической оценки качества кильки черноморской при холодильном хранении: 1 — охлаждение; 2 — подмораживание

образцов проводили с использованием балльной шкалы. Каждый показатель оценивался по пятибалльной системе с определением среднего значения комплекса органолептических показателей. Графические зависимости полученных данных приведены на рис. 7. С увеличением продолжительности холодильного хранения органолептические показатели исследуемых образцов ухудшались. В начале эксперимента среднее значение комплекса органолептических показателей составляло 5 баллов. В охлажденных образцах через 16 сут хранения оно приближалось к 2 баллам, а в подмороженных образцах такое значение было достигнуто после 30 сут хранения. Из приведенных данных видно, что подмораживание способствует лучшему сохранению качественных показателей рыбы, чем охлаждение, и позволяет продлить продолжительность ее холодильного хранения.

Для комплексной оценки полученных данных с целью определения предельно допустимой продолжительности холодильного хранения использован обобщенный показатель качества (ОПК), который рассчитывали по формуле

$$Y = K_1 O + K_2 L + K_3 B + K_4 M,$$

где K_1, K_2, K_3, K_4 — коэффициенты значимости органолептических показателей, качественных показателей липидов, качественных показателей белков и

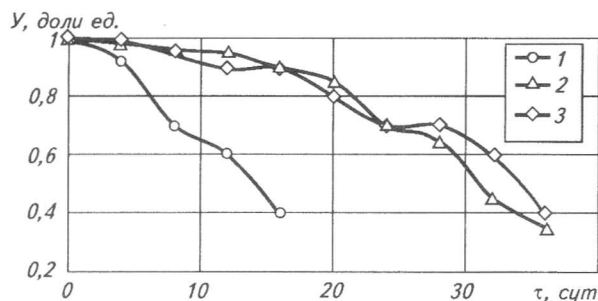


Рис. 8. Изменение обобщенного показателя качества охлажденной и замороженной кильки черноморской в процессе хранения:

1 — охлаждение; 2 — подмораживание; 3 — подмораживание с ионами серебра

микробиологической обсемененности образцов соответственно, доли ед.;

O — среднее значение органолептических показателей, доли ед.;

L — среднее значение качественных показателей липидов, доли ед.;

B — среднее значение качественных показателей белков, доли ед.;

M — среднее значение микробиологической обсемененности образцов, доли ед.

Графические зависимости изменений ОПК в процессе холодильного хранения приведены на рис. 8. Как следует из приведенных данных, исходная величина ОПК составляла единицу. В дальнейшем у охлажденных образцов она уменьшалась быстрее, чем у подмороженных. Через 2 недели холодильного хранения величина ОПК охлажденных образцов снизилась до 0,5, а на 16-е сутки составила 0,4, и холодильное хранение их было прекращено. У подмороженных образцов величина ОПК, равная 0,5, была достигнута на 28-е сутки холодильного хранения, хотя их качество позволяло продлить эксперимент.

Таким образом, проведенные исследования показали, что свежельовленная килька черноморская может храниться в подмороженном состоянии в течение 4 недель при соблюдении технологических режимов холодильной обработки.

Список литературы

1. Борисочкина Л.И., Дубровская Т.А. Технология продуктов из океанических рыб. — М.: Агропромиздат, 1988.
2. Головкин и др. Консервирование продуктов животного происхождения при субмикроскопических температурах / Н.А. Головкин, Г.В. Маслова, И.Р. Скоморовская. — М.: Агропромиздат, 1987.
3. Деклараци́нный патент № 50941А України, МКИ F25 B15/10; Морозильник // О.С. Тітлов, М.Д. Захаров, О.Б. Василів, Г.М. Оліфер, М.Ф. Хоменко. — № 2001096075; Заявл. 04.09.2001; Опубл. 16.09.2002, Бюл. № 11.
4. Захарова Л.А., Зверева В.С. Продукция из океанических и азово-черноморских рыб. — М.: Агропром-издат, 1989.
5. Пат. 19328 Украина, МКИ F25 B15/10. Абсорбционный холодильник / Н.Ф. Хоменко, Г.М. Олифер, А.С. Титлов (Украина) — № 95321331, Заявл. 03.04.91; Опубл. 25.12.97, Бюл. № 6.
6. Родин Е.М. Холодильная технология рыбных продуктов. — М.: Агропромиздат, 1989.
7. Титлов А.С. Разработка энергосберегающих способов управления бытовыми и торговыми абсорбционными холодильными аппаратами // Сборник науч. тр. 2-й Междунар. науч.-техн. конф. «Современные проблемы холодильной техники и технологии» (приложение к журналу «Холодильная техника и технология»). 2002.