ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-383-389
УДК 542.45:597.552.512

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Исследование процесса теплообмена при охлаждении форели с применением диоксида углерода[i]

Е. Н. Неверов*, П. С. Коротких

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**e-mail: tht_kemsu@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 27.03.2019
Дата принятия в печать: 30.08.2019

© Е. Н. Неверов, П. С. Коротких, 2019

Аннотация. В пищевой промышленности наиболее часто для охлаждения рыбы используются такие традиционные способы, как охлаждение холодным воздухом, холодной жидкостью, льдом. Данные способы имеют ряд недостатков, например: меняющийся внешний вид товара, продолжительное время охлаждения, поглощение существенного количества влаги тушками. Все эти факторы влияют на качество продукта, на сроки хранения рыбы и как следствие на снижение покупательского спроса этот товар. Диоксид углерода в последнее время приобретает всё большее распространение в закрытых холодильных системах, являясь одним из самых перспективных холодильных агентов, так как традиционные холодильные технологии для охлаждения рыбы обладают рядом серьёзных недостатков. В статье представлен один из способов утилизации диоксида углерода, получаемого на спиртоперерабатывающих предприятиях. Проведен анализ перспектив использования диоксида углерода в сочетании с бинарной смесью для охлаждения форели, также показаны технологические преимущества применения данной технологии. Изучены особенности теплообмена при охлаждении тушки неразделанной форели. Представлены результаты экспериментов по охлаждения тушек форели водным льдом, смесью водного льда и снегообразного диоксида углерода и снегообразным CO_2 в чистом виде. В результате установлена зависимость интенсивности процесса охлаждения от концентрации снегообразного диоксида углерода в водном льду. Более высокая интенсивность процесса охлаждения приводит к сокращению времени охлаждения форели и снижению расхода водного льда. Изучение показателей качества форели при охлаждении в водном льду и диоксиде углерода позволяет говорить о том, что охлаждение форели в среде водный лёд и диоксид углерода в несколько раз увеличивает срок её хранения.

Ключевые слова. Лед, охлаждение, диоксиды, продукты питания, термограммы, тепловой поток

Для цитирования: Неверов, Е. Н. Исследование процесса теплообмена при охлаждении форели с применением диоксида углерода / Е. Н. Неверов, П. С. Коротких // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 383–389. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-383-389.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

The Method of Carbon-Dioxide Recovery in Fish-Processing Industry

E.N. Neverov*, P.S. Korotkih

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

**e-mail: tht_kemsu@mail.ru*

Received: March 27, 2019
Accepted: August 30, 2019

© E.N. Neverov, P.S. Korotkih, 2019

Abstract. There is a growing demand for rapid cooling in modern food industry. Traditional methods of fish cooling involve cold air, cold liquid, and ice. These methods have a number of disadvantages. For instance, they may have a negative effect on the appearance of the product, require a longer cooling time, or make fish absorb extra moisture. As a result, the quality of the product and its shelf life decrease, which results in demand contraction. Carbon dioxide is becoming increasingly popular in closed refrigeration systems. It is one of the most promising refrigerants, since traditional refrigeration technologies for fish cooling have a number of serious drawbacks. The paper introduces a utilization method for carbon dioxide obtained at alcohol processing plants. The authors analyzed the prospects of using carbon dioxide in combination with a binary mixture for cooling trout. A series of experiments proved the technological advantages of this technology. The paper features heat transfer in roundfish during cooling with water ice, a mixture of water ice and snow-like carbon dioxide, and snow-like CO_2 in pure form. The obtained results show the effect of the concentration of snow-like carbon dioxide in water ice on the intensity of the cooling process. A higher intensity of the cooling process reduced

[i] Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

the cooling time and the amount of water ice. The study of quality indicators of trout proved that the environment of water ice and carbon dioxide increased its shelf life by several times. The paper contains temperature graphs and duration curves at different concentrations of CO_2.

Keywords. Ice, cooling, dioxides, food, thermograms, heat flux

For citation: Neverov EN, Korotkih PS. The Method of Carbon-Dioxide Recovery in Fish-Processing Industry. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):383-389. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-383-389.

Введение

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к технологиям применения диоксида углерода (CO_2) как хладагента. Основными преимуществами применения диоксида углерода в системах холодоснабжения являются его высокая эффективность и безопасность для окружающей среды в сравнении со многими другими холодильными агентами.

Ввод новых и ужесточение существующих экологических норм является общемировой тенденцией. В связи с этим все большее число хладагентов попадают под запрет. Наиболее явной альтернативой для их замены являются природные хладагенты, проблема развития технологий применения которых становится все более актуальной.

Диоксид углерода относится к группе хладагентов, имеющих природное происхождение, наряду с аммиаком, пропаном, бутаном, водой и др. CO_2 имеет нулевой потенциал разрушения озонового слоя Земли (ODP = 0), что является эталонным значения единицей для расчета потенциала глобального потепления (GWP = 1). Несмотря на то что CO_2 содержится в окружающем нас воздухе и необходим для протекания различных жизненно важных процессов, влияние диоксида углерода на экологию в целом неоднозначно. Ряд исследований показывает, что увеличение концентрации газообразного диоксида углерода в атмосфере приводит к такому явлению, как глобальное потепление. Стоит отметить, что природные холодильные агенты обладают рядом недостатков. Например, аммиак токсичен, пропан взрывоопасен, а у воды низкая температура кристаллизации, что очень сильно ограничивает область применения [1]. Диоксид углерода не является токсичным или горючим веществом. Напротив – широко применяется в системах пожаротушения.

Разрабатываемая нами технология отлично вписывается в предложенное новое соглашение, которое начнет действовать с 2022 г., цель которого – предотвратить увеличение средней температуры на планете на 2 °C. Одним из пунктов соглашения по ограничению выбросов предусматривается введение внутренних «цен на углерод», то есть налога для предприятий за выброс углекислого газа сверх установленной нормы. Ведется также речь о том, что с 2019 г. планируется начать мониторинг промышленных предприятий по выбросам, который будет производиться в несколько этапов. Минприроды совместно с Минэкономразвития разрабатывают для предприятий методику отчетности по выбросам парниковых газов. Компании и предприятия, выбросы которых будут превышать 150 000 т углекислоты – эквивалента за год, должны будут до конца 2019 г. обеспечить передачу отчетности о выбросах Росприроднадзору. К началу 2020 г. предоставлять подобные сведения будут уже все производства с годовыми выбросами более 50 000 т. После этого будет создана система проверки данных и отчетности и введены инструменты финансового воздействия, т. е. установлен налоговый сбор [2].

Таким образом, в будущем ожидается спрос промышленных предприятий на всевозможные способы утилизации бросовых парниковых газов, в том числе углекислого газа. Для внедрения данного метода в промышленность как одного из способов утилизации углекислого газа, являющегося бросовым продуктом производимым спиртоперерабатывающими предприятиями, нами проведен ряд исследований по охлаждению форели с применением CO_2.

На мировом рынке охлажденная рыба пользуется повышенным спросом. Сектор ее производства относится к одному из быстрорастущих. Для значительной группы потребителей важен удобный в приготовлении формат продукции: выбирая охлажденную продукцию, покупатель экономит время на разморозке и получает более качественный продукт. Также метод, основанный на применении диоксида углерода, обладает рядом преимуществ перед традиционными способами охлаждения [3].

Существует ряд традиционных способов охлаждения рыбы: охлаждение рыбы холодным воздухом, холодной жидкостью, льдом, диоксидом углерода. Для воздушного охлаждения используется современное технологическое оборудование с использованием хладагента: камеры, бонеты и пр. Способ охлаждения рыбы в холодной воде достаточно прост и не требует экономических затрат, но рыбу, мясо которой имеет нежную консистенцию, не рекомендуется хранить в охлажденной морской воде, так как это приводит к набуханию (потере товарного вида), просаливанию, потере экстрактивных азотистых соединений и водорастворимых белков [4].

Способ охлаждения рыбы водным льдом является наиболее распространенным. Для этого способа используют естественный лед, который добывают зимой из различных водоемов [5]. Заготовка такого льда весьма сложный процесс. Санитарное состояние льда низкое, при хранении в теплое время года потери составляют до 50 % от общей массы заготовленного льда. Для получения искусственного льда применяют ледогенераторы, для работы которых необходима водопроводная воды, что приводит к дополнительным затратам. Форма искуственного льда может быть различной (блочный, трубчатый, чешуйчатый). Она определяется конструкцией ледогенератора [6].

На сегодняшний день наиболее подходящим способом для охлаждения цельной рыбы считается метод, основанный на применении «бинарной смеси» [7]. Такое сочетание охлаждённой воды и

мелкокристаллического льда позволяет сохранить товарный вид рыбы, так как исключает нанесение механических повреждений. Также обеспечивает большую площадь контакта с поверхностью продукта, так как легко заполняет пространство между тушками рыбы. Традиционные методы охлаждения рыбы отличаются рядом недостатков: охлаждение льдом осуществляют при непродолжительном хранении перед обработкой рыбы [8]. Следствием этого являются: невысокая скорость и неравномерность охлаждения рыбы, малое использование полезного объема тары, таяние льда, деформация вызванные непосредственным контактом рыбы со льдом. Кроме того, невозможно обеспечить создание необходимых запасов льда, так как все виды искусственного льда, за исключением блочного, подвержены деформации под воздействием давления, т. е. произойдет слеживание в однородную плотную массу. Для того чтобы компенсировать эти недостатки, нами предложена технология охлаждения рыбы (форели) с использованием среды «водный лед и CO_2» как дополнительного охлаждающего средства [9].

Объекты и методы исследования

В качестве основного экспериментального материала послужили термограммы процессов и кривые изменения плотности тепловых потоков во времени.

Пользуясь термограммами процесса охлаждения форели, определяли снижение температуры слоёв тушки рыбы и длительность сублимации снегообразного диоксида углерода.

Коэффициент теплоотдачи определялся по формуле Ньютона-Рихмана на основании экспериментально полученных значений плотности теплового потока.

Холодильную обработку тушки форели продолжали до достижения нормируемой температуры во всех слоях тушки рыбы [6].

Тушку форели массой 0,8 ± 0,05 кг охлаждали в стандартном контейнере максимальной вместимостью 50 л. В первом случае использовали водный лед массой 2 кг, во втором случае – водный лед 1,6 кг и снегообразный CO_2 480 г (30 % от массы льда). Габаритные размеры контейнера – 0,9×0,6×0,4 м. Массу охлаждаемой рыбы определяли взвешиванием. Изменение температуры рыбы в камере контролировалось при помощи хромелькопелевых термопар, введенных в тушку форели под чешую на глубину 3 мм и в наиболее толстую часть тушки (вблизи позвоночника) на глубину 0,002 и 0,004 м. Сигнал с термопар поступает на контроллер температуры [10]. Измерение плотности теплового потока на наружной поверхности осуществлялось при помощи зонда теплового потока, сигнал с которого поступает на измеритель теплового потока ИПП. Температуру рыбы и температуру в контейнере в процессе охлаждения измеряли периодически с помощью контроллера температуры (ТРМ-138).

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 показана термограмма процесса охлаждения форели водным льдом, при температуре окружающей среды 20 ± 2 °С, при этом температура

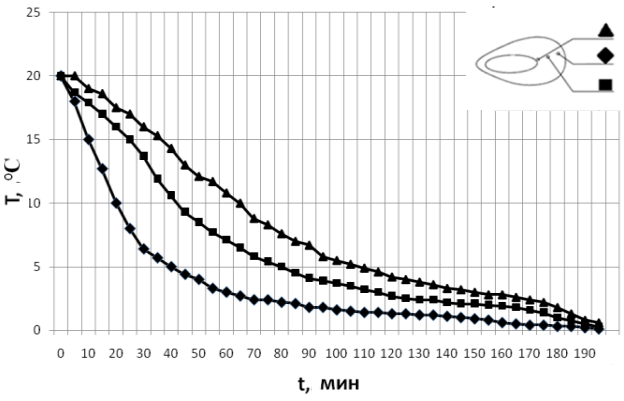

Рисунок 1. Термограмма процесса охлаждения форели в среде «водный лёд»

Figure 1. Thermogram of cooling the trout in water ice

охлаждающей среды составляла около 0 ± 2 °С. Масса форели 1,10 ± 0,05 кг.

Проведя анализ полученной диаграммы, можно утверждать следующее: процесс охлаждения наружного слоя тушки более интенсивный, так как поверхность наружного слоя находится в непосредственном контакте со льдом. Затем наблюдается выравнивание температуры на поверхности и её приближение к температуре охлаждающей среды.

Центральная часть тушки (на расстоянии 20 мм от позвоночника) охлаждается уже за счет теплоотвода от наружной поверхности, которая соприкасается со льдом.

Охлаждение внутреннего слоя (на расстоянии 40 мм от позвоночника) происходит ещё менее интенсивно, так как теплоотвод от внутренней полости происходит уже через все слои к расположенному на поверхности водному льду.

На последнем этапе процесса охлаждения происходит выравнивание температурного поля во всех слоях тушки рыбы до значения близкого к температуре охлаждающей среды [11].

В целом процесс охлаждения всех слоев тушки рыбы водным льдом составил 195 мин, что показало низкий темп охлаждения. Расход водного льда составил 0,9 кг.

Диаграмма плотности теплового потока на наружной поверхности тушки форели при охлаждении

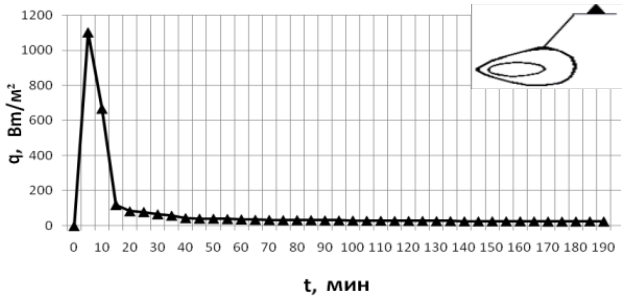

Рисунок 2. Изменение плотности теплового потока при охлаждении форели в среде «водный лёд»

Figure 2. Changes in the heat flow density when cooling the trout in water ice

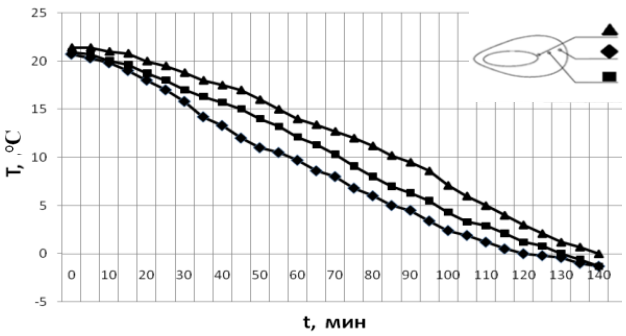

Рисунок 3. Термограмма процесса охлаждения форели в среде водного льда с добавлением 20 % диоксида углерода

Figure 3. Thermogram of cooling in water ice with 20% of carbon dioxide

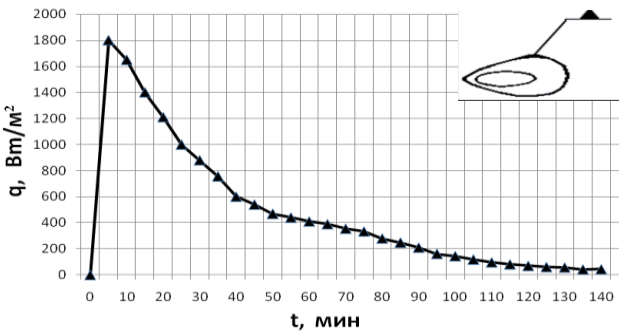

Рисунок 4. Изменение плотности теплового потока при охлаждении форели в среде водного льда с добавлением 20 % диоксида углерода

Figure 4. Changes in the heat flow density when cooling the trout in water ice with 20% of carbon dioxide

льдом представлена на рисунке 2. Температура окружающей среды при данном эксперименте составила 20 ± 2 °С.

На основании полученных экспериментальных данных среднеинтегральное значение плотности теплового потока форели на наружной поверхности тушки составляет около $q_{ср}$ = 200 Вт/м^2, максимальное значение плотности теплового потока на наружной поверхности тушки q_{max} = 1100 Вт/м^2 [12].

В начальный момент времени, когда разница температур между тушкой и льдом максимальна, мы можем наблюдать наиболее интенсивный процесс теплоотвода, а следовательно, и максимальную плотность теплового потока. При дальнейшем снижении температуры тушки наблюдается падение плотности теплового потока в конце процесса приближаясь к нулевому значению [13].

На основании полученных экспериментальных данных среднеинтегральное значение коэффициента теплоотдачи с наружной поверхности тушки $\alpha_{ср}$ = 5,1 Вт/м^2·К. Максимальное значение коэффициента теплоотдачи α_{max} = 19,1 Вт/м^2·К.

В связи с тем, что темп охлаждения низкий и, как следствие, продолжительность охлаждения увеличена, расход водного льда значительный. С целью поиска наиболее эффективного и рационального способа охлаждения рыбы была проведена следующая серия исследований с применением диоксида углерода [8]. Эксперименты проводились с неразделанной форелью массой 1,10 ± 0,05 кг. Расход водного льда составил 0,9 кг.

На рисунке 3 представлена динамика понижения температуры на поверхности и в центре тушки рыбы в процессе охлаждения в среде «водный лёд + снегообразный CO_2 – 20 %». Масса форели 1,10 ± 0,05 кг.

Измерения проводились аналогично приведенному выше эксперименту. Поле температур соответствует предыдущему эксперименту по охлаждению форели водным льдом.

На основании анализа термограммы можно сделать заключение, что процесс охлаждения тушки форели в среде водного льда и снегообразного CO_2 при 20 % подачи диоксида углерода происходит более интенсивно во всех слоях тушки форели, чем в предыдущих экспериментах. Это связано с тем, что температура водного льда в начальный момент охлаждения значительно снижается до –75 °С и постепенно повышается. Но темп ее повышения гораздо ниже, что позволяет сократить продолжительность процесса охлаждения в данном случае составляет 145 мин, а также дополнительно сократить расход водного льда до 0,4 кг.

На рисунке 4 изображен график плотности теплового потока, построенный по данным, полученным при проведении экспериментального исследования по охлаждению тушки форели в среде «водный лёд + снегообразный CO_2 – 20 %».

В первые минуты эксперимента значение плотности теплового потока достигает наивысшей точки аналогично предыдущему эксперименту. Однако пиковое значение плотности теплового потока 1800 Вт/м^2 больше. Это объясняется тем, что разность температур между продуктом и теплоотводящей средой несколько выше и это приводит к более интенсивному теплоотводу от тушки форели. Далее температура тушки форели начинает интенсивно падать и регистрируется резкое снижение плотности теплового потока, тогда как при охлаждении водным льдом снижение плотности теплового потока происходит постепенно и более длительно [14].

Помимо большой разницы температур охлаждающих сред это так же связано и с тем, что добавление CO_2 позволяет максимально длительно поддерживать температуру водного льда на низком уровне и предотвращает его быстрое таяние. Коэффициент теплоотдачи при данном методе охлаждения составил: $\alpha_{ср}$ = 6,0 Вт/м^2·К. Максимальное значение достигло отметки α_{max}= 22,3 Вт/м^2·К.

Дальнейшие эксперименты проводились с увеличением концентрации диоксида углерода. На рисунке 5 представлены схема расположения термопар и термограмма процесса охлаждения тушки форели массой 1,10 ± 0,05 кг снегообразным CO_2. Продолжительность охлаждения рыбы составило 30,7 минут.

В процессе построения и анализа данной термограммы было установлено, что охлаждение внешнего слоя рыбы проходит достаточно интенсивно, поверхностные слои рыбы находятся в контакте с снегообразным CO_2 через газовую прослойку, образованную при сублимации снегообразного CO_2. Происходит

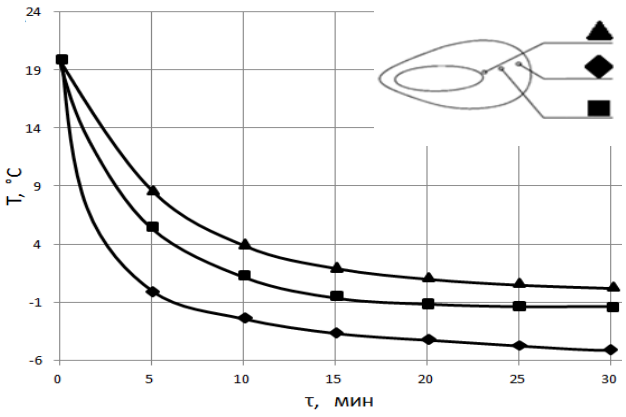

Рисунок 5. Термограмма процесса охлаждения форели снегообразным диоксидом углерода

Figure 5. Thermogram of cooling the trout with snow-like carbon dioxide

подмораживание мяса рыбы. Далее происходит снижение темпа охлаждения. Данный факт можно объяснить началом процесса фазового перехода, при котором начинается образование кристаллов льда и наблюдается скрытое выделение теплоты [15].

Охлаждение центральной части тушки происходит за счет теплопроводности через наружные слои и внутреннюю полость. Процесс аналогичен охлаждению поверхностных слоев, но разница во времени составила порядка 7 минут.

Охлаждение внутреннего слоя тушки форели происходит уже менее интенсивно, так как отсутствует непосредственный контакт с диоксидом углерода, и объясняется теорией о распространении температурного поля от поверхности к его центру [16].

Процесс изменения плотности теплового потока от наружной поверхности тушки неразделанной форели при охлаждении снегообразным CO_2 представлен в виде диаграммы на рисунке 6.

Согласно экспериментальным данным среднеинтегральное показатель плотности теплового потока

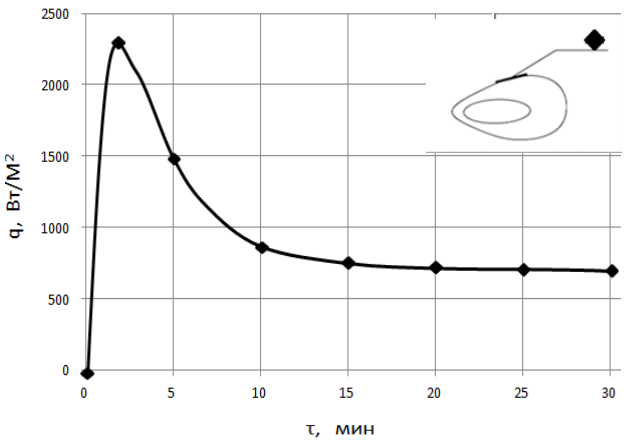

Рисунок 6. Изменение плотности теплового потока на наружной поверхности тушки форели, при охлаждении снегообразным диоксидом углерода

Figure 6. Changes in the heat flow density on the outer surface of the trout when cooled with snow-like carbon dioxide

от внешних слоев рыбы равняется q_{cp} = 560 Вт/м². Максимальное значение плотности теплового потока составило q_{max} = 2390 Вт/м². Данный метод холодильной обработки позволяет достичь высокой интенсивности теплообмена, так как полученные значения плотности теплового значительно выше, чем при традиционных способах охлаждения.

На начальном этапе проведения эксперимента наблюдается рост плотности теплового потока до достижения пикового значения. Затем происходит плавное снижение [17]. Данный процесс связан с тем, что в начале эксперимента температурный напор между тушкой форели и снегообразным диоксидом углерода максимален. На следующем этапе происходит постепенное снижение температуры (до 10 минуты), которое по временному промежутку совпадает с уменьшением значения теплового потока. На заключительном этапе температура стабилизируется в связи с началом процесса кристаллообразования в верхних слоях рыбы [11]. Среднеинтегральное значение коэффициента теплоотдачи составляет α_{cp} = 10,2 Вт/м²·К, а максимальное его значение α_{max} = 32,1 Вт/м²·К.

Выводы

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что с повышением концентрации снегообразного диоксида углерода снижается температура охлаждающей ледяной смеси на весь период охлаждения, что приводит к сокращению времени холодильной обработки. Но при использовании охлаждения в снегообразном диоксиде углерода наблюдается подмораживание [18].

С повышением концентрации диоксида углерода продолжительность сублимации значительно увеличивается, что при охлаждении водным льдом рыбы позволит уменьшить расход льда и соответственно электроэнергии на привод двигателя компрессора и вентилятора конденсатора холодильной установки льдогенератора, а также сократить продолжительность охлаждения форели [19].

Применение диоксида углерода в рыбоперерабатывающей промышленности позволяет эффективно его утилизировать в небольших количествах. Использование CO_2 в сочетании с водным льдом позволяет сократить расход водного льда и диоксида углерода для охлаждения рыбы, а также предотвратить подмораживание форели и уменьшить продолжительность охлаждения. Снегообразный диоксид углерода отличается высокими теплофизическими показателями. Кроме того, он не вызывает усушку продукта, предотвращает набухание и частичное просаливание продукта, вымывание органических и минеральных веществ из тканей рыбы [20]. Позволяет экономить значительную часть энергии необходимую для производства водного льда. Поэтому при производстве охлажденной рыбы данная технология будет являться наиболее эффективной.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Об утверждении стратегии развития рыбохозяйственного комплекса российской федерации на период до 2020 года. Приказ Росрыболовства от 30.03.2009 № 246 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://legalacts.ru/doc/prikaz-rosrybolovstva-ot30032009-n-246-ob. – Дата обращения: 28.02.2019.

2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2015/11/17/617269-dengi-uglekislii-gaz. – Дата обращения: 25.01.2019.

3. Киселева, Е. Н. Рынок рыбы и морепродуктов / Е. Н. Киселева, О. В. Власова, Е. Б. Коннова. – М. : Вузовский учебник, 2009. – 162 с.

4. Prosekov, A. Yu. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 201–211. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.

5. Репников, Б. Т. Перспективы использования жидкого льда для производства охлажденной продукции / Б.Т. Репников. – Калининград : АтлантНИРО, 2007.

6. Тюльзнер, М. Технология рыбопереработки / М. Тюльзнер, М. Кох. – СПБ. : Профессия, 2011. – 404 с.

7. Большаков, О. В. Российская отраслевая наука: современные холодильные технологии и решение проблемы здорового питания / О. В. Большаков // Холодильная техника. – 2002. – № 6. – С. 37–42.

8. Артемов, Р. В. Микробиологические исследования рыбы, охлажденной «жидким льдом» при хранении / Р. В. Артемов, Е. Н. Харенко. – Мурманск : МГТУ, 2009.

9. Репников, Б. Т. Товароведение и биохимия рыбных товаров / Б. Т. Репников. – М. : Дашков и К°, 2008. – 220 с.

10. Неверов, Е. Н. Анализ способов охлаждения неразделанной рыбы диоксидом углерода / Е. Н. Неверов // Вестник Международной академии холода. – 2018. – № 2. – С. 55–60. DOI: https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-2-55-60.

11. Egolf, P. W. From physical properties of ice slurries to industrial ice slurry applications / P. W. Egolf, M. Kauffeld // International Journal of Refrigeration. – 2005. – Vol. 28, № 1. – P. 4–12. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2004.07.014.

12. Неверов, Е. Н. Применение диоксида углерода для холодильной обработки рыбы / Е. Н. Неверов // Вестник Красноярского Государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 115, № 4. – С. 125–131.

13. Ballot Miguet, B. Coulis de glace a –35 °C: efficacite energetique systemes de refroidissement / B. Ballot Miguet, W. Rached // Revue general du Froid. – 2009. – Vol. 99, № 1094. – P. 45–51.

14. Simakova, I. V. Ensuring the safety of the lipid fraction of semi-finished products of a high degree of preparation from fatty fish raw materials / I. V. Simakova, T. M. Giro, A. A. Vasilyev // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 449–456. DOI: http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-449-456.

15. Ишевский, А. Л. Замораживание как метод консервирования пищевых продуктов / А. Л. Ишевский, И. А. Давыдов // Теория и практика переработки мяса. – 2017. – Т. 2, № 2. – С. 43–59. DOI: https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-2-43-59.

16. Han, J. H. Innovations in food packaging / J. H. Han. – Academic Press, 2014. – P. 345–353. DOI: https://doi.org/10.1016/C2011-0-06876-X.

17. Research on the influence of silver clusters on decomposer microorganisms and E. Coli bacteria / A. I. Piskaeva, Yu. Yu. Sidorin, L. S. Dyshlyuk [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 62–66. DOI: https://doi.org/10.12737/4136.

18. Feasibility case study in Belarus on the feasibility of Danish recirculation technology / P. Nielsen, N. Martti, A. Roze [et al.]. – Helsinki : Finnish Game and Fisheries Research Institute, 2014. – P. 95. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1350.0882.

19. Исследование охлажденной рыбы, обработанной ионизирующим излучением / Р. Т. Тимакова, А. С. Романова, С. Л. Тихонов [и др.] // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 2. – С. 456–460.

20. The Method of Carbon-Dioxide Recovery in Fish-Processing Industry / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, P. S. Korotkih [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 224, № 1. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012039.

References

1. Ob utverzhdenii strategii razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa rossiyskoy federatsii na period do 2020 goda. Prikaz Rosrybolovstva ot 30.03.2009 № 246 [On approval of the development strategy of the fishery industry of the Russian Federation for the period up to 2020. Order № 246 of the Federal Fishery Agency, March 30, 2009] [Internet]. [cited 2019 Feb 28]. Available from: http://legalacts.ru/doc/prikaz-rosrybolovstva-ot30032009-n-246-ob.

2. [Internet]. [cited 2019 Jan 25]. Available from: https://www.vedomosti.ru/ economics/articles/2015/11/17/617269-dengi-uglekislii-gaz.

3. Kiseleva EN, Vlasova OV, Konnova EB. Rynok ryby i moreproduktov [Fish and seafood market]. Moscow: Vuzovskiy Uchebnik; 2009. 162 p. (In Russ.).

4. Prosekov AYu, Ivanova SA. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world. Foods and Raw Materials. 2016;4(2):201–211. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.

5. Repnikov BT. Perspektivy ispol′zovaniya zhidkogo l′da dlya proizvodstva okhlazhdennoy produktsii [Prospects for the use of liquid ice in the production of chilled products]. Kaliningrad: AtlantNIRO; 2007. (In Russ.).

6. Tyul′zner M, Kokh M. Tekhnologiya rybopererabotki [Fish processing technology]. St. Petersburg: Professiya; 2011. 404 p. (In Russ.).

7. Bol′shakov OV. Rossiyskaya otraslevaya nauka: sovremennye kholodil′nye tekhnologii i reshenie problemy zdorovogo pitaniya [Russian industry science: modern refrigeration technologies and healthy food solutions]. Kholodilnaya Tekhnika. 2002;(6):37–42. (In Russ.).

8. Artemov RV, Kharenko EN. Mikrobiologicheskie issledovaniya ryby, okhlazhdennoy ‘zhidkim l′dom’ pri khranenii [Microbiological studies of fish cooled with ‘liquid ice’ during storage]. Murmansk: Murmansk State Technical University; 2009. (In Russ.).

9. Repnikov BT. Tovarovedenie i biokhimiya rybnykh tovarov [Merchandising and biochemistry of fish products]. Moscow: Dashkov and K°; 2008. 220 p. (In Russ.).

10. Neverov EN. The technique of roundfish treatment of by carbon dioxide. Journal of International Academy of Refrigeration. 2018;(2):55–60. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-2-55-60.

11. Egolf PW, Kauffeld M. From physical properties of ice slurries to industrial ice slurry applications. International Journal of Refrigeration. 2005;28(1):4–12. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2004.07.014.

12. Neverov EN. The use of carbon dioxide for cooling treatment of fish. The Bulletin of KrasGAU. 2016;115(4):125–131. (In Russ.).

13. Ballot Miguet B, Rached W. Coulis de glace a –35 °C: efficacite energetique systemes de refroidissement. Revue general du Froid. 2009;99(1094):45–51.

14. Simakova IV, Giro TM, Vasilyev AA. Ensuring the safety of the lipid fraction of semi-finished products of a high degree of preparation from fatty fish raw materials. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):449–456. DOI: http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-449-456.

15. Ishevskiy AL, Davydov IA. Freezing as a method of food preservation. Theory and practice of meat processing. 2017;2(2):43–59. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-2-43-59.

16. Han JH. Innovations in food packaging. Academic Press; 2014. pp. 345–353. DOI: https://doi.org/10.1016/C2011-0-06876-X.

17. Piskaeva AI, Sidorin YuYu, Dyshlyuk LS, Zhumaev YV, Prosekov AY. Research on the influence of silver clusters on decomposer microorganisms and E. Coli bacteria. Foods and Raw Materials. 2014;2(1):62–66. DOI: https://doi.org/10.12737/4136.

18. Nielsen P, Martti N, Roze A, Barulin N, Jokumsen A. Feasibility case study in Belarus on the feasibility of Danish recirculation technology. Helsinki: Finnish Game and Fisheries Research Institute; 2014. 95 p. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1350.0882.

19. Timakova RT, Romanova AS, Tikhonov SL, Tikhonova NV. The examination of chilled fish treated with ionizing radiation. Agro-Industrial complex of Russia. 2017;24(2):456–460. (In Russ.).

20. Neverov EN, Korotkiy IA, Korotkih PS, Lifenceva LV. The Method of Carbon-Dioxide Recovery in Fish-Processing Industry. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;224(1). DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012039.

Сведения об авторах

Неверов Евгений Николаевич
д-р техн. наук, профессор кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (923) 521-53-85, e-mail: neverov42@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3542-786X

Коротких Павел Сергеевич
ассистент кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (905) 912-40-22, e-mail: korotkix42@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4546-0276

Information about the authors

Yevgeniy N. Neverov
Dr.Sci.(Ehg.), Professor of the Department of Heat Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7(923) 521-53-85, e-mail: neverov42@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3542-786X

Pavel S. Korotkih
Assistant of the Department of Heat Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (905) 912-40-22, e-mail: korotkix42@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4546-0276