

УДК 621.564.36, 637.5

Экспериментальные исследования процесса охлаждения мясных образцов иммерсионным способом в однофазной и бинарной среде

Д-р техн. наук Г. Ю. ГОНЧАРОВА

galinagoncharova@mail.ru

МГТУ им. Н. Э. Баумана

И. В. АГАФОНКИНА¹, С. С. БОРЗОВ², Г. В. БОРЩЕВ³

¹iagafonkina@gmail.com, ²donsb@bk.ru, ³razorleaf.619@gmail.com

ВНИИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

В статье рассмотрена возможность использования двухфазной охлаждающей среды (бинарного льда в зарубежной литературе Ice slurry) для иммерсионного охлаждения герметично упакованной пищевой продукции. Проведены экспериментальные исследования процессов теплоотдачи от охлаждаемой мясной продукции к бинарному льду и однофазной жидкой среде. На основе полученных результатов проводилась оценка целесообразности применения бинарного льда, для охлаждения герметично упакованного мяса. Впервые получены экспериментальные данные и корректно проведена сравнительная оценка интенсивности теплоотдачи от упакованного мяса к бинарному льду и однофазной жидкости в идентичных условиях. Подтверждено преимущество бинарного льда не только с позиций поддержания температуры хладоносителя (аккумулирующей способности), но и более высоких значений коэффициента теплоотдачи по сравнению с однофазным жидким хладоносителем при охлаждении герметично упакованной мясной продукции. Полученные данные могут служить базой для проектирования и разработки иммерсионных систем охлаждения на основе бинарного льда.

Ключевые слова: иммерсионное охлаждение, пищевая продукция, бинарный лед, фазовые превращения.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 05.09.2019, принята к печати 15.11.2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-4-57-63

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Гончарова Г. Ю., Агафонкина И. В., Борзов С. С., Борщев Г. В. Экспериментальные исследования процесса охлаждения мясных образцов иммерсионным способом в однофазной и бинарной среде // Вестник Международной академии холода. 2019. № 4. С. 57–63.

Research of meat samples cooling by immersion in single-phase and binary cooling medium

D. Sc. G. Yu. GONCHAROVA

galinagoncharova@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University

I. V. AGAFONKINA¹, S. S. BORZOV², G. V. BORSHEV³

¹iagafonkina@gmail.com, ²donsb@bk.ru, ³razorleaf.619@gmail.com

All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry —

Branch of V. M. Gorbatov Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science

The article considers the possibility of using a two-phase cooling medium (binary ice, in the foreign literature — ice slurry) for immersion cooling of hermetically packed food products. Experimental studies of heat transfer processes from cooled meat products to binary ice and single-phase liquid medium have been carried out. Based on the results obtained, the appropriateness of using binary ice for cooling hermetically packed meat has been assessed. The experimental data have been obtained for the first time and the comparative assessment of the heat transfer intensity from packaged meat to binary ice and single-phase liquid under identical conditions has been correctly carried out. The advantage of binary ice has been confirmed not only in terms of maintaining the temperature of the coolant (storage capacity), but also in terms of higher values of the heat transfer coefficient compared to single-phase liquid coolant when cooling sealed meat products. The data obtained can serve as a basis for the design and development of immersion cooling systems based on binary ice.

Keywords: immersion cooling, food products, ice slurry, phase changes.

Article info:

Received 05/09/2019, accepted 15/11/2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-4-57-63

Article in Russian

For citation:Goncharova G. Yu., Agafonkina I. V., Borzov S. S., Borschev G. V. Research of meat samples cooling by immersion in single-phase and binary cooling medium. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019. No 4. p. 57–63.**Введение**

На сегодняшний день одной из важнейших задач холодильной отрасли является интенсификация процессов теплообмена. Возможным решением данной задачи в сфере охлаждения пищевой продукции является применение иммерсионного охлаждения с двухфазной средой в качестве хладоносителя [1]. Двухфазное рабочее тело или бинарный лед представляет собой однородную смесь жидкой фазы и мелких кристаллов водного льда, приготовленную в специальных генераторах на основе водного раствора, включающего компонент, понижающий температуру образования льда. Это позволяет использовать фазовый переход «лед–вода» при температурах водного раствора ниже 0 °С. Благодаря присутствию водного льда в составе двухфазного хладоносителя данную смесь целесообразно использовать в процессах охлаждения с пиковыми нагрузками [2, 3]. Бинарный лед исследуется достаточно давно [4–7, 10, 11], однако большинство данных по теплофизическим свойствам бинарного льда являются расчетными [1, 8, 10], не имеющими экспериментального подтверждения. В связи с этим, результаты различных авторов зачастую не коррелируют друг с другом. Тем не менее, большинство исследователей сходятся во мнении, что основным преимуществом бинарного льда является его хладо-аккумуляционная способность [9], при этом коэффициент теплоотдачи рассматривается значительно реже.

В мясной промышленности холодильная обработка оказывает значительное влияние на качество мясной продукции, в том числе на процесс созревания мяса, предотвращение роста микробиологической обсемененности, обеспечение сроков годности [12, 13]. При организации классического воздушного охлаждения, одной из основ-

ных проблем является обеспечение равномерного распределения воздушных потоков в камере. Высокие скорости потока воздуха не всегда рациональны, в том числе с позиций усушки продукта, а понижение температуры хладоносителя может привести к подмораживанию поверхности. Современный уровень развития упаковки продукции (вакуумная герметичная упаковка), а также развитие направления парной обвалки туш открывают возможность применения иммерсионного способа охлаждения. Одним из новых и перспективных подходов к решению данной задачи является применение двухфазных рабочих тел, обладающих хладоаккумулирующей способностью и позволяющих охлаждать продукт с коэффициентом теплоотдачи, превышающим аналогичный показатель однофазной среды.

Цель экспериментальных исследований

Целью проводимых экспериментов явилось сравнение интенсивности теплоотдачи от мясной продукции к охлаждающей среде, а также выявление специфических особенностей бинарного льда в качестве охлаждающей среды для применения в системах охлаждения герметично упакованной мясной продукции.

Объекты и методы исследований

Для проведения экспериментов был создан стенд, позволяющий проводить исследования иммерсионного охлаждения, как в среде однофазного раствора, так и в среде бинарного льда. Схема и внешний вид данного стенда представлены на рис. 1 и 2.

Проведен обзор используемых хладоносителей для иммерсионного охлаждения. Вещества, предложенные

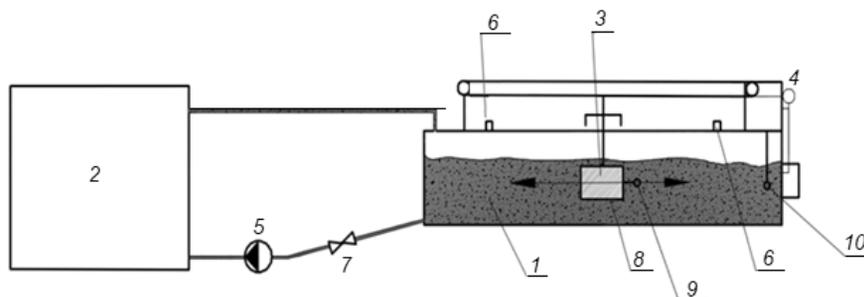


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:

- 1 — ванна с охлаждающей средой; 2 — холодильная машина с кристаллизатором; 3 — передвижное устройство с креплением для установки охлаждаемого объекта; 4 — реле управления; 5 — циркуляционный насос; 6 — ограничители хода; 7 — запорный вентиль; 8 — датчик температуры внутри образца; 9 — датчик температуры окружающей среды; 10 — контрольный датчик температуры среды

Fig. 1. Scheme of test facility: 1 — cooling medium bath; 2 — refrigerating machine with crystallizer;

- 3 — movable track for cooled sample; 4 — control relay; 5 — circulation pump; 6 — stop block; 7 — shutoff valve; 8 — monitoring sensor of sample core temperature; 9 — monitoring sensor of ambient medium temperature; 10 — monitoring sensor of medium temperature

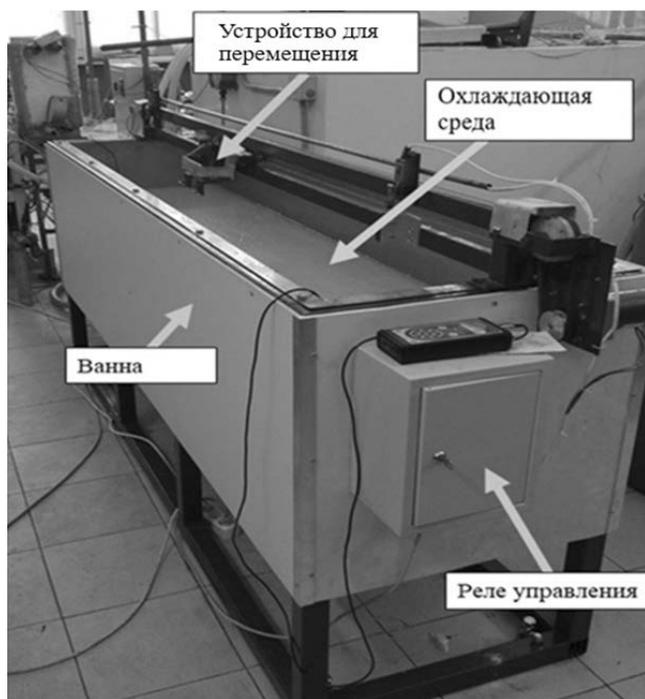


Рис. 2. Внешний вид стенда
Fig. 2. Configuration of test facility

в работах разных исследователей в качестве одного из компонентов охлаждающей среды — хлористый кальций, хлористый натрий, цитрат натрия, ацетат натрия, этиловый спирт, сахароза, этанол, этиленгликоль, пропиленгликоль. В данной работе использовался раствор пропиленгликоля, обладающий лучшими экологическими характеристиками и низкой токсичностью.

Согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» [14] пропиленгликоль является разрешенной пищевой добавкой E1520.

В качестве объектов исследования были выбраны куски мяса из тазобедренного отруба говядины качественной группы NOR. При разделке мясной продукции и подготовке к эксперименту сформированы образцы, идентичные по геометрическим соотношениям и весу, а также с преимущественно продольным расположением волокон (рис. 3). Подобный подбор исследуемых объектов позволил создать условия для дальнейшего корректного сравнения экспериментальных данных.

Геометрические соотношения и физические свойства исследуемого образца при нормальных условиях:

- высота $h = 70$ мм, ширина $w = 80$ мм, длина $l = 270$ мм;
- масса $m = 1$ кг;
- удельная теплоемкость $c_{pm} = 3,6$ кДж/(кг °С);
- теплопроводность $\lambda_m = 0,45$ Вт/(м·К);
- плотность $\rho_m = 1100$ кг/м³;

Измерения коэффициента теплопроводности непосредственно выбранных образцов мяса говядины проводились на приборе ТНВ — 100 фирмы Linseis, с сенсором HotPoint.

Значение удельной теплоемкости говядины было определено методом дифференциальной сканирующей калориметрии на приборе NETZSCH DSC 204 F1.



Рис. 3. Внешний вид исследуемых образцов
Fig. 3. Samples under investigation

Полученные данные коэффициента теплопроводности и значение удельной теплоемкости согласуются со справочными данными [15, 16].

Подготовка к экспериментам

Подготовка к проведению эксперимента включала в себя несколько этапов:

- включение холодильной машины, обеспечивающей охлаждение хладоносителя до заданных температур, или получение бинарного льда при экспериментах с бинарным льдом, или же заданных температур при экспериментах на однофазном растворе;
- в исследуемый образец устанавливались 2 платиновых датчика температуры, марки ТС1388 с чувствительным элементом pt100 с регистратором температуры ТЦМ9410/М1Н фирмы «Элемер». Один датчик размещался в центре образца, второй — на поверхности;
- производилась герметизация мяса в упаковочную пленку (рис. 4);
- образец нагревался до 40 °С путем размещения его в теплую подогреваемую воду, производился визуальный контроль температуры термического центра и поверхности мяса по данным регистратора ТЦМ9410/М1Н;
- после достижения заданных параметров охлаждающей среды происходило отключение холодильной машины;



Рис. 4. Упакованный образец с датчиками
Fig. 4. Packed sample with sensors

Таблица 1

Режимные параметры проведенных экспериментов

Table 1

Parameters of the experiments for different modes

№ режима	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Характеристики охлаждающей среды	Бинарный лед	Однофазный раствор без поддержания температуры	Однофазный раствор с поддержанием температуры
Состав хладоносителя	водный раствор пропиленгликоля, объемная доля — 12%	водный раствор пропиленгликоля, объемная доля — 15%	водный раствор пропиленгликоля, объемная доля — 15%
Концентрация льда в растворе	18±2%	—	—
Начальная температура хладоносителя, °С	-5±0,5	-5±0,5	-5±0,5
Конечная температура хладоносителя, °С	-5±0,5	-3,5±0,5	-5±0,5
Начальная температура исследуемого образца, °С	40±1	40±1	40±1
Конечная температура в центре образца, °С	0	0	0

— при достижении образцом температуры 40 °С в центре, он устанавливался в съемное крепление передвижного устройства стенда (каретку).

Последовательность проведения эксперимента

Для корректного сравнения результатов были проведены три серии экспериментов с мясным образцом:

— эксперименты в среде бинарного льда (концентрация льда 18±2%) и постоянной температурой раствора поддерживаемой -5 °С;

— эксперименты в среде однофазного хладоносителя с начальной температурой -5 °С, без поддержания стабильной температуры в течение охлаждения образца;

— эксперименты в среде однофазного хладоносителя с поддержанием стабильной температуры -5 °С раствора.

Во всех сериях экспериментов охлаждение проводилось до момента достижения температуры 0 °С в центре мясного образца.

Каретка с нагретым образцом опускалась в среду хладоносителя и фиксировалась на передвижном устройстве стенда. Далее производился запуск передвижного устройства с заданной скоростью перемещения 0,2 м/с при помощи реле управления стенда.

Производилась регистрация изменения значений температуры экспериментального образца с частотой один раз в 20 с, а также температуры хладоносителя на расстоянии не более 5 см от мяса.

Поддержание температуры однофазного раствора может осуществляться, либо работой холодильной машины, либо внесением в удаленные от образца мясо зоны ванны бинарной смеси, но не допуская ее контакта непосредственно с охлаждаемым образцом. Проведение этой серии экспериментов было необходимо, чтобы процесс охлаждения мяса в обеих средах протекал при идентичной температуре среды. В этом случае, при исключении влияния перепада температур, ожидаемое сокращение времени охлаждения мяса в бинарной среде можно отнести непосредственно к более высокому значению коэффициента теплоотдачи к бинарному льду.

В табл. 1 приведены режимные параметры исследований.

Результаты и обсуждение

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 5.

Полученные результаты доказывают более высокую интенсивность теплоотдачи в среде бинарного льда. Это можно видеть при сопоставлении длительности охлаждения образца мясной продукции в однофазной среде с поддержанием температуры раствора и в двухфазном рабочем теле. Среднее время охлаждения образцов в двухфазной среде составило 84 мин, в то время как средняя продолжительность охлаждения в однофазной среде с поддержанием и без поддержания температуры среды составила 108 и 113 мин, соответственно. При сравнении этих величин, сокращение времени на 5 мин, при поддержании температуры однофазной среды, можно объяснить сохранением в течение всего процесса неизменным градиента температур между средой и образцом. Во всех трёх режимах охлаждение проводилось с начальной температуры 40 °С до 0 °С в термическом центре, образцы в среднем обладают идентичными физическими свойствами и геометрическими размерами. Поэтому, исходя из уравнения теплового баланса охлаждения, в соответствии с интегральной формулой Ньютона — Рихмана, можно утверждать, что снижение продолжительности охлаждения со 108 до 84 мин при переходе на бинарную среду при прочих равных условиях, можно отнести исключительно к увеличению коэффициента теплоотдачи. Таким образом, экспериментально установлено, что использование однофазного раствора пропиленгликоля с поддержанием температурного режима приводит к увеличению продолжительности охлаждения исследуемого объекта в среднем на 25,5%, а без поддержания температуры охлаждающей среды продолжительность охлаждения возрастает на 31,4%, по сравнению с двухфазным хладоносителем.

Основное отличие бинарного льда от однофазной жидкости заключается в присутствии в нем мельчайших кристаллов водного льда, перемешанных с жидкостью.

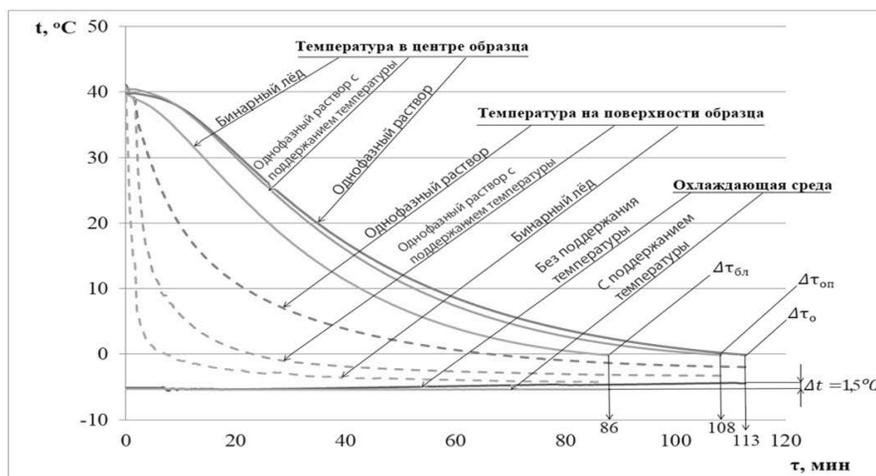


Рис. 5. График зависимости температуры в центре и на поверхности образца от продолжительности охлаждения в среде бинарного льда и однофазного раствора

Fig. 5. Dependence of the sample core temperature and the temperature on the surface of the sample on cooling time in binary ice medium and in single-phase solution medium

Можно предположить, что интенсификация процесса охлаждения в среде бинарного льда связана с совокупностью различных факторов, происходящих на микроуровне. К таким факторам относится «микрооребрение» поверхности образца за счет адгезии кристаллов льда, приводящее к увеличению поверхности теплообмена, а следовательно, и к более высокому показателю теплообмена. Вторым возможным фактором может быть срыв ламинарного подслоя в процессе фазового перехода кристаллов водного льда на поверхности теплообмена, нивелирующий тем самым эффект «тепловой подушки» жидкости вокруг охлаждаемого объекта. Иными словами, можно утверждать, что коэффициент теплоотдачи к бинарному льду выше, чем к однофазной среде по совокупности условий, возникающих на границе обтекания образца мяса. Полученные, по данным экспериментов, средние значения альфа составляют 115 и 92 Вт/(м²·К), соответственно для бинарного льда и однофазной среды.

Для сравнения коэффициенты теплоотдачи к обеим средам определялись нами и расчетным путем в результате решения обратной задачи нестационарного теплообмена: на основании экспериментально определенного времени охлаждения образцов по номограммам, связывающим числа *Bi* и *Fo*.

$$Bi = f(\theta, Fo). \tag{1}$$

Значения θ и *Fo* рассчитываются согласно данным, полученным в эксперименте, и далее по номограммам определяется значение числа *Bi*. Получив значение числа *Bi*, можно найти значение коэффициента теплоотдачи

$$\alpha = \frac{Bi \cdot \lambda_{пр}}{l}. \tag{2}$$

Полученное в результате расчета среднее значение коэффициента теплоотдачи к бинарному льду составляет 128 Вт/(м²·К); однофазной среды — 96 Вт/(м²·К). Значение однофазной среды на 25% ниже, чем для бинарного льда и достаточно близко значению, полученному непосредственно в эксперименте.

Заключение

Таким образом, впервые выполнен комплекс экспериментальных исследований, позволивших провести корректное сравнение интенсивности теплообменных процессов при охлаждении мясной продукции в однофазной и двухфазной средах при прочих идентичных условиях. В результате подтверждено преимущество бинарного льда, не только с позиций поддержания стабильности температуры при теплоотводе (аккумулирующей способности), но и более высоких значений коэффициента теплоотдачи к охлаждаемой герметично упакованной мясной продукции.

Целесообразность использования бинарного льда в качестве хладоносителя обусловлена рядом важных особенностей:

- коэффициенты теплоотдачи, превосходящие значения, полученные для однофазной среды;
- хладоаккумулирующая способность за счет наличия кристаллов водного льда.

Полученные результаты подтверждают перспективность дальнейших исследований в этом направлении. Однако, необходима оптимизация параметров охлаждения и создание большей научной базы, обеспечивающей возможность проектирования иммерсионных систем, использующих бинарный лед в качестве хладоносителя.

Литература

1. Kauffeld M. et al. Ice slurry applications // *International Journal of Refrigeration*. 2010. 33 (8). p. 1491–1505. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2010.07.018>
2. Белозеров Г. А. и др. Исследование процесса охлаждения рыбы с использованием бинарного льда. // *Холодильная техника*. 2012. № 6. с. 37–41.
3. Bellas I., Tassou S. A. Present and future applications of ice slurries. // *International Journal of Refrigeration*. 2005. 28 (1) p. 115–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2004.07.009>.
4. Meewisse J. W., Infante Ferreira C. A. Freezing point depression of various ice slurries // IIF-IIR, Commission B. 2001.
5. Fournaison L. Practical aspects on slurries for refrigeration and air conditioning. // 25th IIR ICR, Montreal, Canada, 2019. DOI: 10.18462/iir.icr.2019.1839.
6. Asaoka T., Hoshina D. Fundamental study on continuous pipe transportation of ice slurry. // 25th IIR ICR, Montreal, Canada, 2019. DOI: 10.18462/iir.icr.2019.0243.
7. Belozеров Г. А., Медникова Н., Пытченко В. П. Investigation of heat exchange of ice slurry flow in a coil. // 25th IIR ICR, Montreal, Canada, 2019. DOI: 10.18462/iir.icr.2019.0213.
8. Özcan H. Thermodynamic analysis of an ice slurry thermal energy storage system for decreased size and cost of HVAC systems. // *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 2018. 24 (1). p. 25–29.
9. Li Y. et al. CFD study of ice slurry heat transfer characteristics in a straight horizontal tube. // *Procedia engineering*. 2016. 146. p. 504–512. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.383>
10. Жердев А. А., Колесников А. С. Анализ энергетической эффективности применения хладоносителей с фазовым переходом в качестве вторичных хладоносителей // *Инженерный журнал: Наука и инновации*. 2012. № 5 (5). С. 4. DOI: 10.18698/2308-6033-2012-5-183
11. Цветков О. Б., Лаптев Ю. А. Айс-сларри и однофазные хладоносители // *Холодильная техника*. 2004. № 3. С. 2–4.
12. Бабакин Б. С., Воронин М. И., Семенов Е. В., Бабакин С. Б., Белозеров А. Г., Сучков А. Н. Моделирование процесса замораживания плоских мясных продуктов // *Вестник Международной академии холода*. 2019. № 1. С. 46–51
13. *Frozen Food Science and Technology*. Edited by Judith A. Evans. Food Refrigeration and Process Engineering Research Centre (FRPERC) University of Bristol, UK: Blackwell Publishing, 2008. P. 368.
14. ТР ТС 029/2012. Технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»; с изменениями совета ЕЭК от 18 сентября 2014 г., № 69.
15. Гинзбург А. С., Громов М. А., Красовская Г. И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник. — М.: Агропромиздат, 1990.
16. *Ashrae Handbook refrigeration* 2014. P. 929.

References

1. Kauffeld M. et al. Ice slurry applications. *International Journal of Refrigeration*. 2010. 33 (8). p. 1491–1505. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2010.07.018>
2. Belozеров G. A. et al. Study of the cooling process of fish using binary ice. *Kholodilnaya Tekhnika*. 2012. No. 6. p. 37–41. (in Russian)
3. Bellas I., Tassou S. A. Present and future applications of ice slurries. *International Journal of Refrigeration*. 2005. 28 (1) p. 115–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2004.07.009>.
4. Meewisse J. W., Infante Ferreira C. A. Freezing point depression of various ice slurries. *IIF-IIR*, Commission B. 2001.
5. Fournaison L. Practical aspects on slurries for refrigeration and air conditioning. *25th IIR ICR*, Montreal, Canada, 2019. DOI: 10.18462/iir.icr.2019.1839.
6. Asaoka T., Hoshina D. Fundamental study on continuous pipe transportation of ice slurry. *25th IIR ICR*, Montreal, Canada, 2019. DOI: 10.18462/iir.icr.2019.0243.
7. Belozеров G. A., Mednikova N., Pytchenko V. P. Investigation of heat exchange of ice slurry flow in a coil. // 25th IIR ICR, Montreal, Canada, 2019. DOI: 10.18462/iir.icr.2019.0213.
8. Özcan H. Thermodynamic analysis of an ice slurry thermal energy storage system for decreased size and cost of HVAC systems. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 2018. 24 (1). p. 25–29.
9. Li Y. et al. CFD study of ice slurry heat transfer characteristics in a straight horizontal tube. *Procedia engineering*. 2016. 146. p. 504–512. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.383>
10. Zherdev A. A., Kolesnikov A. S. Analysis of energy efficiency of application of coolants with phase transition as secondary coolants. *Engineering journal: Science and innovation*. 2012. no. 5 (5). C. 4. (in Russian)
11. Tsvetkov O. B., Laptev Yu. a. ice-slarri and single-phase coolants. *Kholodilnaya Tekhnika*. 2004. no. 3. Pp. 2–4. (in Russian)
12. Babakin B. S., Voronin M. I., Semenov E. V., Babakin S. B., Belozеров A. G., Suchkov A. N. Modeling the freezing process of flat meat products. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019. No 1. p. 46–51. (in Russian)
13. *Frozen Food Science and Technology*. Edited by Judith A. Evans. Food Refrigeration and Process Engineering Research Centre (FRPERC) University of Bristol, UK: Blackwell Publishing, 2008. P. 368.
14. TR CU 029/2012. Technical Regulation of the Customs Union “Safety Requirements for food additives, flavorings and technological AIDS”; as amended by the EEC Council of 18 September 2014, No. 69. (in Russian)
15. Ginzburg A. S., Gromov M. A., Krasovskaya G. I. Thermophysical characteristics of food products. Handbook. Moscow: Agropromizdat, 1990. (in Russian)
16. *Ashrae Handbook refrigeration* 2014. P. 929.

Сведения об авторах**Гончарова Галина Юрьевна**

д. т. н., профессор, кафедра «Холодильная, криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения», МГТУ им. Н. Э. Баумана, 105005, Москва, Лefortovskaya nab., 1, galinagoncharova@mail.ru, ORCID 0000-0003-4270-819X, РИНЦ ID 678637, Scopus ID 57195304408

Агафонкина Ирина Владимировна

младший научный сотрудник лаборатории исследований теплофизических свойств и теплотехнических измерений ВНИИХИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, Москва, ул. Костякова, 12, iagafonkina@gmail.com, ORCID 0000-0003-4585-3042, РИНЦ ID 961590

Борзов Сергей Сергеевич

инженер-исследователь лаборатории промышленных холодильных установок ВНИИХИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, Москва, ул. Костякова, 12, donsb@bk.ru, ORCID 0000-0003-4431-1815

Борщев Георгий Владимирович

инженер-исследователь лаборатории промышленных холодильных установок ВНИИХИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, Москва, ул. Костякова, 12, razorleaf.619@gmail.com, ORCID 0000-0002-8878-1571, РИНЦ ID 988853

Information about authors**Goncharova Galina Yuryevna**

D. Sc., Professor, Department of Refrigeration, Cryogenic Engineering, Air Conditioning and Life Support Systems, MSTU N. E. Bauman, 105005, Moscow, Lefortovskaya nab., 1, galinagoncharova@mail.ru, ORCID 0000-0003-4270-819X, Autor ID 678637, Scopus ID 57195304408

Agafonkina Irina Vladimirovna

Junior scientist of Laboratory of thermophysical properties and thermotechnical measurements All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry — Branch of V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 127422, Moscow, Kostyakova str., 12, iagafonkina@gmail.com, ORCID 0000-0003-4585-3042, Autor ID 961590

Borzov Sergey Sergeevich

Research engineer Laboratory of industrial refrigeration units All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry — Branch of V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 127422, Moscow, Kostyakova str., 12, donsb@bk.ru, ORCID- 0000-0003-4431-1815, Autor ID 946064

Borschev Georgiy Vladimirovich

Research engineer Laboratory of industrial refrigeration units All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry — Branch of V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 127422, Moscow, Kostyakova str., 12, razorleaf.619@gmail.com, ORCID 0000-0002-8878-1571, Autor ID 988853



<http://www.md-expo.ru>

18-я Международная выставка оборудования и технологий для молочного производства

DairyTech | Dairy & Meat 2020

18–21 февраля 2020 г.

Международная выставка оборудования и технологий для животноводства, молочного и мясного производств «DairyTech | Dairy & Meat 2020» — это ведущее бизнес-мероприятие, демонстрирующее оборудование и технологии для агропромышленного производства полного цикла: от репродукции племенных животных, их выращивания, содержания и откорма до переработки и упаковки продукции животноводства: как для молочной индустрии, так и для мясной.

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- ❖ Оборудование и технологии для выращивания и содержания сельскохозяйственных животных;
- ❖ Оборудование и технологии для производства молока и молочной продукции;
- ❖ Оборудование для производства и розлива напитков.

Место проведения:

Россия, Москва, МВЦ «Крокус Экспо», павильон 1
<http://www.crocus-expo.ru>

Организатор выставки: ITE Москва

+7 (499) 750-08-28, 750-08-30
md@ite-expo.ru
www.ite-expo.ru