

EFFECT OF SUBCRYOSCOPIC STORAGE TEMPERATURE ON THE QUANTITY OF FROZEN-OUT WATER IN NOR AND DFD BEEF

ВЛИЯНИЕ СУБКРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ХРАНЕНИЯ НА КОЛИЧЕСТВО ВЫМОРОЖЕННОЙ ВОДЫ В NOR И DFD ГОВЯДИНЕ

Dibirasulaev M.A., Belozerov G.A., Dibirasulaev D.M., Orlovsky D.E.

The All-Russian Scientific Research of Refrigeration Industry, Moscow, Russia

Ключевые слова: NOR и DFD говядина, субкриоскопическая температура хранения, pH, количество вымороженной воды.

Keywords: NOR and DFD beef, subcryoscopic temperature of storage, pH, quantity of frozen-out water.

Аннотация

Проведена сравнительная оценка экспериментальных и расчетных методов определения количества вымороженной воды, предложенных В. Жаданом, В. Латышевым, Й. Нагаока, Л. Риделем, Д. Рютовым и Г. Чижовым применительно к мясу крупного рогатого скота в диапазоне температур от минус 1°C до минус 30°C.

Показано, что значения доли вымороженной воды, определенные по формуле Й. Нагаока, на 6–7% выше, чем экспериментальные данные Л. Риделя в диапазоне температур от минус 7°C до минус 30°C. С понижением температуры мяса от –7°C до –30°C разница в экспериментальных данных Л. Риделя и В. Латышева достигает 5%.

Значения, соответствующие наиболее надежным экспериментальным данным Л. Риделя для говяжьего мяса ($t_{cr} = -0,95^\circ\text{C}$), принятых в рекомендациях МИХ, наиболее точно описываются теоретической зависимостью, предложенной Д. Рютовым. По этой зависимости определено количество вымороженной воды в интервале температур от минус 1°C до минус 4°C применительно к NOR и DFD мясу.

Установлено, что при разнице криоскопической температуры 0,3°C между обоими видами мяса содержание льда при температуре минус 2,0°C в DFD мясе на 13,0% больше, чем в NOR мясе, а для обеспечения одинакового количества содержания вымороженной воды 30% температура хранения для NOR мяса должна быть на 0,5°C ниже, чем для DFD.

Abstract

The comparative assessment of the experimental and computational methods for detecting the quantity of frozen-out water proposed by V. Zhadan, V. Latyshev, J. Nagaoka, L. Riedel, D. Ryutov and G. Chizhov as applied to beef in the temperature range of –1°C to –30°C was carried out.

It was shown that the values of frozen-out water proportion detected by the formula of J. Nagaoka were 6–7% higher than the experimental data of L. Riedel in a temperature range of –7°C to –30°C. With decrease of the meat temperature from –7°C to –30°C, the difference in the experimental data obtained by L. Riedel and V. Latyshev reaches 5%.

The values corresponding to the most reliable experimental data of L. Riedel for beef ($t_{cr} = -0,95^\circ\text{C}$), which were adopted in the recommendations of the International Institute of Refrigeration (IIR), are most accurately described by the theoretical dependence proposed by D. Rutov. Using this dependence, the quantity of frozen-out water in a temperature range of –1°C to –4°C was detected as applied to NOR and DFD meat.

It was established that at a difference of the cryoscopic temperature of 0,3°C between two groups of meat, the ice content at a temperature of –2°C is 13,0% higher in DFD meat compared to NOR meat, and in order to ensure the same content of frozen-out water (30%), the storage temperature for NOR meat should be 0,5°C lower than that for DFD meat.

Введение

При сохранении продуктов животного происхождения в свежем виде стремились к максимальному понижению температуры объекта, не допускающему кристаллообразования в его тканях. Как показала практика, такое охлаждение не задерживает в достаточной степени развития ферментативных и микробиологических процессов и не обеспечивает сохранения качества продуктов в течение длительного времени. Для увеличения срока хранения продуктов животного происхождения рекомендуется их подмораживать и хранить при субкриоскопической температуре (–2 ÷ –3°C) [1].

Впервые способ сохранения качества пищевых продуктов при субкриоскопических температурах хранения (минус 0,5 ÷ минус 4°C) был предложен Le Danois, 1920 г [2]. Основным преимуществом внедрения данной технологии является увеличение срока хранения сверхохлажденных продуктов в 1,4–4 раза по сравнению с традиционным охлаждением [3].

Introduction

In preserving products of animal origin in the fresh condition, the aim has been the maximum decrease in an object temperature that prevents the crystal formation. As practice shows, this cooling does not retard sufficiently the development of the enzymatic and microbiological processes and does not ensure preservation of product quality for a long period of time. To extend a shelf-life of products of animal origin, it is recommended to slightly freeze them and store at the subcryoscopic temperatures (–2 ÷ –3°C) [1].

For the first time, the method of food quality preservation at the subcryoscopic storage temperatures (–0,5 ÷ –4°C) was proposed by Le Danois in 1920 [2]. The main advantage of this technology is extending the shelf-life of supercooled products 1.4–4 times compared to the traditional cooling [3].

Возможность применения субкриоскопической температуры для сохранения пищевых продуктов в сверхохлажденном состоянии отмечается и в настоящее время [4–8]. Сверхохлаждение определяется как технология, при которой температура продуктов понижается на 1–2 °C ниже точки криоскопической температуры продукта. Применение сверхохлаждения в промышленности может уменьшить использование замораживания — размораживания и, следовательно, снизить трудо-затраты, расходы на энергию и потери массы продукта. Основным параметром, определяющим качество сверхохлажденного продукта, является степень перехода воды в лёд (от 5 до 50%).

В этих работах показана так же значимость определения размеров и локализации кристаллов льда, содержащихся в продукте при суперохлаждении и хранении при субкриоскопических температурах. Однако вопрос зависимости количества вымороженной воды от качественных групп мяса недостаточно исследован.

Недавними исследованиями М. Фараук и др. [9–10] установлена зависимость криоскопической температуры от активной кислотности мяса (pH). Согласно этим исследованиям была доказана гипотеза о том, что существует связь между более высокой точкой заморзания и повышением pH в мясе. По данным исследователей криоскопическая температура для говядины меняется от –0,9 до –1,5 ($\Delta = 0,6$ °C) в зависимости от уровня pH ($r = +0,73$, $P < 0,01$).

Целью настоящей работы является определение зависимости количества вымороженной воды от качественных групп мяса крупного рогатого скота в области субкриоскопических температур.

Материалы и методы

При проведении исследований определяли значения параметров процессов охлаждения, хранения и показателей качества мяса говядины первой категории с использованием современных приборов и методов исследований:

- температура и влажность воздуха и температура мяса с применением электронных самописцев, предназначенных для измерения, регистрации и хранения данных с последующей их передачей на компьютер и выводом в виде графиков температуры и влажности [11];
- величина pH мяса (активная кислотность среды) комбинированным pH-метром 205 фирмы «Testo» для непосредственного измерения величины активной кислотности в мышечной ткани. Диапазон измерения активной кислотности среды от 0 до 14 ед. с погрешностью $\pm 0,01$ ед.
- криоскопическая температура по методике, описанной С. Джеймс [12] с определением температуры стабилизации на кривой замораживания с применением прецизионного измерителя температуры при температуре воздуха минус 20 °C $\pm 1,0$ °C. Предел допускаемой основной погрешности прибора, °C $\pm (0,015 + 10^{-5} \cdot T)$.

At present, the possibility to use the subcryoscopic temperature for preservation of food products in the supercooled condition is also noted [4–8]. Supercooling is defined as a technology, in which the temperature of products is decreased to a point that is 1–2 °C lower than the point of a product cryoscopic temperature. Application of supercooling in the industry can reduce use of freezing — thawing and consequently, lower labor costs, power costs and product mass losses. The main parameter determining the quality of a supercooled product is the degree of transition of water into ice (5 to 50%).

In these works, the significance of determining the size and location of the ice crystals present in a product upon supercooling and storing at the subcryoscopic temperatures is also shown. However, the question of dependence of the quantity of frozen-out water on the meat quality groups has not been adequately studied.

In their recent studies, Farouk M.M. et al. [9–10] have established the dependence of the cryoscopic temperature on the active acidity of meat (pH). According to these studies, the hypothesis on the relationship between the higher point of freezing and increase in meat pH has been proven. The data of the researchers show that the cryoscopic temperature of beef changes from –0,9 to –1,5 ($\Delta = 0,6$ °C) depending on the pH level ($r = +0,73$, $P < 0,01$).

The aim of the present work was establishing the dependence of the quantity of frozen-out water on the quality groups of beef in the range of the cryoscopic temperatures.

Materials and methods

When conducting the experiments, the values of the parameters of cooling and storage processes and quality indicators of beef of category 1 were determined using the modern instruments and methods of investigation:

- air temperature and humidity, meat temperature using electronic recorders for data measuring, recording and storing with their subsequent transfer to a computer and plotting them on the temperature and humidity graphs [11];
- meat pH value (active acidity of the medium) with the combined pH-meter Testo 205 for direct detection of active acidity in meat tissue. The measurement range of active acidity of the medium is 0 to 14 pH with accuracy $\pm 0,01$ pH.
- cryoscopic temperature according to the method described by S. James [12] with detection of the stabilization temperature on the freezing curve using precision temperature gauge at an air temperature of –20 °C $\pm 1,0$ °C with the acceptable basic error limit of the device, °C $\pm (0,015 + 10^{-5} \cdot T)$.

Результаты и их обсуждение

Данные по определению точности поддержания температуры воздуха в камерах хранения и обоснованию метода расчета количества вымороженной воды при субкриоскопической температуре хранения мяса различных качественных групп приведены (рис. 1–3). Мониторинг температуры в камерах при близ- и субкриоскопических режимах хранения (рис. 1а, 1б) показывает, что при средней температуре воздуха $-0,55^{\circ}\text{C}$ и $-2,70^{\circ}\text{C}$ значения стандартного отклонения составляют $S = \pm 0,14^{\circ}\text{C}$ и $S = \pm 0,15^{\circ}\text{C}$.

Results and discussion

The data on detecting the accuracy of air temperature maintenance in the storage rooms and substantiation of the method for calculating the quantity of frozen-out water at the subcryoscopic storage temperature of meat from different quality groups is given in figure 1–3. Monitoring of the temperature in the rooms at near- and subcryoscopic storage regimes (figure 1a, 1b) shows that at the average air temperatures of $-0,55^{\circ}\text{C}$ and $-2,70^{\circ}\text{C}$, the values of the standard deviation are $S = \pm 0,14^{\circ}\text{C}$ and $S = \pm 0,15^{\circ}\text{C}$.

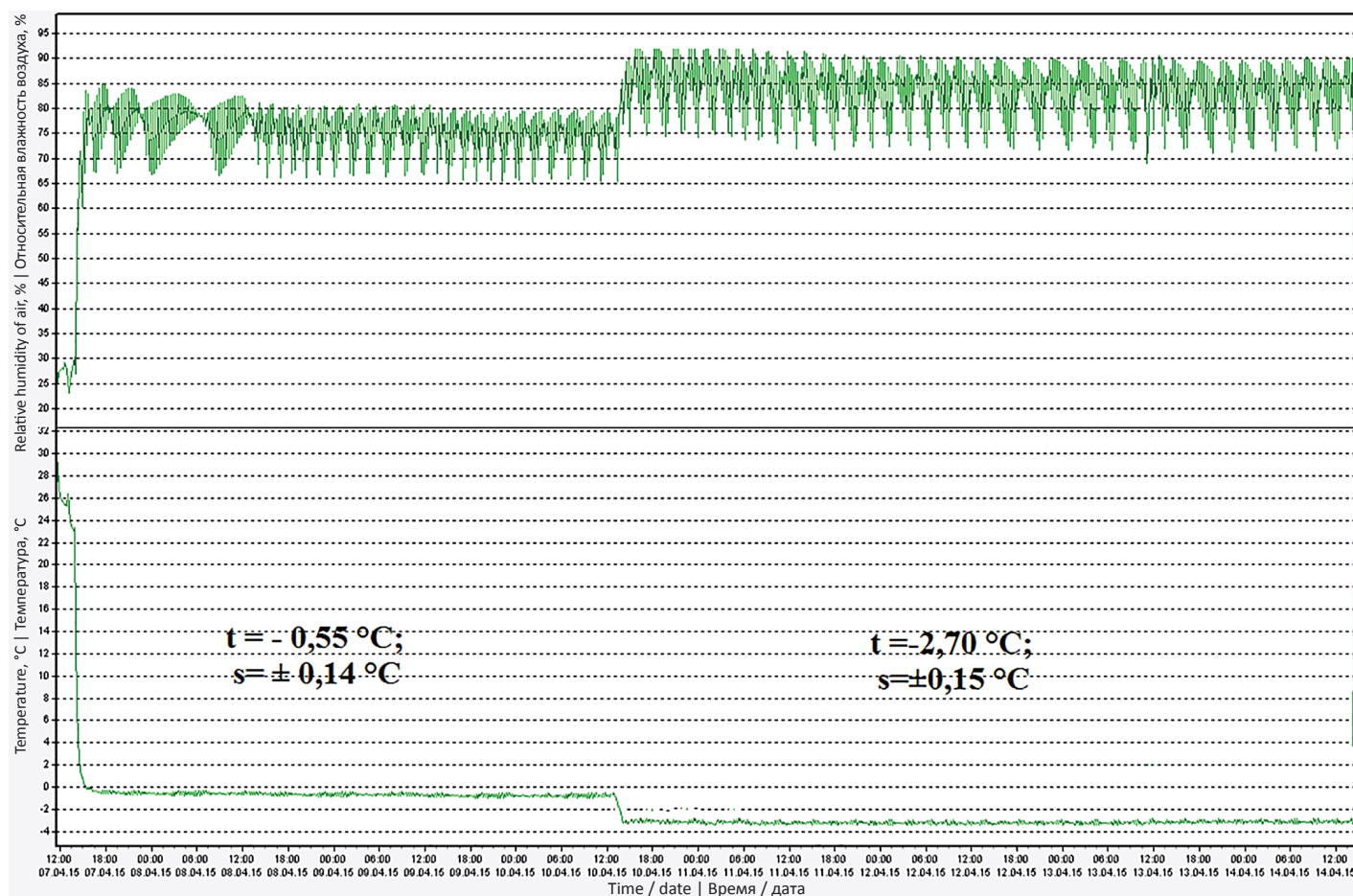


Figure 1a. Thermo-hygrogram of the near- and subcryoscopic meat storage regimes in the experimental storage rooms LG R-K182FR
Рис. 1а. Термо-гигрограмма близ- и субкриоскопических режимов хранения мяса в экспериментальных камерах хранения LG R-K182FR

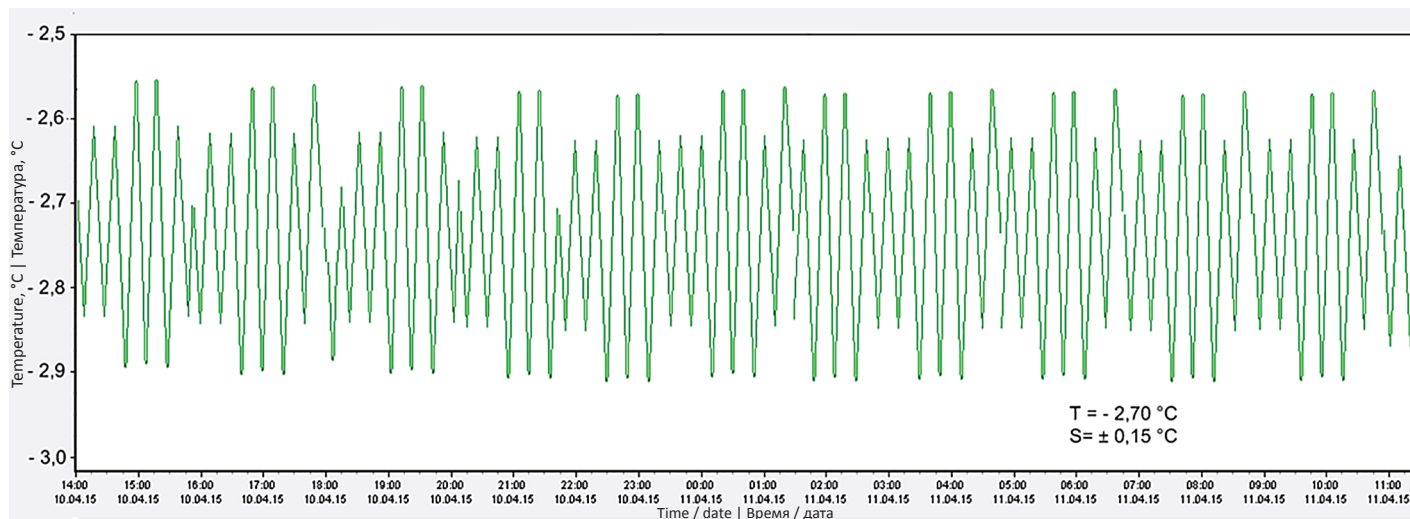


Figure 1b. Thermogram of the subcryoscopic meat storage regime in the experimental storage room LG R-K182FR
Рис. 1б. Термограмма субкриоскопического режима хранения мяса в экспериментальной камере хранения LG R-K182FR

Сравнительная оценка экспериментальных и расчетных методов определения количества (доли) вымороженной воды, принятых в России применительно к мясу крупного рогатого скота (рис. 2) [13–18] показывает, что значения доли вымороженной воды, определенные по формуле Й. Нагаоки, на 6–7 % выше, чем экспериментальные данные Л. Риделя при температурах от минус 7 °С до минус 30 °С. С понижением температуры мяса от –7 °С до –30 °С разница в экспериментальных данных Л. Риделя и В. Латышева повышается до 5 %, а в расчётных — Д. Рютова и Г. Чижова до 3,5 %. Разница в доле вымороженной воды в принятом диапазоне температур, полученная по расчетным данным В. Жадана Г. Чижова, не превышает 2,0 %.

Значения, соответствующие наиболее надежным экспериментальным данным Л. Риделя, принятых в рекомендациях МИХ по производству и хранению замороженных пищевых продуктов [19], наиболее точно описываются теоретической зависимостью [16], предложенной Д. Рютовым:

$$\omega = \left[1 - b \frac{1-w}{w}\right] \cdot \left[1 - \frac{t_{кр}}{t}\right] \quad (1)$$

где: ω — доля вымороженной воды в продукте; w — общее содержание воды в продуктах (г на 1 г продукта); b — содержание связанной воды в продукте (г на 1 г сухих веществ); $t_{кр}$ — криоскопическая температура продукта, °С.

Определяемая по этой формуле доля вымороженной воды в продукте зависит не от одной характеристики продукта $t_{кр}$, а от трёх его независимых характеристик (рис. 2): $t_{кр}$, b и w , которые определяются экспериментальным путём.

The comparative assessment of the experimental and computational methods for detecting the quantity (proportion) of frozen-out water, which are adopted in Russia as applied to beef [13–18] (figure 2), shows that the values of the frozen-out water proportion detected by the formula of J. Nagaoka were 6–7 % higher than the experimental data of L. Riedel at the temperatures of –7 °C to –30 °C. With reduction of the meat temperature from –7 °C to –30 °C, the difference in the experimental data obtained by L. Riedel and V. Latyshev increased to 5 %, and in the computational data of D. Ryutov and G. Chizhov to 3,5 %. The difference in the proportion of frozen-out water in the given temperature range obtained by the computational data of V. Zhadan and G. Chizhov does not exceed 2 %.

The values corresponding to the most reliable experimental data of L. Riedel, which were adopted in the Recommendations of the International Institute of Refrigeration (IIR) for the Processing and Handling of Frozen Foods, are most accurately described by the theoretical dependence proposed by D. Rutov:

$$\omega = \left[1 - b \frac{1-w}{w}\right] \cdot \left[1 - \frac{t_{cr}}{t}\right] \quad (1)$$

where: ω — the proportion of frozen-out water in a product; w — total content of water in a product (g per 1 g of a product); b — content of bound water in a product (g per 1 g of dry matter); t_{cr} — cryoscopic temperature of a product, °C.

The proportion of frozen-out water in a product that is determined by this formula depends not on one characteristic of a product (t_{cr}), but on three independent characteristics (figure 2): t_{cr} , b and w , which are obtained by experimental means.

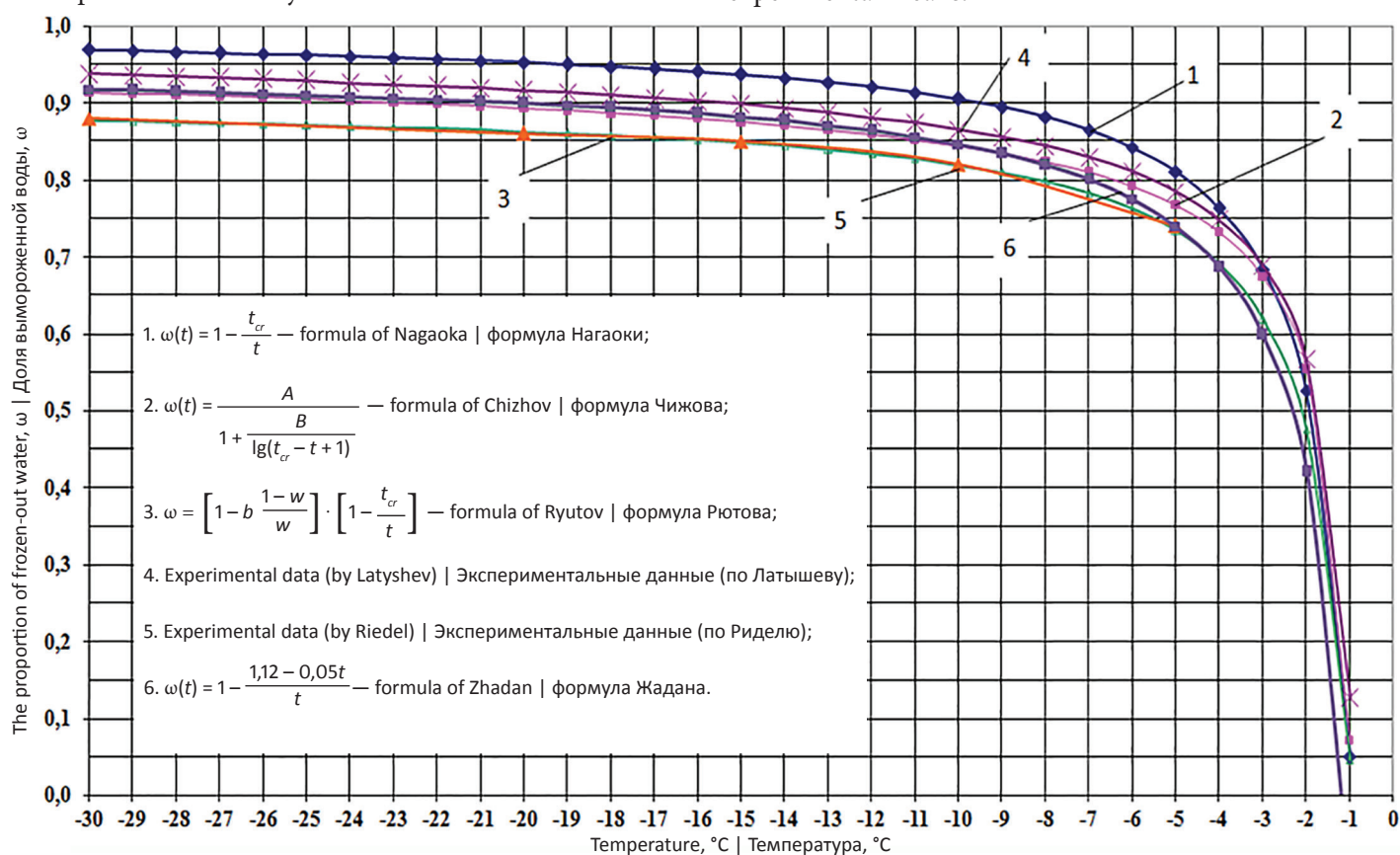


Figure 2. Comparative computational and experimental data on the quantity of frozen-out water in beef
Рис. 2. Сравнительные расчётные и опытные данные по количеству вымороженной воды в мясе говядины

Сопоставление данных (рис. 3) доли вымороженной воды, определённых при температурах -5 , -10 , -15 , -20 , -30°C для восьми видов продукта (говядина, пикша, треска, морской окунь, яичный белок, дрожжи, зеленый горошек, шпинат), полученных экспериментально Л. Риделем и расчетным путем по формуле Д. Рютова показывает [14, 16, 19], что из 40 значений 33 совпадают, а лишь семь отличается на 1%. Поэтому для определения количества вымороженной воды при субкриоскопических температурах использовали зависимость Д. Рютова.

Comparison of the data (figure 3) of the proportion of frozen-out water determined at the temperatures -5 , -10 , -15 , -20 , -30°C for eight types of products (beef, haddock, cod, redfish, egg protein, yeasts, green peas, spinach), which were obtained experimentally by L. Riedel and by calculation using the formula of D. Ryutov shows [14, 16, 19] that 33 of 40 values coincide and only seven differ by 1%. Thus, the dependence of D. Ryutov was used for detecting the quantity of frozen-out water at the subcryoscopic temperatures.

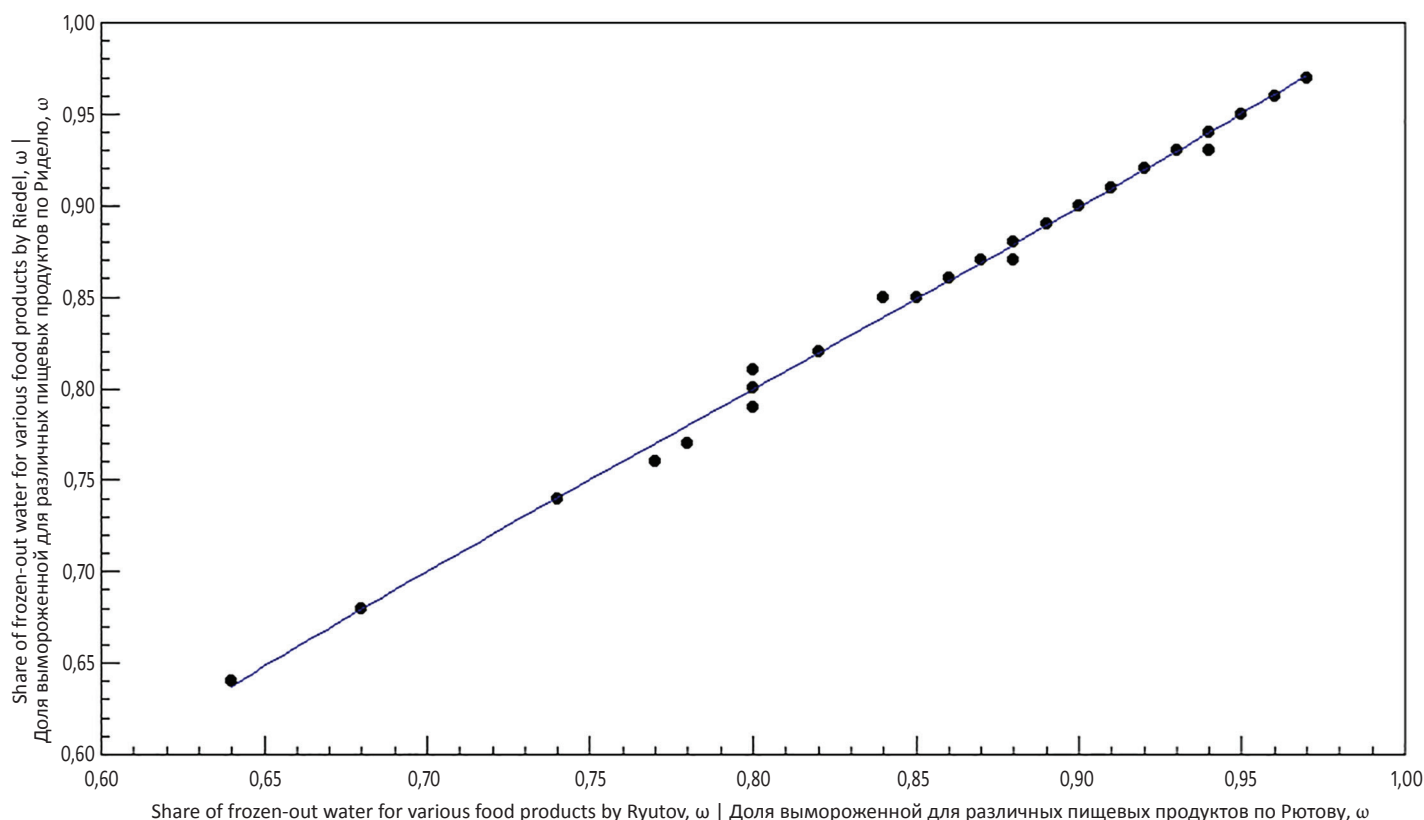


Figure 3. Experimental and computational data (L. Riedel, D. Ryutov) on the quantity of frozen-out water
Рис. 3. Экспериментальные и расчетные данные (Ридель, Рютов) доли вымороженной воды

На рисунке 4–5 приведены кривые зависимости изменения температуры от продолжительности процесса замораживания, использованные для определения значений криоскопической температуры (рис. 4), и экспериментальные данные зависимости криоскопической температуры от величины pH мяса (рис. 5). Из данных исследований по определению зависимости криоскопической температуры от pH мяса следует, что максимальная разница в значениях криоскопических температур для 20 образцов мяса составляет $0,35^{\circ}\text{C}$.

Данные, полученные по зависимости Д. Рютова для определения доли вымороженной воды применительно к различным качественным группам мяса при разности криоскопических температур $0,3^{\circ}\text{C}$ (от $-0,95^{\circ}\text{C}$ до $-1,25^{\circ}\text{C}$), приведены на рис. 6.

Анализ данных рисунка 6 показывает, что при субкриоскопической температуре минус 2°C (подмороженное мясо) содержание льда в DFD мясе на 13% больше, чем в нормальном мясе, а при одинаковом содержании льда (30%) в сверхохлажденном мясе разница в температурах хранения нормального и DFD мяса составляет $0,5^{\circ}\text{C}$.

Figure 4–5 present the curves of dependence of temperature changes on duration of the freezing process used for detecting the values of the cryoscopic temperature (figure 4) and the experimental data on the dependence of the cryoscopic temperature on pH values of meat (figure 5). From the experimental data on the dependence of the cryoscopic temperature on pH values, it is evident that the maximal difference in the values of the cryoscopic temperatures for 20 meat samples is $0,35^{\circ}\text{C}$.

The data obtained by the dependence of D. Ryutov for detecting the proportion of frozen-out water as applied to different meat quality groups at a difference of the cryoscopic temperatures of $0,3^{\circ}\text{C}$ (from $-0,95^{\circ}\text{C}$ to $-1,25^{\circ}\text{C}$) are given in figure 6.

Analysis of the data from figure 6 shows that at the subcryoscopic temperature of -2°C (slightly frozen meat), the ice content in DFD meat is 13% higher than in normal meat, and at the same ice content (30%) in supercooled meat, the difference in the storage temperatures of normal and DFD meat is $0,5^{\circ}\text{C}$.

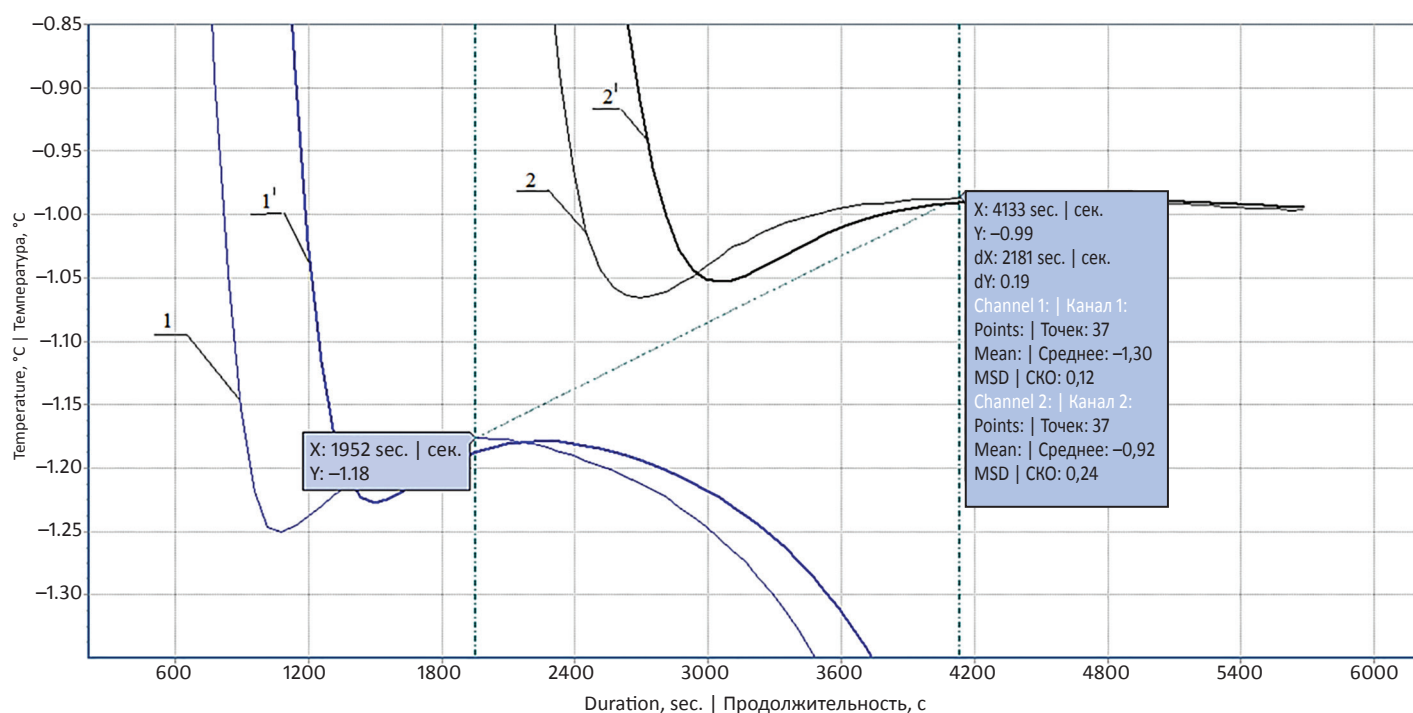


Figure 4. The graph of dependency of meat sample temperature on the freezing process duration: 1, 2 — curves of the measurement results; 1', 2' — curves of the moving averages, Y — meat cryoscopic temperature

Рис. 4. График зависимости температуры образца мяса от продолжительности процесса замораживания: 1, 2 — кривые результатов измерений, 1', 2' — кривые скользящих средних, Y — криоскопическая температура мяса

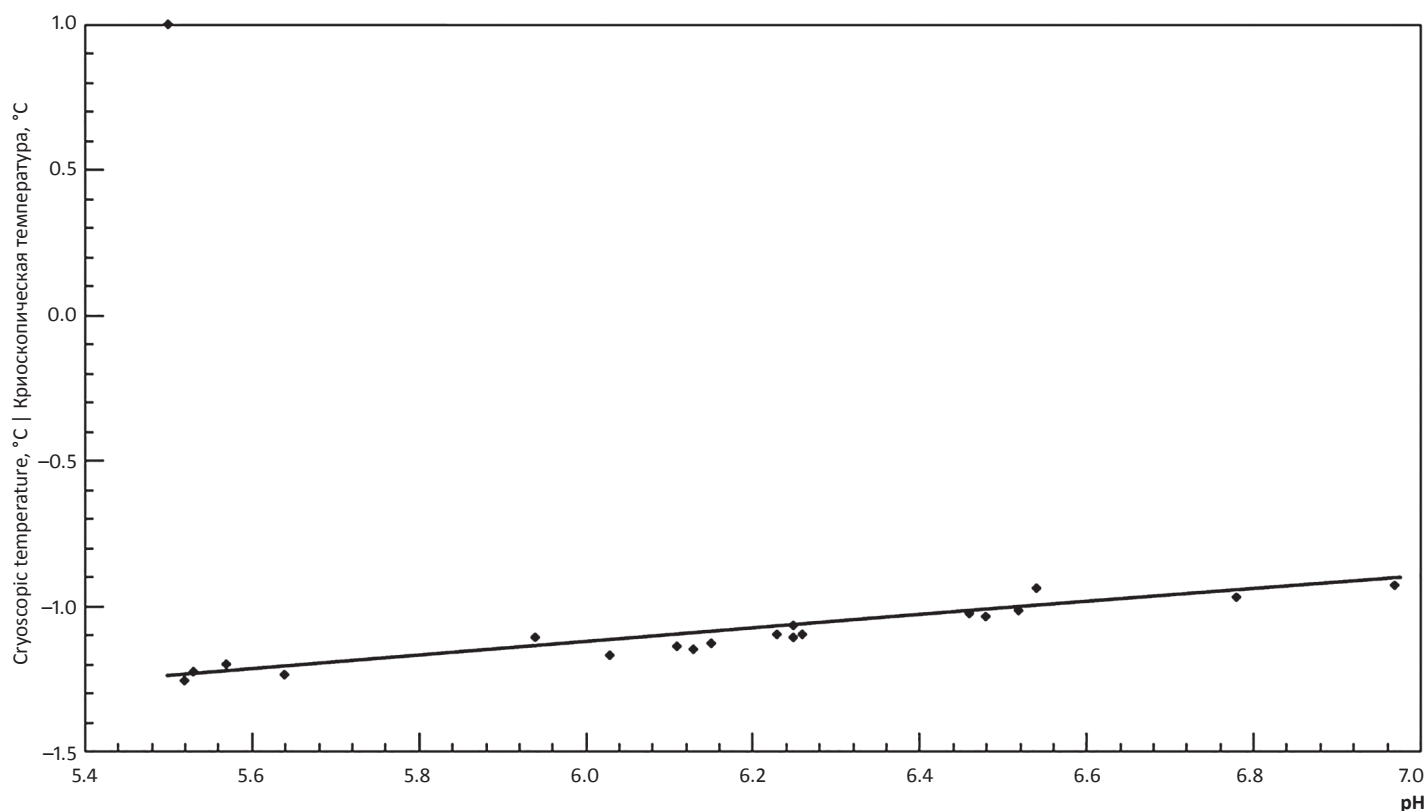


Figure 5. Dependence of the cryoscopic temperature on meat pH

Рис. 5. Зависимость криоскопической температуры от pH мяса

Выводы

1. Проведены сравнительные исследования различных методов определения количества вымороженной воды в мясе говядины, используемых в России. Показано, что значения, соответствующие наиболее надежным экспериментальным данным Л. Риделя, принятых

Conclusion

1. The comparative analysis of the different methods for detecting the quantity of frozen-out water in beef that are used in Russia was carried out. It was shown that the values corresponding to the most reliable experimental data of L. Riedel, which were adopted in the Recommendations

в рекомендациях МИХ по производству и хранению замороженных пищевых продуктов, наиболее точно описываются теоретической зависимостью, предложенной Д. Рютовым.

2. Установлено, что при разнице криоскопической температуры $0,3^{\circ}\text{C}$ для различных качественных групп мяса содержание льда при температуре минус $2,0^{\circ}\text{C}$ в DFD мясе на 13,0% больше, чем в NOR мясе, а для обеспечения одинакового содержания вымороженной воды 30% температура хранения для NOR мяса должна быть на $0,5^{\circ}\text{C}$ ниже, чем для DFD.

of the International Institute of Refrigeration (IIR) for the Processing and Handling of Frozen Foods, were most accurately described by the theoretical dependence proposed by D. Rutov.

2. It was established that at a difference of the cryoscopic temperature of $0,3^{\circ}\text{C}$ between two groups of meat, the ice content at a temperature of -2°C is 13,0% higher in DFD meat compared to NOR meat, and in order to ensure the same content of the frozen-out water (30%), the storage temperature for NOR meat should be $0,5^{\circ}\text{C}$ lower than those for DFD meat.

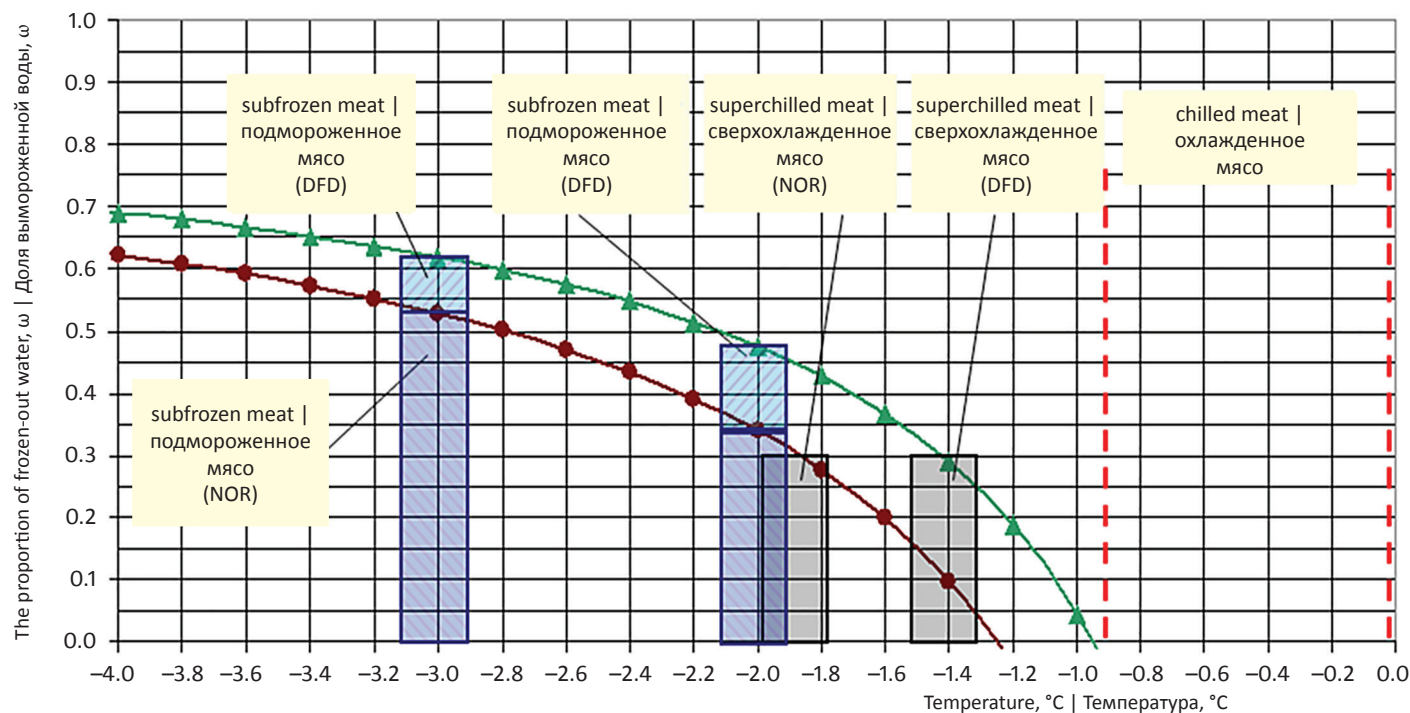


Figure 6. The proportion of frozen-out water in beef dependent on the cooling method, quality groups and cryoscopic temperature: $\triangle t_{cr} = -0.95^{\circ}\text{C}$; $\bullet t_{cr} = -1.25^{\circ}\text{C}$

Рис. 6. Доля вымороженной воды в мясе говядины в зависимости от способа охлаждения, качественных групп и криоскопической температуры: $\triangle t_{кр} = -0,95^{\circ}\text{C}$; $\bullet t_{кр} = -1,25^{\circ}\text{C}$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головкин Н.А., Маслова Г.В., Скоморовская И.Р. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах. М., Агропромиздат, 1987, с. 272.
2. Fennema, O.R., Powrie, W.D., Marth, E.H. Low temperature preservation of foods and living matter. — Marcel Dekker, Inc., 1973.
3. Tom S. Nordtvedt, E. Indergard, Astrid M. Stevik. Distribution of superchilled meat. Trends in Food Science & Technology, — 2008. — Т.8, р. 418-424.
4. Magnussen O.M., Haugland A., Torstveit Hemmingsen A.K., Johansen S., & Nordtvedt T.S.. Advances in superchilling of food—Process characteristics and product quality. Trends in Food Science & Technology. — 2008.- Т. 19.- №. 8.- С. 418-424.
5. Schubring R, 2009. Possible effects on shelf life through special cooling method "Superchilling" — an "old" variant to prolong shelf life of fresh fish and meat revived. Fleischwirtschaft, 89, 104-113.
6. Stevik, A. M., Duun, A. S., Rustad, T., O'Farrell, M., Schulerud, H., Ottestad, S. (2010). Ice fraction assessment by near-infrared spectroscopy enhancing automated superchilling process lines. Journal of Food Engineering, 100(1), p. 169-177
7. Stonehouse G. G., Evans J. A. The use of supercooling for fresh foods: A review //Journal of Food Engineering. — 2015. — Т. 148. — С. 74-79.
8. Kaale L. D., Eikevik T. M. The influence of superchilling storage methods on the location/distribution of ice crystals during storage of Atlantic salmon (*Salmo salar*) //Food Control. — 2015. — Т. 52. — С. 19-26.

REFERENCES

1. Golovkin N.A., Maslova G.V., Skomorovskaya I.R. Conservation of products of animal origin at subcryoscopic temperatures. M., Agropromizdat, 1987, 272 pages.
2. Fennema, O.R., Powrie, W.D., Marth, E.H. Low temperature preservation of foods and living matter. — Marcel Dekker, Inc., 1973.
3. Tom S. Nordtvedt, E. Indergard, Astrid M. Stevik. Distribution of superchilled meat. Trends in Food Science & Technology, — 2008. — Т.8, р. 418-424.
4. Magnussen O.M., Haugland A., Torstveit Hemmingsen A.K., Johansen S., & Nordtvedt T.S.. Advances in superchilling of food—Process characteristics and product quality. Trends in Food Science & Technology. — 2008.- Т. 19.- №. 8.- С. 418-424.
5. Schubring R, 2009. Possible effects on shelf life through special cooling method "Superchilling" — an "old" variant to prolong shelf life of fresh fish and meat revived. Fleischwirtschaft, 89, 104-113.
6. Stevik, A. M., Duun, A. S., Rustad, T., O'Farrell, M., Schulerud, H., Ottestad, S. (2010). Ice fraction assessment by near-infrared spectroscopy enhancing automated superchilling process lines. Journal of Food Engineering, 100(1), p. 169-177
7. Stonehouse G. G., Evans J. A. The use of supercooling for fresh foods: A review //Journal of Food Engineering. — 2015. — Т. 148. — С. 74-79.
8. Kaale L. D., Eikevik T. M. The influence of superchilling storage methods on the location/distribution of ice crystals during storage of Atlantic salmon (*Salmo salar*) //Food Control. — 2015. — Т. 52. — С. 19-26.

9. Farouk M.M. et. al. The initial Freezing Temperature Rises With in meat pH: The implications //56th international Congress of Meat science and Technology. — 2010. Jeiu, Korea. D042.
10. Farouk M.M., Kemp R.M., Cartwrigh S., & North M. The initial freezing point temperature of beef rises with the rise in pH: A short communication. Meat science. — 2013. — Т. 94. — №. 1. — С. 121-124.
11. Дибирасулаев М.А., Белозеров Г.А., Рыжова С.Г., Алигаджиева Л.М., Макаров Б.А. Интегрированная модель тепломассообмена и кинетики роста микроорганизмов для оценки охлаждения копчено-вареных изделий из свинины. «Все о мясе». — 2013- №6- С.38-41.
12. James C., Lejay I., Tortosa N., Aizpurua X., & James S. J. The effect of salt concentration on the freezing point of meat simulants. International journal of refrigeration. — 2005. — Т. 28. — №. 6. — С. 933-939.
13. Nagaoka J., Takagi S., Hotani S. Experiments on the Freezing of Fish in an Air-blast Freezer. Proceedings of the IX International Congress of Refrigeration, vol. 2., Paris, 1955, p. 4. 321.
14. Riedel L. Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Fleisch, «Kältetechnik». — 1957. — №. 2. — С. 38-40.
15. Чижов Г.Б. Метод вычисления теплофизических характеристик пищевых продуктов при отрицательных температурах на основе закона Рауля. — «Холодильная техника», 1966, № 10, с. 40 — 42.
16. Рютлов Д.Г. Влияние связанной воды на образование льда в пищевых продуктах при их замораживании. «Холодильная техника» — 1976. — №5, с. 32-37.
17. Латышев В.П. Рекомендации по расчетам удельной теплоемкости, энтальпии и доли вымороженной воды мясных и молочных продуктов. — ВНИКТИХолодпром, 1988, часть 1. с. 107.
18. Жадан В.З. Расчет количества вымороженной воды/ В.З. Жадан // Холодильная техника. 1992. — № 6. — с. 12-13.
19. Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods. 4nd Edition. International Institute of Refrigeration, Paris, 2006, p. 218.
9. Farouk M.M. et. al. The initial Freezing Temperature Rises With in meat pH: The implications //56th international Congress of Meat science and Technology. — 2010. Jeiu, Korea. D042.
10. Farouk M.M., Kemp R.M., Cartwrigh S., & North M. The initial freezing point temperature of beef rises with the rise in pH: A short communication. Meat science. — 2013. — Т. 94. — №. 1. — С. 121-124.
11. Dibirasulaev M.A., Belozеров G.A., Ryzhova S.G., Aligadzhieva L.M., Makarov B.A. The integrated model of heat and mass transfer and growth kinetics of microorganisms for assessment of cooling of smoked cooked products from pork. All about meat, 2013, 6, pp. 38-41.
12. James C., Lejay I., Tortosa N., Aizpurua X., & James S. J. The effect of salt concentration on the freezing point of meat simulants. International journal of refrigeration. — 2005. — Т. 28. — №. 6. — С. 933-939.
13. Nagaoka J., Takagi S., Hotani S. Experiments on the Freezing of Fish in an Air-blast Freezer. Proceedings of the IX International Congress of Refrigeration, vol. 2., Paris, 1955, p. 4. 321.
14. Riedel L. Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Fleisch, «Kältetechnik». — 1957, 2, pp. 38-40.
15. Chizhov G.B. Method for calculating thermal and physical characteristics of food products at negative temperatures on the basis of Raoult's law. Kholodilnaya Tekhnika, 1966, 10, pp. 40-42.
16. Ryutov D.G. Effect of bound water on ice formation in food products at their freezing. Kholodilnaya Tekhnika, 1976, 5, pp. 32-37.
17. Latyshev V.P. Recommendations on calculations of specific heat, enthalpy and proportion of frozen-out water in meat and dairy products. VNIKTI Kholodprom, 1988, part 1. 107 pages.
18. Zhdan V.Z. Calculation of the quantity of frozen-out water. Kholodilnaya Tekhnika, 1992, 6, pp. 12-13.
19. Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods. 4nd Edition. International Institute of Refrigeration, Paris, 2006, p. 218.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Дибирасулаев Магомед Абдулмаликович — доктор технических наук, заведующий лабораторией «Холодильной технологии мясных и молочных продуктов», ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности», 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12
Тел.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Белозеров Георгий Автономович — Доктор технических наук, Директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности», 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12
Тел.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Дибирасулаев Дибирасулав Магомедович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности», 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12
Тел.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Орловский Дмитрий Евгеньевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности», 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12
Тел.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.
Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

Конфликт интересов

Поступила 15.02.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Dibirasulaev Magomed Abdulmalikovich — doctor of technical sciences, Head of the Laboratory «Refrigeration technology meat and dairy products», FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry»
127422, Moscow, Kostyakova str., 12
Ph.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Belozerv Georgy Avtonomovich — doctor of technical sciences, Director of FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry»
127422, Moscow, Kostyakova str., 12
Ph.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Dibirasulaev Dibirasulav Magomedovich — candidat of technical sciences, senior research scientist, FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry»
127422, Moscow, Kostyakova str., 12
Ph.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Orlovsky Dvityr Eugenevich — candidat of technical sciences, senior research scientist, FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry»
127422, Moscow, Kostyakova str., 12
Ph.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Contribution

All authors have responsibility for the information in manuscript.
All authors involved in this work in equal parts.

Conflict of interest

Received 15.02.2016