УДК 664:621.56

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ ПЛОДООВОЩНОЙ СМЕСИ В ПРОЦЕССЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ

И.А. Короткий[1], Г.Ф. Сахабутдинова[1,*], М.И. Ибрагимов[2]

[1]ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

[2]ООО «Конвент», 650033, Россия, г. Кемерово, ул. Инициативная, 29А

**e-mail: 89235202979@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 28.12.2015
Дата принятия в печать: 05.02.2016

Пищевые полуфабрикаты являются «удобной» едой, предназначенной для быстрого приготовления, что играет важную роль в современном обществе мобильных людей со стремительным темпом жизни. Плодоовощные полуфабрикаты отличаются низкокалорийностью, сравнительно высоким содержанием витамина С и углеродов, небольшим временем приготовления. Форма, цвет и текстура приготовленных плодоовощных полуфабрикатов мало отличаются от свежих продуктов. При производстве плодоовощных полуфабрикатов важно качество используемого сырья и методы обработки плодов и овощей. Наиболее приемлемым способом сохранения плодов и овощей считается холодильное консервирование. Для процесса замораживания и низкотемпературного хранения плодоовощной продукции важно знание законов изменения теплофизических свойств компонентов смеси. Определялись изменения доли замерзшей влаги, удельной энтальпии, теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности, плотности компонентов смеси «Овощная для супа». Расчет основан на физической модели процесса кристаллизации влаги в растворах глюкозы, сахарозы и фруктозы в воде. Учитывались массовые доли влаги, сахаров, крахмала каждого компонента. Получены зависимости теплофизических свойств от изменения температуры в процессе замораживания. Проанализирован характер изменения кривых, полученных при определении теплофизических свойств. Выявлено, что всплески тепловыделения при кристаллизации компонентов происходят при криоскопических температурах, эвтектических температурах кристаллизации растворов фруктозы (минус 21 °С), сахарозы (минус 8,5 °С) и глюкозы (минус 5,3 °С). Найдены значения теплофизических свойств для свежих и замороженных компонентов. Наиболее благоприятная температура, при которой следует хранить плодоовощную смесь, чтобы исключить развитие микроорганизмов и продлить ее срок хранения – минус 22 °С. При определении теплофизических свойств пористых тел, при расчете в уравнениях аддитивности необходимо учесть газовую компоненту.

Плодоовощные полуфабрикаты, замораживание, теплофизические свойства, незамерзшая влага

Введение

В основе рационального питания человека лежат сбалансированность питания, соблюдение его режима, а также энергетическое равновесие. Сбалансированность питания человека подразумевает употребление определенного количества пищевых веществ, которые должны поступать в определенных пропорциях в организм. В основании пищевой пирамиды лежат продукты из цельного зерна, овощи и фрукты. Несмотря на то, что все овощи различны по своим характеристикам и свойствам, им всегда присуще наличие собственных ферментов и пектина, витаминов и минералов, большого количества углеводов и воды. Плоды и овощи относятся к скоропортящимся продуктам, это следует учитывать для использования их в питании в течение года независимо от сезона. Для увеличения срока их хранения требуется специальная обработка. Консервирование позволяет учесть сезонность производства продукции растительного происхождения, сохранить пищевую и биологическую ценность в течение длительного времени. Наиболее эффективным при обработке и хранении продуктов питания является холодильное консервирование. Такой распространенный и экономичный способ, как замораживание, предотвращает порчу и сокращает потери, вызывая минимальные изменения первоначальных свойств продукции при сохранении ее пищевой ценности и потребительских свойств. Быстрозамороженные плоды и овощи, смеси из них привлекают потребителя по следующим причинам: их легко приготовить, в них сохранено большинство питательных веществ; вкус, окраска, текстура и запах мало отличаются от свежих плодов и овощей [1, 2]. Также замороженные продукты, как правило, не содержат консервантов. Смесь «Овощная для супа» является полуфабрикатом средней готовности. Она содержит все необходимые плодоовощные компоненты для приготовления традиционного супа-лапши, при этом исключаются такие длительные этапы в приготовлении, как мойка и чистка овощей. Смесь состоит из картофеля (85,5 %), моркови (8 %), лука (5 %), петрушки (1 %) и зелени (укропа) (0,5 %). Необходимо открыть пакет со смесью и засыпать содержимое в кипящую подсоленную воду, проследить, чтобы вода закипела вновь, и по истечении 10 минут добавить лапшу. Предложенный вариант приготовления удобен для мобильных людей и для стремительного темпа современной жизни в целом. Пищевая и энергетическая ценность быстрозамороженной смеси «Овощная для супа» приведена в табл. 1.

Таблица 1

Пищевая и энергетическая ценность быстрозамороженной смеси «Овощная для супа», в 100 г продукта

Белки, г	1,9
Жиры, г	0,4
Углеводы, г	16,6
Клетчатка, г	4,7
Витамин С, мг	25
Энергетическая ценность, ккал	73,5

Наиболее приемлемо и выгодно в качестве сырья для полуфабрикатов использовать произрастающие в месте проживания населения плоды и овощи. Теплофизические характеристики продуктов являются основными величинами при расчетах технологических процессов, в которых происходит охлаждение, нагревание или замораживание. Консервирование, заготовка, обработка плодов и овощей сопровождаются низкотемпературными или высокотемпературными воздействиями, поэтому для разработки эффективных энергосберегающих технологий консервирования и переработки плодоовощных смесей необходима объективная и верная информация об их теплофизических свойствах во всем диапазоне воздействия температур [3–5].

Объекты и методы исследований

Теплофизические свойства определялись для компонентов плодоовощной смеси «Овощная смесь для супа» согласно математической модели, разработанной на основе физической модели процесса замораживания плодов и ягод. В качестве физической модели замораживания используется процесс кристаллизации влаги в растворе глюкозы, сахарозы, фруктозы в воде. Эклектическая температура замораживания водного раствора глюкозы минус 5,3 °С, водного раствора сахарозы минус 8,5 °С, водного раствора фруктозы минус 21 °С. Математическая модель позволяет рассчитать долю замерзшей влаги, энтальпию, удельную теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, плотность плодов в свежем, замороженном состоянии, а также изменение этих показателей в процессе замораживания в зависимости от температуры плодов и овощей. Исходными данными для расчета перечисленных теплофизических параметров являются данные соотношения основных компонентов плодов и овощей, а именно массовые доли влаги, сахаров, фруктозы, сахарозы, глюкозы и крахмала [6, 7, 8]. Данные для расчета приведены в табл. 2.

Количество льда в компонентах плодоовощной смеси увеличивается с понижением температуры и определяется по следующей формуле [6]:

$$m_{л} = m_{вл} - m_c \cdot \left(\frac{1}{\xi_р(t)} - 1\right), \qquad (1)$$

где $m_л(t)$ – массовая доля образовавшегося льда в компонентах плодоовощной смеси при данной температуре; $m_с$ – массовая доля сахаров в компонентах смеси; $m_{вл}$ – массовая доля влаги в овощах.

Таблица 2

Данные для расчета

Данные	Картофель	Морковь	Лук репчатый	Петрушка (корень)	Укроп
Плотность, кг/м^3	1100	1040	970	1020	660
Массовая доля влаги	0,8	0,88	0,86	0,83	0,86
Массовая доля сахаров	0,046	0,081	0,096	0,093	0,07
Массовая доля фруктозы	0,001	0,013	0,012	0,004	0,008
Массовая доля сахарозы	0,008	0,026	0,065	0,012	0,004
Массовая доля глюкозы	0,002	0,016	0,013	0,002	0,016
Массовая доля крахмала	0,15	0,014	0,001	0,04	0,001
Криоскопическая температура, °С	-1,4	-1,2	-1,6	-1,5	-0,7

Скорость кристаллизации воды зависит от температуры вымерзания: чем она ниже, тем больше скорость кристаллизации. При этом число образующихся центров кристаллизации возрастает и образующаяся микрокристаллическая структура более мелкая. Кристаллики будут распределяться внутри клеток, а также в межклеточном пространстве равномерно, при этом кристаллики льда сначала будут образовываться в межклеточном пространстве.

Массовая доля фруктозы в растворе определялась по уравнению регрессии в зависимости от температуры [6]:

$$\xi_р = -0{,}196 - 7{,}771 \cdot t_{кр} - 0{,}374 \cdot t_{кр}^2 - -7{,}459 \cdot 10^{-3} \cdot t_{кр}^3 \qquad (2)$$

где $t_{кр}$ – криоскопическая температура.

При определении доли замерзшей влаги в формулу (1) в диапазоне температур начиная от криоскопической до температуры минус 5,3 °С вместо $m_с$ подставляли массовую долю всех сахаров, входящих в состав компонента смеси. Массовую долю фруктозы и сахарозы использовали в диапазоне температур от минус 5,3 до минус 8,5 °С. Массовую долю фруктозы подставляли в диапазоне для температур от минус 8,5 до минус 21 °С.

Удельную теплоемкость c овощей, входящих в состав смеси, находили по правилу аддитивности [6]:

$$c = \sum_{k=1}^{n} (c_к \chi_к), \qquad (3)$$

где $c_к$ – теплоемкость компонента (теплоемкость воды 4,19 кДж/(кг·К), сахаров 1,315 кДж/(кг·К), льда 2,3 кДж/(кг·К), прочих компонентов принимали 1,214 кДж/(кг·К)); $\chi_к$ – массовая доля компонента.

Приращение энтальпий Δi рассчитывали по приведенной зависимости, при этом за нулевое значение энтальпии приняли теплосодержание плодов и овощей, соответствующее температуре минус 40 °С:

$$\Delta i = c\Delta t + r \cdot \Delta\chi_л, \qquad (4)$$

где Δt – изменение температуры в процессе замораживания; r = 334 кДж/кг – удельная теплота плавления водного льда; $\Delta\chi_л$ – массовая доля расплавившегося льда в диапазоне температур Δt.

Метод аддитивности достоверен для пищевых продуктов, так как они являются изотропными. Коэффициенты теплопроводности составных компонентов представляют собой величины одного порядка (кроме газов). При расчете теплопроводность сахаров принимали 0,582 Вт/(м·К), воды – 0,597 Вт/(м·К), льда – 2,24 Вт/(м·К), крахмала – 0,115 Вт/(м·К).

Расчетную физическую плотность овощей и плодов, входящих в состав смеси, находили следующим образом [6]:

$$\rho = \quad {}^{n}_{k=1}\chi_k \quad {}^{n}_{k=1}\frac{\chi_k}{\rho_k}, \qquad (5)$$

где $\chi_к$ – массовая доля компонента смеси; $\rho_к$ – плотность компонента (плотность сахаров 1550 кг/м^3, крахмала 1648 кг/м^3, льда 9158 кг/м^3, воды 1000 кг/м^3).

Результаты и их обсуждение

На рис. 1–6 представлены графические зависимости теплофизических свойств компонентов плодоовощной смеси от изменения температуры в процессе замораживания, полученные в результате расчетов.

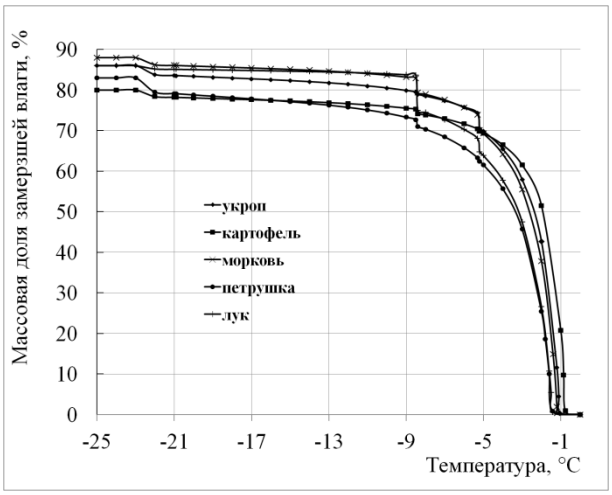

Рис. 1. Массовая доля замерзшей влаги в компонентах смеси в зависимости от температуры

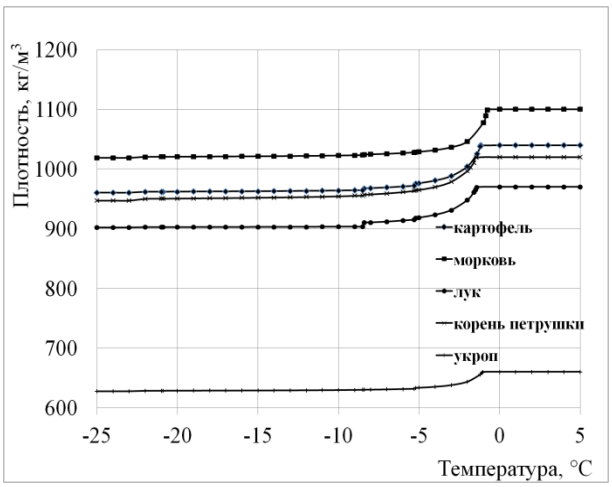

Рис. 2. Плотность компонентов смеси в зависимости от температуры

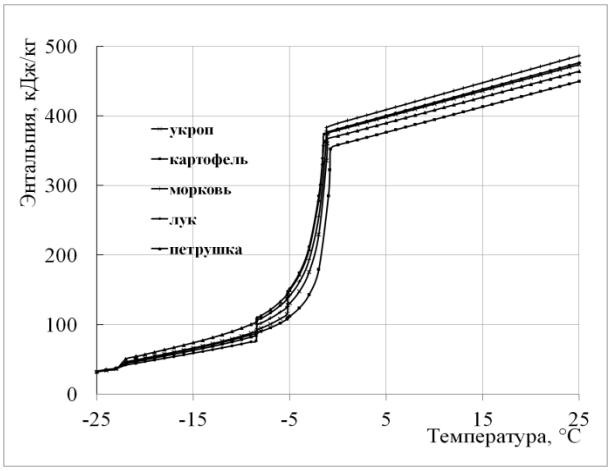

Рис. 3. Энтальпия компонентов смеси в зависимости от температуры

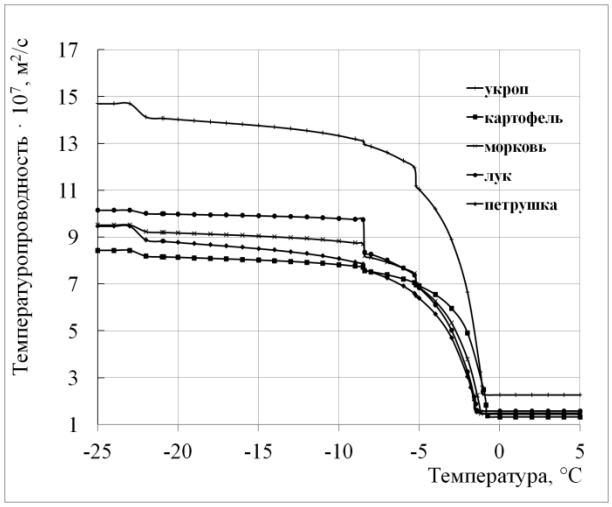

Рис. 4. Температуропроводность компонентов смеси в зависимости от температуры

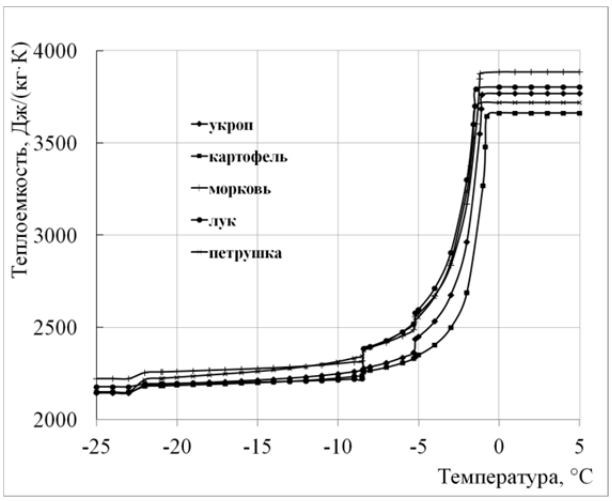

Рис. 5. Теплоемкость компонентов смеси в зависимости от температуры

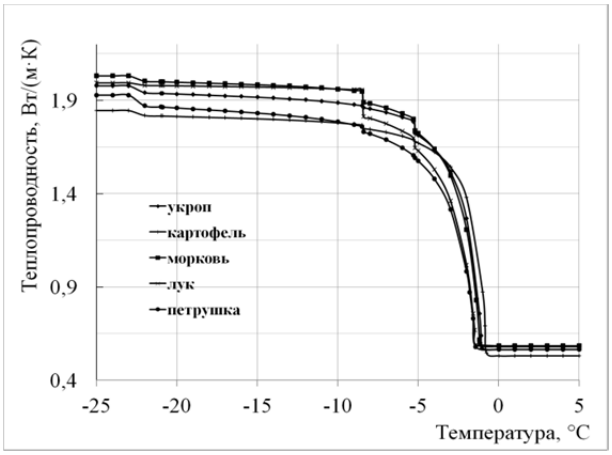

Рис. 6. Теплопроводность компонентов смеси в зависимости от температуры

Проанализировав характер полученных кривых, можно сказать, что процесс замораживания плодоовощной смеси проходит со значительным выделением скрытой теплоты кристаллизации при определенных температурах. К таким температурам следует отнести температуры кристаллизации растворов основных компонентов, содержащихся в них, и криоскопические температуры компонентов смеси. К основным растворимым компонентам относятся сахара, а именно содержащаяся фруктоза, сахароза, глюкоза, а также крахмал. Содержание остальных сахаров, таких как моно-, дисахариды, галактоза, мальтоза, лактоза, оказывает незначительное влияние на процесс кристаллизации [9, 10, 11].

Температура минус 5,3 °С соответствует температуре кристаллизации эвтектического раствора глюкозы, поэтому процесс замораживания должен сопровождаться некоторым всплеском тепловыделения, что соответствует первому скачку кривой на полученных зависимостях. Температура минус 8,5 °С является температурой кристаллизации эвтектического раствора сахарозы, что соответствует второму скачку кривой на графиках (рис. 1–6). При температуре минус 21 °С кристаллизируется эвтектический раствор фруктозы. При указанных температурах происходят наиболее значительные пиковые выделения теплоты кристаллизации, которые сопровождаются изменением характера кривой кристаллизации, что наиболее заметно на полученных графиках (рис. 1, 3–6).

Температуропроводность свежей смеси «Овощная для супа» составила $1{,}618 \cdot 10^{-7}$ м^2/с. Теплопроводность смеси до замораживания 0,564 Вт/(м·К). Массовая теплоемкость свежей смеси равна 3767 Дж/(кг·К). Для замороженной смеси «Овощная для супа» найденные значения температуропроводности, теплопроводности и массовой теплоемкости составили соответственно: $10{,}45 \cdot 10^{-7}$ м^2/с; 1,96 Вт/(м·К); 2168 Дж/(кг·К).

Проанализировав данные, полученные в ходе расчета массовой доли замерзшей влаги, был сделан вывод о том, что при температуре минус 21 °С в компонентах смеси «Овощная для супа» остается незамерзшая влага. Полученные значения сведены в табл. 3.

Таблица 3

Изменения массовой доли замерзшей влаги плодоовощной смеси

Компоненты смеси	Массовая доля замерзшей влаги при t, °С:			
	-3	-6	-15	-22
Картофель	0,69	0,71	0,77	0,8
Морковь	0,55	0,75	0,85	0,88
Лук	0,47	0,7	0,84	0,86
Петрушка (корень)	0,45	0,65	0,77	0,83
Зелень (укроп)	0,58	0,76	0,82	0,86

В соответствии с проведенным тепловым расчетом, в картофеле при температуре минус 21 °С остается незамерзшей 1,6 % влаги (из 80 %), в моркови 1,8 % незамерзшей влаги (из 88 %). Репчатый лук содержит 1,7 % незамерзшей влаги (из 86 %) при температуре минус 21 °С. Для корня петрушки (83 % влаги) и зелени укропа (86 % влаги) были получены значения: 1,7 % незамерзшей влаги. При температуре минус 22 °С влага, содержащаяся в продуктах, полностью замерзает (табл. 3).

Погрешности определения теплофизических характеристик расчетным способом по сравнению с экспериментальными данными должны составлять не более 6 % [6, 12].

Выводы

Методика позволяет рассчитать теплофизические характеристики пищевых продуктов в зависимости от их состава, при этом для пористых тел (капуста) следует учесть в уравнениях аддитивности газовую компоненту. Согласно полученным данным, процесс замораживания смеси «Овощная для супа» будет происходить в диапазоне температур от криоскопической до минус 22 °С. Стандартной температурой хранения замороженных полуфабрикатов является температура минус 18 °С, но с учетом полученных данных необходимо отметить, что при указанной температуре в продукте содержится около 1,8 % незамерзшей влаги. При минус

22 °С в продукте остается только химически и физико-химически связанная влага с высокой энергией связи, вся свободная влага заморожена, соответственно, исключено развитие патогенных микроорганизмов. Чтобы продлить срок хранения плодоовощного полуфабриката «Овощная смесь для супа», необходимо хранить ее при температуре ниже минус 22 °С.

Список литературы

1. Исследование замораживания в производстве полуфабрикатов из картофеля / А.Ю. Просеков, Р.З. Григорьева, С.Ю. Юрьева, В.А. Жданов // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 6. – С. 47.

2. Prosekov, A.Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products / A.Yu. Prosekov // Foods and Raw Materials. – 2014. – №. 2. – P. 106–120.

3. Короткий, И.А. Применение метода двух температурно-временных интервалов для определения теплофизических характеристик пищевых продуктов и материалов / И.А. Короткий, Е.В. Короткая // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 2–3. – С. 109–111.

4. Короткий, И.А. Применение метода двух температурно-временных интервалов для определения теплофизических характеристик твердых, жидких и сыпучих материалов / И.А. Короткий // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 2. – С. 37–41.

5. Остроумов, Л.А. Метод двух температурно-временных интервалов для определения теплофизических характеристик твердообразных, жидких и сыпучих пищевых продуктов и материалов / Л.А. Остроумов, И.А. Короткий, М.И. Ибрагимов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 1. – С. 69–71.

6. Короткий, И.А. Исследование и разработка технологий замораживания и низкотемпературного хранения плодово-ягодного сырья Сибирского региона: автореф. дис. …д-ра техн. наук: 05.18.04 / И.А. Короткий. – Кемерово, 2009. – 42 с.

7. Таблицы химического состава пищевых продуктов. Режим доступа: http://pharmacognosy.com.ua/index.php/vashe-zdorovoye-pitanije/pochti-vse-o-pishchevykh-produktakh, 22.12.2015 г.

8. Короткий, И.А. Сибирская ягода. Физико-химические основы технологий низкотемпературного консервирования. – Кемерово: КемТИПП, 2007. – 146 с.

9. Короткая, Е.В. Исследование физико-химических показателей свежих и замороженных плодов облепихи / Е.В. Короткая, И.А. Короткий // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – №1. – С. 116–117.

10. Короткая, Е.В. Изменение физико-химических показателей ягод черной смородины при замораживании / Е.В. Короткая, И.А. Короткий // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 2–3. – С. 36–37.

11. Dermesonlouoglou, E. Kinetic modeling of the quality degradation of frozen watermelon tissue: effect if the osmotic dehydration as a pre-treatment / E. Dermesonlouoglou, M. Giannakourou, P. Taoukis // International journal of food science and technology. – 2007. – V. 42. – №7. – P. 790–798.

12. Butz, P. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment / P. Butz, R. Edenharder, A. Fernández García, H. Fister, C. Merkel, B. Tauscher // Food Research International.– 2002. – V. 35. – № 2–3. – P. 295–300.

DETERMINATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF COMPONENTS OF FRUIT AND VEGETABLE MIXTURES IN FREEZING

I.A. Korotkiy[1], G.F. Sahabutdinova[1,*], M.I. Ibragimov[2]

[1]Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

[2]LLC "Konvent", 29A, Iniciativnaya Str., Kemerovo, 650033, Russia

**e-mail: 89235202979@yandex.ru*

Received: 28.12.2015
Accepted: 05.02.2016

Semi-finished products are "convenient" food intended for fast cooking, which plays an important part in the modern society of mobile people with the rapid pace of life. Fruit and vegetable semi-finished products are low in calories, relatively high in vitamin C and carbohydrates, and they require less time for cooking. Shape, color and texture of the cooked fruit and vegetable semi-finished products are slightly different from fresh products. The quality of raw materials used and methods of fruit and vegetable processing are important in the production of fruit and vegetable semi-finished products. The most appropriate method of fruit and vegetable storage is refrigeration preservation. It is important to know the laws of changing the thermophysical properties of the mixture components for freezing and low temperature storage of fruits and vegetables. Changes in fractions of frozen moisture, specific enthalpy, heat capacity, thermal conductivity, thermal diffusivity, component density of "Vegetable mixture for soup" have been determined. The calculation is based on the physical model of moisture crystallization in glucose, sucrose and fructose solutions in water. The mass fractions of moisture, sugars and starch of each component were taken into account. The dependences of thermophysical properties on temperature changes were obtained during freezing. The character of changing curves obtained in determining the thermophysical properties was analyzed. It has been revealed that bursts of heat release during crystallization of components occur at cryoscopic temperatures, eutectic temperatures of crystallization of fructose, sucrose and glucose solutions. The values of thermophysical properties for fresh and frozen ingredients have been identified. The most favorable temperature to store fruit and vegetable mixtures to prevent the growth of microorganisms and extend their shelf life is -22 deg. C. It is necessary to consider the gas component in determining the thermophysical properties of porous bodies and in calculating the additivity equations.

Fruit and vegetable semi-finished products, freezing, thermal properties, unfrozen moisture

References

1. Prosekov A.Yu., Grigor'eva R.Z., Yur'eva S.Yu., Zhdanov V.A. Issledovanie zamorazhivaniya v proizvodstve polufabrikatov iz kartofelya [Research freeze in the production of semi-finished products from potatoes]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AICis], 2006, no. 6, pp. 47.

2. Prosekov A.Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products. *Foods and Raw Materials*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 106–120. DOI 10.12737/5454

3. Korotkiy I.A., Korotkaya E.V. Primenenie metoda dvukh temperaturno-vremennykh intervalov dlya opredeleniya teplofizicheskikh kharakteristik pishchevykh produktov i materialov [Application of a method of two temperature time intervals for definition of heatphysical characteristics of foodstuff and materials]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [Transactions of Higher Educational Institutions, Food Technology], 2008, no. 2–3. pp. 109–111.

4. Korotkiy I.A. Primenenie metoda dvukh temperaturno-vremennykh intervalov dlya opredeleniya teplofizicheskikh kharakteristik tverdykh, zhidkikh i sypuchikh materialov [Application of a method of two temperature time intervals for definition of heatphysical characteristics firm, liquid and bulks]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2009, no. 2, pp. 37–41.

5. Ostroumov L.A., Korotkiy I.A., Ibragimov M.I. Metod dvukh temperaturno-vremennykh intervalov dlya opredeleniya teplofizicheskikh kharakteristik tverdoobraznykh, zhidkikh i sypuchikh pishchevykh produktov i materialov [Method of two temperature time intervals for definition of heatphysical characteristics the tverdoobraznykh, liquid and loose foodstuff and materials]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2007, no. 1, pp. 69–71.

6. Korotkiy I.A. *Issledovanie i razrabotka tekhnologij zamorazhivaniya i nizkotemperaturnogo khraneniya plodovo-yagodnogo syr'ya Sibirskogo regiona.* Diss. dokt. tekh. nauk [Research and development of technologies of freezing and low-temperature storage of fruit and berry raw materials of the Siberian region. Dr. eng. sci. diss.]. Kemerovo, 2009. 410 p.

7. *Tablitsy khimicheskogo sostava pishchevykh produktov* [Tables of a chemical composition of foodstuff]. Available at: http://pharmacognosy.com.ua/index.php/vashe-zdorovoye-pitanije/pochti-vse-o-pishchevykh-produktakh (accessed 22 December 2015).

8. Korotkiy I.A. *Sibirskaya yagoda. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologiy nizkotemperaturnogo konservirovaniya* [Siberian berry. Physical and chemical bases of technologies of low-temperature conservation]. Kemerovo, KemIFST Publ., 2007. 146 p.

9. Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Issledovanie fiziko-khimicheskikh pokazateley svezhikh i zamorozhennykh plodov oblepikhi [Research of physical and chemical indicators of the fresh and frozen sea-buckthorn fruits]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [Transactions of Higher Educational Institutions, Food Technology], 2008, no. 1, pp. 116–117.

10. Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Izmenenie fiziko-khimicheskikh pokazateley yagod chernoy smorodiny pri zamorazhivanii [Change of physical and chemical indicators of berries of blackcurrant when freezing]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [Transactions of Higher Educational Institutions, Food Technology], 2008, no. 2–3, pp. 36–37.

11. Dermesonlouoglou E., Giannakourou M., Taoukis P. Kinetic modeling of the quality degradation of frozen watermelon tissue: effect if the osmotic dehydration as a pre-treatment. *International journal of food science and technology*, 2007, vol. 42, no. 7, pp. 790–798.

12. Butz P., Edenharder R., Fernández García A., Fister H., Merkel C., Tauscher B. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment. *Food Research International*, 2002, vol. 35, no. 2–3, pp. 295–300.

Дополнительная информация / Additional Information

Короткий, И.А. Определение теплофизических свойств компонентов плодоовощной смеси в процессе замораживания / И.А. Короткий, Г.Ф. Сахабутдинова, М.И. Ибрагимов // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 40. – № 1. – С. 81–86.

Korotkiy I.A., Sahabutdinova G.F., Ibragimov M.I. Determination of thermophysical properties of components of fruit and vegetable mixtures in freezing. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2016, vol. 40, no. 1, pp. 81–86 (In Russ.).

Короткий Игорь Алексеевич
д-р техн. наук, профессор, декан заочного факультета, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: krot69@mail.ru

Сахабутдинова Гульнар Фигатовна
аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: 89235202979@yandex.ru

Ибрагимов Максим Исмагилович
канд. техн. наук, директор, ООО «Конвент», 650033, Россия, г. Кемерово, ул. Инициативная, 29А, тел.: +7 (3842) 62-11-45, e-mail: kompressor_7@mail.ru

Igor' A. Korotkiy
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Dean of the Correspondence Faculty, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: krot69@mail.ru

Gul'nar F. Sahabutdinova
Postgraduate student, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia e-mail: 89235202979@yandex.ru

Maksim I. Ibragimov
Cand.Sci.(Eng.), Director, LLC “Konvent”, 29A, Iniciativnaya Str., Kemerovo, 650033, Russia, phone: +7 (3842) 62-11-45, e-mail: kompressor_7@mail.ru