

## Экспериментальные исследования процесса и технологии быстрого охлаждения растительной продукции с использованием газообразного азота

Д-р техн. наук **К. П. ВЕНГЕР<sup>1</sup>**, **В. И. ПОПКОВ<sup>2</sup>**,

канд. техн. наук **О. А. ФЕСЬКОВ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>vengerkp@gmail.com, <sup>2</sup>dorf88@yandex.ru, <sup>3</sup>Feskov76@mail.ru

Московский государственный университет пищевых производств

Канд. биол. наук **Н. С. ШИШКИНА<sup>4</sup>**, **О. В. КАРАСТОЯНОВА<sup>5</sup>**,  
**Н. И. ШАТАЛОВА<sup>6</sup>**

<sup>4</sup>vnikopholod@mail.ru, <sup>5</sup>okarastoyanova@mail.ru, <sup>6</sup>vnikopholod@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования

*Создан экспериментальный стенд на базе действующего двухзонного туннельного скороморозильного аппарата компании «ЛиндеГазРус», снабженного криоцилиндром для жидкого азота, с использованием контрольно-измерительной системы, включающей приборы для определения температуры, тепловых потоков, скорости газообразного азота и компьютерных программ обработки полученных данных. Получены экспериментальные данные по распределению температуры на поверхности, в центре продукта и для среды по длине аппарата, а также плотности теплового потока при охлаждении и замораживании газообразным азотом. Представлены экспериментальные данные основных процессных параметров охлаждения (продолжительность,  $\tau$  и коэффициент теплоотдачи,  $\alpha$ ) бланшированной моркови слоем  $\delta = 0,01$  м при температурах газообразного азота  $t_{cp} = -40$  и  $-60$  °С, доказывающие степень адекватности (на уровне 4-6 %) расчетным данным, полученным с использованием разработанной математической модели (представлена в опубликованной ранее статье), что доказывает правомерность ее использования в широком интервале режимных параметров. Представлена технология и результаты качественных исследований бланшированной моркови после предварительного охлаждения (1-ая зона), замораживания (2-ая зона) в азотном туннельном аппарате и последующего хранения. Доказана высокая эффективность использования низкотемпературного газообразного азота для предварительного охлаждения и последующего замораживания бланшированного растительного сырья: обеспечивается повышение микробиологической безопасности, товарного вида и продление сроков гарантированного качества растительной продукции.*

**Ключевые слова:** экспериментальный стенд, контрольно-измерительная система, туннельный аппарат, газообразный азот, растительная продукция, бланширование, показатели качества.

---

### Информация о статье:

Поступила в редакцию 15.05.2017, принята к печати 24.11.2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-4-

Язык статьи – русский

Для цитирования:

## Rapid freezing of herbal products by gaseous nitrogen

D.Sc. **K. P. VENGER**<sup>1</sup>, **V. I. POPKOV**<sup>2</sup>, Ph.D. **O. A. FESKOV**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>vengerkp@gmail.com, <sup>2</sup>dorf88@yandex.ru, <sup>3</sup>Feskov76@mail.ru

*Moscow National University of Food Production*

Ph. D. **N. S. SHISHKINA**, **O. V. KARASTOYANOVA**, **N. I. SHATALOVA**

<sup>4</sup>vnikopholod@mail.ru, <sup>5</sup>okarastoyanova@mail.ru, <sup>6</sup>vnikopholod@yandex.ru

*All-Russian Research Institute of technology of conservation*

*The article presents the experimental stand on the basis of the two-band tunnel in the rapid freezing apparatus of LindeGasRus Company with cryogenic cylinder for liquid nitrogen. The stand has the control and measuring systems including instruments to measure temperature, heat flux, and velocity of the gaseous nitrogen, and software for data processing. The graphs for the temperature distribution on the surface, in the center of the product, and for the environment along the length of the apparatus, and also for the heat flux during cooling and freezing by gaseous nitrogen was obtained experimentally. Experimental data of the main cooling parameters (duration  $\tau$  and the heat transfer coefficient  $\alpha$ ) for the blanched carrot layer of the width  $\delta = 0.01$  m at the temperatures of gaseous nitrogen  $t_s = -40$  and  $-60$  °C, proving the adequacy (at 4-6 %) of calculated data obtained by the developed mathematical model (see the previous article) are presented, which proves the validity of the model use in a wide range of performance parameters. The technology and results of the blanched carrot quality analysis after pre-cooling (1st zone), freezing (2nd zone) in the nitrogen tunnel apparatus, and subsequent storage are shown. The high efficiency of using low temperature gaseous nitrogen for precooling and the subsequent freezing of blanched vegetable raw materials is proved: microbiological safety enhances, appearance and shelf life of plant products extend.*

**Keywords:** experimental stand, measuring and control system, tunneling machine, gaseous nitrogen, herbal products, blanching, quality indicators.

---

### Article info:

Received 15/05/2017, accepted 24/11/2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-4-

Article in Russian

### For citation:

Venger K.P., Popkov V.I., Feskov O.A., Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Shatalova N.I. Rapid freezing of herbal products by gaseous nitrogen. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 4. p.

---

## Введение

Среди актуальных проблем аграрного производства все большее значение приобретает обеспечение населения разнообразной растительной продукцией, являющейся источником многих витаминов и биологически активных веществ.

Недостаточные объемы заготовок и несоответствие качества отдельных видов плодоовощного сырья технологическим требованиям снижают конкурентоспособность отечественной плодоовощной продукции, как свежей, так и замороженной.

Важным условием сохранения качества растительного сырья является широкое использование холода на всех этапах движения продукции в непрерывной холодильной цепи (поле – потребитель). В этом плане важен выбор холодильных систем и условий холодильной обработки, в зависимости от особенностей плодоовощного сырья и целевого назначения (хранение, замораживание) [1].

Особую группу составляет растительная продукция (картофель, морковь, капуста цветная, грибы, зеленый горошек и т.п.), которая перед замораживанием подвергается бланшированию, в результате чего температура продукта достигает 93-95 °С. Для организации производства быстрозамороженной продукции, подвергнутой бланшированию, на современных поточно-механизированных линиях, необходимо, чтобы скорость замораживания соответствовала скорости предварительного ее охлаждения. Используемые в отечественной практике методы и режимы охлаждения не отвечают данному требованию.

В предыдущей опубликованной статье [2] обозначена перспективность использования азотной системы хладоснабжения для быстрого охлаждения бланшированной растительной продукции и отмечена необходимость проведения дальнейших широких исследований. Были представлены результаты первого этапа исследований, связанные с разработкой аналитических моделей расчетов основных процессных параметров охлаждения растительной продукции после бланширования, с использованием низкотемпературного газообразного азота [2].

В данной статье представлены результаты следующих этапов исследований.

## **Цель и задачи исследований**

Проведение следующих этапов исследований предусматривает следующие цели:

– экспериментальное определение основных процессных параметров охлаждения бланшированной растительной продукции низкотемпературным газообразным азотом, необходимых для проверки адекватности расчетным данным, полученным с использованием разработанной математической модели, представленной в ранее опубликованной статье [2];

– оценка технологической эффективности низкотемпературной обработки бланшированного растительного сырья на стадиях предварительного охлаждения и последующего замораживания с использованием газообразного азота.

В связи с данными целями исследований решались соответствующие задачи, общей из которых является организация экспериментального стенда на базе действующего двухзонного азотного туннельного скороморозильного аппарата.

## **Методы и результаты процессных исследований**

На данном этапе исследований получены экспериментальные значения основных параметров охлаждения растительного продукта после предварительного бланширования газообразным азотом.

Для этой цели был организован экспериментальный стенд на базе действующего двухзонного азотного туннельного скороморозильного аппарата компании «ЛиндеГазРус» (Германия), который был установлен в г. Балашиха Московской обл. Принципиальная схема аппарата показана на рис. 1.

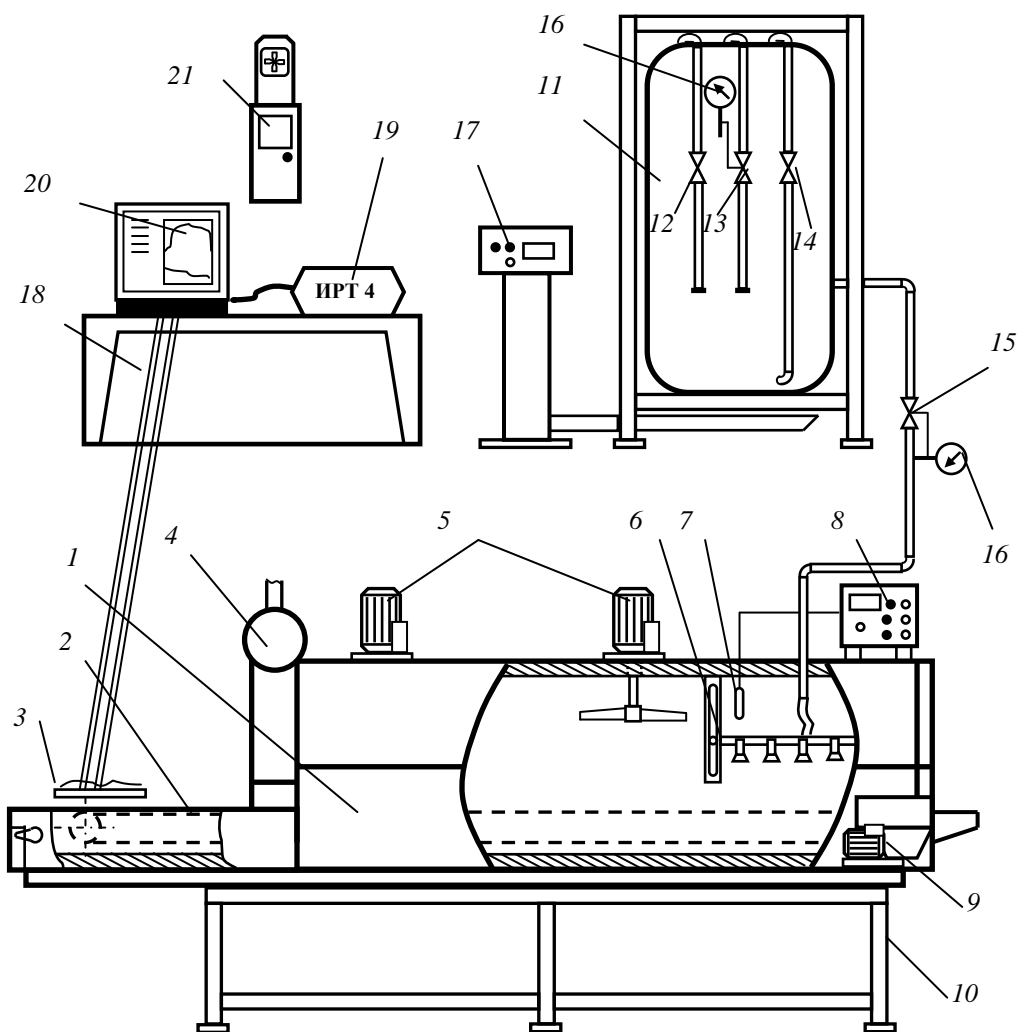
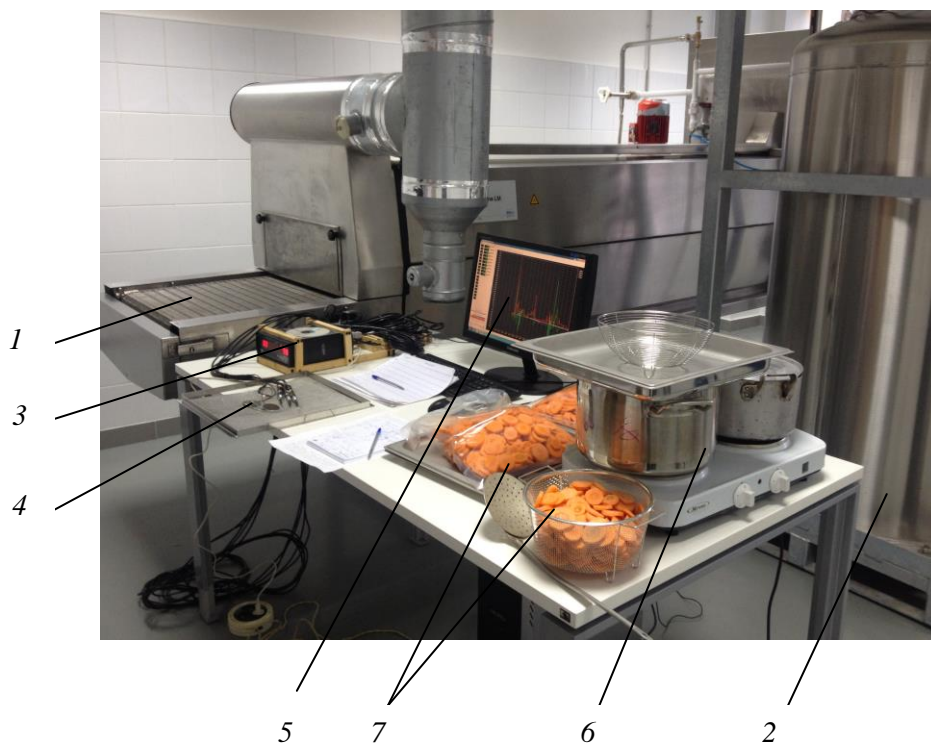


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда на базе двухзонного азотного туннельного скороморозильного аппарата «Криолайн ЛМ» компании «ЛиндеГазРус»:  
 1 – корпус аппарата; 2 – конвейер; 3 – противень с продуктом; 4 – вытяжной канал;  
 5 – двигатели вентиляторов; 6 – коллектор с форсунками; 7 – датчики температуры;  
 8 – пульт управления; 9 – привод конвейера; 10 – рама; 11 – криоцилиндр EUROcyl 600/15;  
 12 – вентиль заправки; 13 – вентиль сброса давления; 14 – вентиль для создания давления в криоцилиндре; 15 – вентиль подачи жидкости; 16 – манометр; 17 – весы; 18 – стол контрольно-измерительной аппаратуры; 19 – измеритель (ИРТ 4) с термопарами и датчиками тепловых потоков; 20 – портативный компьютер; 21 – электронный анемометр

Fig. 1. The principle diagram of the experimental stand in the basis of Cryoline LM two-band quick-freezing apparatus with cryogenic cylinder for liquid nitrogen of (LindeGasRus Company, the town of Balashiha): 1 – body; 2 – conveyor; 3 – product tray; 4 – suction duct; 5 – fan motors; 6 – collector with nozzles; 7 – temperature sensors; 8 – control panel; 9 – conveyor drive; 10 – frame; 11 – EUROcyl 600/15 cryogenic cylinder; 12 – filling valve; 13 – pressure release valve; 14 – cryogenic cylinder pressure valve; 15 – liquid supply valve; 16 – manometer; 17 – weighing apparatus; 18 – control equipment; 19 – meter with thermocouples and heat flux sensors; 20 – PC; 21 – electronic anemometer

Общий вид элементов экспериментального стенда с контрольно-измерительной системой и оборудованием для предварительной подготовки к охлаждению растительной продукции показан на рис. 2. Контрольно-

измерительная система [3, 4, 5] включает в себя измеритель температуры и тепловых потоков ИРТ-4 (3), термопары и датчики тепловых потоков (4), предназначенные для работы в низкотемпературных средах с диапазонами измерений температуры  $t$  ( $150 \div -200$  °С) и теплового потока  $q$  ( $0 \div 10000$  Вт/м<sup>2</sup>), а также компьютер (5) с программным обеспечением для обработки снимаемых показаний.



*Рис. 2. Общий вид экспериментального стенда на базе туннельного скороморозильного аппарата «Криолайн ЛМ»:*

*1 – азотный туннельный аппарат «Криолайн ЛМ»; 2 – криоцилиндр EUROCYL 600/15; 3 – измеритель температуры и тепловых потоков (ИРТ 4); 4 – противень с термопарами и датчиками тепловых потоков; 5 – компьютер с программным обеспечением; 6 – оборудование для бланширования и сушки продукции; 7 – образцы растительной продукции*

*Fig. 2. Experimental stand in the basis of Cryoline LM tunnel quick-freezing apparatus:*

*1 – Cryoline LM nitrogen tunnel; 2 – EUROCYL 600/15 cryogenic cylinder; 3 – temperature and heat-flow meter; 4 – tray with thermocouples and heat flux sensors; 5 – PC; 6 – blanching and drying facilities; 7 – samples of plant products*

Измеритель ИРТ-4 оснащен собственной программой считывания напряженности электрического поля  $E$  (мВ) в автоматическом режиме с периодом за-

писи в память  $\tau = 2$  с, преобразующей снимаемые показания в физические величины, соответственно, температуру  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) и тепловой поток  $q$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).

Исследования процесса охлаждения растительного продукта проводили с использованием первой зоны азотного туннельного аппарата.

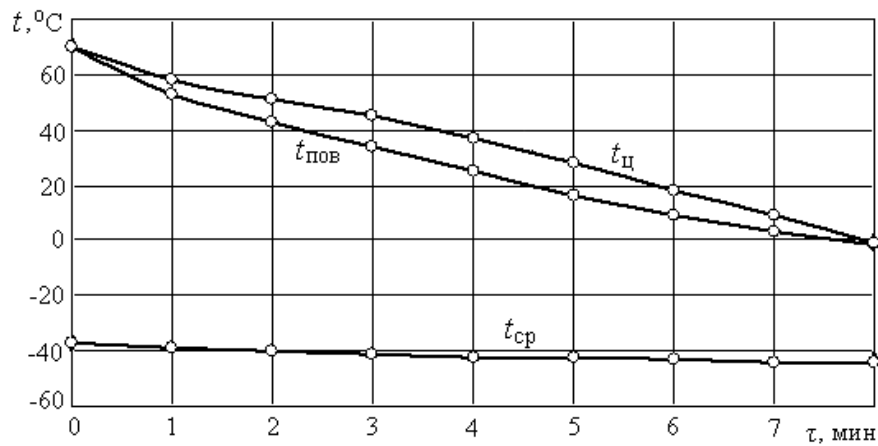
Подача газообразного азота с исследуемыми его температурами обеспечивалась, с использованием приборов автоматики, из емкости с жидким азотом – криоцилиндр EUROСyl 600/15 (см. рис. 1, поз. 11).

В качестве объекта исследования использовали морковь, нашинкованную в виде пластин круглой формы толщиной  $\delta = 0,005$  м. Продукт подвергали предварительному бланшированию в кипящей воде при температуре  $70^{\circ}\text{C}$  в течение 5 мин, с последующей сушкой от капельной влаги. Далее морковь размещали на сетчатом поддоне насыпным слоем толщиной  $\delta = 0,01$  м и, с предварительно подсоединенными термопарами и датчиками плотности теплового потока, помещали на конвейерную ленту азотного туннельного аппарата.

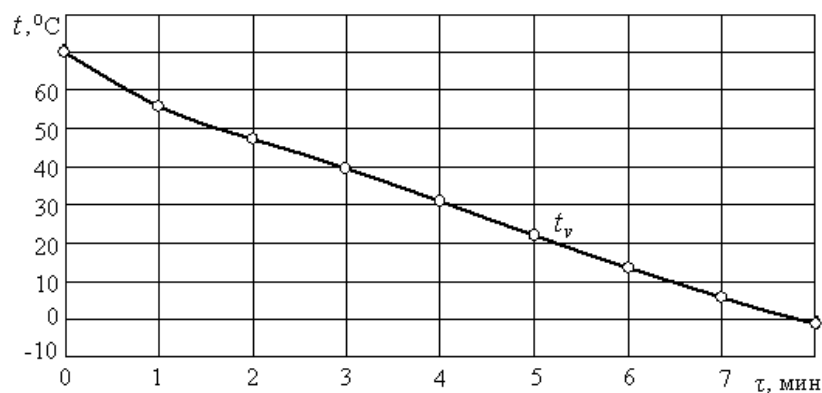
Исследование процесса охлаждения моркови слоем толщиной  $\delta = 0,01$  м проводились при двух значениях температуры газообразного азота  $t_{\text{ср}} = -40$  и  $-60^{\circ}\text{C}$ , при постоянной скорости его циркуляции  $\omega_{\text{ср}} = 5$  м/с.

Результаты экспериментальных исследований процесса охлаждения растительной продукции представлены при одной из исследуемых температур газообразного азота,  $t_{\text{ср}} = -40^{\circ}\text{C}$ , скорости его циркуляции  $\omega_{\text{ср}} = 5$  м/с.

На базе полученных кривых изменения температуры (термограмма) на поверхности ( $t_{\text{пов}}$ ) и в центре ( $t_{\text{ц}}$ ) продукта, с использованием компьютерной программы, получена графическая зависимость среднеобъемной температуры ( $t_v = f(\tau)$ ), определяемой как среднеарифметическая  $t_v = (t_{\text{пов}} + t_{\text{ц}})/2$  (рис. 3, а, б).



а



б

Рис. 3. Кривые изменения температуры (а) на поверхности ( $t_{\text{пов}}$ ) и в центре ( $t_{\text{ц}}$ ) моркови слоем толщиной  $\delta = 0,01$  м и среднеобъемной температуры ( $t_v$ ) (б) при охлаждении газообразным азотом с температурой  $t_{\text{ср}} = -40$  °С и скоростью его циркуляции  $\omega_{\text{ср}} = 5$  м/с

Fig. 3. The changes of temperature (а) at the surface ( $t_{\text{пов}}$ ) and at the center ( $t_{\text{ц}}$ ) of carrot layer of the width  $\delta = 0.01$  m and with the medium volume temperature ( $t_v$ ) (б) when frozen by gaseous nitrogen with the temperature  $t_{\text{ср}} = -40$  °С and its circulation velocity  $\omega_{\text{ср}} = 5$  m/s

Продолжительность охлаждения исследуемого продукта определялась как время достижения среднеобъемной температуры  $t_v = 4$  °С от начальной его температуры  $t_{\text{н}} = 70$  °С.

Для экспериментального определения коэффициента теплоотдачи ( $\alpha$ ) использованы полученные графические зависимости плотности теплового потока  $q = f(\tau)$  на верхней ( $q_{\text{пов.в}}$ ) и нижней ( $q_{\text{пов.н}}$ ) поверхностях слоя продукта (рис. 4).



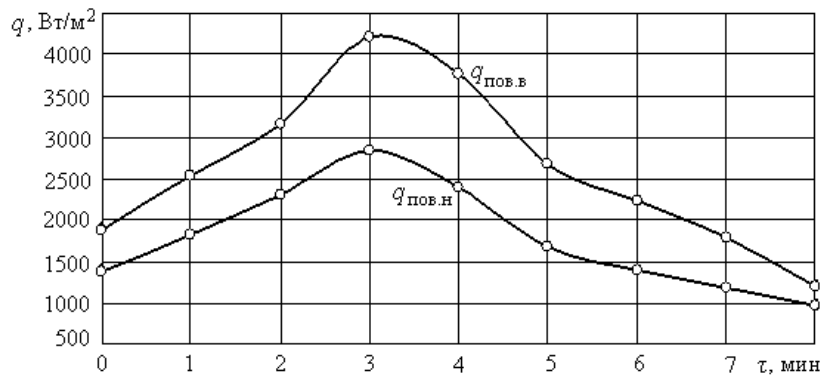


Рис. 4. Кривые изменения плотности теплового потока ( $q$ ) на верхней ( $q_{\text{пов.в}}$ ) и нижней ( $q_{\text{пов.н}}$ ) поверхностях слоя моркови толщиной  $\delta = 0,01$  м при охлаждении газообразным азотом с температурой  $t_{\text{ср}} = -40$  °С и скоростью его циркуляции  $\omega_{\text{ср}} = 5$  м/с  
 Fig. 4. The changes of heat flux ( $q$ ) at upper ( $q_{\text{пов.в}}$ ) and lower ( $q_{\text{пов.н}}$ ) surfaces of carrot layer of the width  $\delta = 0.01$  m when frozen by gaseous nitrogen with the temperature  $t_{\text{ср}} = -40$  °С and its circulation velocity  $\omega_{\text{ср}} = 5$  m/s

На базе этих кривых (рис. 4), с использованием компьютерных программ, получены графические зависимости на двух поверхностях продукта:  $\alpha_{\text{пов.в}} = f(\tau)$  и  $\alpha_{\text{пов.н}} = f(\tau)$  (рис. 5) с использованием уравнения Ньютона–Рихмана [6, 7]:

$$\alpha = q \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где  $q$  – плотность теплового потока, Вт/м²;  $\Delta t$  – разница температур между температурами на поверхности продукта ( $t_{\text{пов}}$ ) и газообразного азота ( $t_{\text{ср}}$ ), °С.

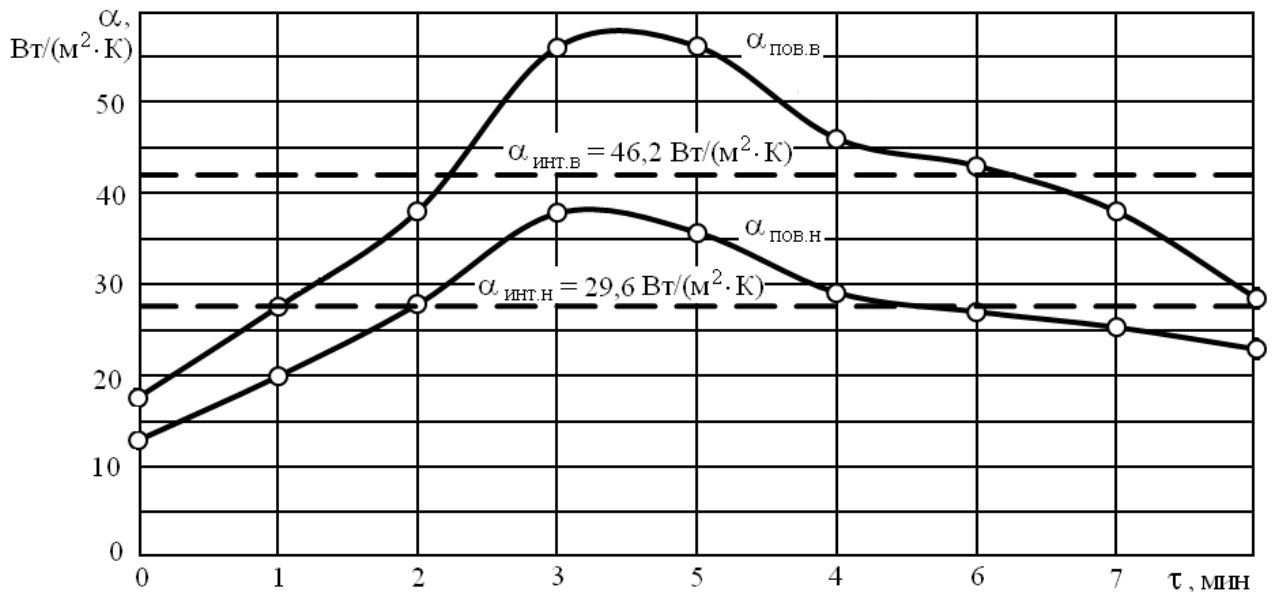


Рис. 5. Кривые изменения коэффициента теплоотдачи  $\alpha = f(\tau)$  для верхней ( $\alpha_{\text{пов.в}}$ ) и нижней ( $\alpha_{\text{пов.н}}$ ) поверхностях слоя моркови толщиной  $\delta = 0,01$  м при охлаждении газообразным азотом с температурой  $t_{\text{ср}} = -40$  °С и скоростью его циркуляции  $\omega_{\text{ср}} = 5$  м/с:  $\alpha_{\text{инт.в}}$  и  $\alpha_{\text{инт.н}}$  – средние интегральные значения параметра, Вт/(м²·К)

Fig. 5. The changes of heat exchange coefficient  $\alpha = f(\tau)$  for upper ( $\alpha_{\text{пов.в}}$ ) and lower ( $\alpha_{\text{пов.н}}$ ) surfaces of carrot layer of the width  $\delta = 0.01$  m when frozen by gaseous nitrogen with the temperature  $t_{\text{ср}} = -40$  °C and its circulation velocity  $\omega_{\text{ср}} = 5$  m/s:  $\alpha_{\text{инт.в}}$ ;  $\alpha_{\text{инт.н}}$  – the average integral value of the parameter, W/(m<sup>2</sup>·K)

На базе данных изменений коэффициента теплоотдачи ( $\alpha$ ) методом графического интегрирования [8, 9, 10], заложенным в компьютерную программу, определяли его среднеинтегральные значения с верхней  $\alpha_{\text{пов.в}} = 46,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) и нижней  $\alpha_{\text{пов.н}} = 29,6$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) поверхностей продукта (рис. 5).

Полученные результаты экспериментальных исследований использованы при проверке адекватности аналитических моделей расчета продолжительности ( $\tau$ ) охлаждения и коэффициента теплоотдачи ( $\alpha$ ).

С учетом погрешности измерительной техники получены следующие результаты, представленные в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты проверки адекватности математической модели**

Table 1

**The results of the mathematical model verification**

Параметры газообразного азота		Параметры процесса охлаждения бланшированного продукта					
Температура $t_{\text{ср}}$ , °C	Скорость циркуляции $\omega_{\text{ср}}$ , м/с	Продолжительность охлаждения $\tau$ , мин			Коэффициент теплоотдачи $\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К); $\alpha_{\text{пов.в}}/\alpha_{\text{пов.н}}$		
		Расчетное	Экспериментальное	Адекватность, %	Расчетное	Экспериментальное	Адекватность, %
-40	5	8,3	7,8	6	48,1/31,1	46,2/29,6	4/4,8
-60	5	7,7	7,2	6,5	50,7/33,8	48,2/32,0	4,9/5,3

Полученные результаты первого этапа экспериментальных исследований доказали правомерность применения предложенных математических моделей расчета основных параметров процесса охлаждения бланшированной расти-

тельной продукции газообразным азотом в широком интервале условий теплообмена.

### **Технологические исследования**

В отечественной практике в меньшей степени исследовались режимы и технологическая эффективность первого этапа – предварительного охлаждения сырья, которое необходимо в качестве промежуточного этапа перед замораживанием ряда растительных объектов [11, 12]. Для многих видов овощей (морковь, картофель, цветная капуста и др.) составной частью технологии подготовки к быстрому замораживанию является этап термической обработки (бланширование) [13]. Такая предварительная термическая обработка перед замораживанием необходима для замедления деятельности ферментов, разрушающих структуру, цвет, аромат продукта и для некоторого снижения микробиологической обсемененности.

Применяемый в производстве процесс охлаждения осуществляется с использованием медленных способов охлаждения (охлажденной водой или воздушной средой и др.), что не позволяет в полной мере реализовать преимущества криогенного воздействия [14, 15].

Для исследования технологической эффективности азотного охлаждения до начала процесса быстрого замораживания проведены исследования с использованием моркови резаной.

Криогенное охлаждение продукта осуществлялось в I-ой зоне, а последующее его замораживание – во II-ой зоне двухзонного азотного аппарата компании ОАО «ЛиндеГазРус» (рис. 1).

Технологическая схема исследований растительной продукции, выполненная специалистами лаборатории технологии консервирования ВНИИТеК, включает в себя следующие этапы:

- приемка, мойка сырья, товарная и органолептическая оценка качества;
- резка корнеплодов на кружки толщиной  $\delta = 5 \pm 0,5$  мм;

– бланширование и сушка бланшированного сырья по методике, используемой на первом этапе исследований;

– размещение бланшированного сырья на перфорированных поддонах слоем  $\delta = 10$  мм и установка их на транспортерной ленте азотного аппарата;

– предварительное охлаждение сырья газообразным азотом при температуре  $t_{аз} = -40$  °С до конечной среднеобъемной температуры  $t_v = 4$  °С в течение  $\tau_{охл} = 7,8$  мин;

– последующее замораживание сырья газообразным азотом при температуре  $t_{аз} = -60$  °С до конечной среднеобъемной температуры  $t_v = -18$  °С, в течение  $\tau_{охл} = 7,2$  мин;

– замораживание контрольного продукта в низкотемпературной воздушной камере с  $t_{кам} = -45$  °С без предварительного его охлаждения. Продолжительность замораживания  $\tau_{зам} = 180$  мин от начальной температуры  $t_{нач} = 70$  °С до конечной среднеобъемной температуры  $t_v = -18$  °С;

– упаковывание замороженных овощей в пакеты емкостью до 1 кг из полимерной пленки производства Дмитровского завода гибкой упаковки, изготовленную по ТУ 2245-003-70425965-2009, состава РА/РЕ с толщиной  $\delta = 70-80$  мк;

– хранение упакованных образцов замороженных овощей в камере с воздушным охлаждением при  $t_{кам} = -18 \pm 1$  °С;

– контроль химико-технологических и микробиологических показателей качества замороженной продукции после хранения при температуре  $t_{кам} = -18$  °С.

Исследования показали, что применение азотной системы охлаждения для предварительного охлаждения и последующего замораживания овощей позволило увеличить ингибирование фитопатогенной микрофлоры готовой продукции в отличие от варианта охлаждения и замораживания в воздушной среде (табл. 2). Через 7 мес. хранения в криогенно замороженных овощах количество жизнеспособной бактериальной микрофлоры снижалось до уровня 0,4-1,1% от исходного, а в контрольном варианте только до 2,3-9,4 % от исходного.

Таблица 2

## Содержание жизнеспособных спор в исследуемых образцах

Table 2

## The content of the viable spores in the samples under investigation

Варианты	Количество жизнеспособных спор (или конидий) в массе продукции после дефростации, КОЕ в 1 г			
	КМАФАнМ	Плесневые грибы	Дрожжи	Кишечная палочка
Опыт: криогенное (азотное) охлаждение и замораживание	$6,4 \cdot 10^2$	$< 0,1 \cdot 10^1$	$1 \cdot 10^1$	Отсутствует
	$2,1 \cdot 10^2$	$< 0,1 \cdot 10^1$	$1 \cdot 10^1$	
Контроль: заморозка в воздушной среде	$1,3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$	$1 \cdot 10^1$	Отсутствует
	$5,3 \cdot 10^3$	$0,1 \cdot 10^1$	$0,1 \cdot 10^1$	
Исходное	$5,6 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^1$	Отсутствует

Таким образом, охлаждение и замораживание овощей с применением азотной системой охлаждения обеспечивало более высокий уровень микробиологической безопасности продукции. В обоих вариантах отмечено также однозначное подавление жизнедеятельности плесневых грибов и дрожжей.

## Результаты исследования

Исследования показали, что в варианте криогенного охлаждения и замораживания овощей общая органолептическая оценка опытного полуфабриката моркови (резаные корнеплоды), после 12 мес. хранения составляла 90-96% от исходного (табл. 3).

Таблица 3

## Сравнительные данные по показателям качества исследуемых образцов

Table 3

## Quality indicators of the samples under investigation

Варианты	Сроки хранения при $t = 18^\circ\text{C}$ , мес	Показатели качества продукции				
		Органолептическая оценка, баллы	Сухие растворимые в-ва, %	Титруемая кислотность	В-каротин, мг %	Витамин С, мг %
Охлаждение и быстрое замораживание с применением	7	4,8	10,8	0,08	21,7	20,0

ем азотной системы замораживания (опыт)	12	4,5	10,6	0,04	21,0	18,0
Быстрое замораживание в воздушной среде (контроль)	7	4,7	10,2	0,03	20,4	17,0
	12	4,2	10,0	0,02	19,0	15,0

Из органолептических показателей криогенно замороженных овощей более высокую оценку имели параметры: внешний вид, вкус, аромат. Контрольные образцы в большей степени снижали органолептическую оценку до 84-94% от исходного.

Содержание витамина С в опытных образцах после 12 мес. хранения было 18-20 мг % (в контрольном варианте 15-17 мг %).

Содержание каротиноидов в опытных образцах после 5 месяцев хранения было на 6,4 % выше, чем в контроле. В криогенно замороженных овощах в 2,7 раза больше сохраняются органические кислоты и растворимые сухие вещества. В то же время отмечалось некоторое размягчение консистенции опытных образцов.

Проведенные технологические исследования установили высокую эффективность использования низкотемпературного газообразного азота для предварительного охлаждения и последующего замораживания бланшированного растительного сырья: обеспечивается повышение микробиологической безопасности, товарного вида и продление сроков гарантированного качества растительной продукции.

#### Литература

1. Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Кочетов В.П. и др. Проблемы создания и реализации НХЦ для повышения качества и безопасности плодоовощной продукции от «поля» до «потребителя». Материалы IX международной научно-технической конференции «Со-

#### Referenses

1. Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Kochetov V. P., etc. Problems of creation and realization of NHTs for improvement of quality and safety of fruit and vegetable products from "field" to "consumer". Materials IX of the international scientific and technical conference "Modern Problems of the Refrigerating

временные проблемы холодильной техники и технологии». – Одесса: 2013. с. 84-86.

2. Венгер К.П., Попков В.И., Феськов О.А. Аналитические исследования процесса быстрого охлаждения бланшированной растительной продукции газообразным азотом // Вестник Международной академии холода. 2017. № 3. с. 53-61.

3. Джеймс С.Дж. Быстрое охлаждение // Холодильный бизнес. 2002. № 1, 2. с.22-24, 26-27.

4. Антонов А.А. и др. Быстрое замораживание пищевых продуктов с использованием азотного туннельного аппарата. // Мясные технологии. 2005. № 4 (28). с.12-13.

5. Антонов А.А. Перспективы использования для быстрого замораживания пищевых продуктов проточных систем хладоснабжения сжиженным или газообразным азотом //Материалы международной конференции «Индустрия холода в XXI веке». – М.: Пищепромиздат, 2004. с.63-68.

6. Охлажденные и замороженные продукты / под общ. ред. Майка Стрингера и Колин Деннис; под науч. ред. Н.А. Уваровой; [пер. с англ. В.Е. Ашкинази, И.В. Рыбина. Охлажденные и замороженные продукты]. – СПб.: Профессия, 2004.

7. Венгер К.П., Пчелинцев С.А., Ручьев А.С., Феськов О.А. Исследование процесса быстрого замораживания пищевых продуктов в трехзонном азотном аппарате // Вестник Международной академии холода. 2001. № 2. с. 36-37.

8. Завражнов А.И., Хайрутдинов З.Н., Митрохин М.А., Дьячков С.В. Системный подход к изучению процесса предварительного охлаждения ягод при хранении. // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК

Equipment and Technology". Odessa: 2013. P. 84-86.

2. Venger K.P., Popkov V.I., Feskov O.A. Analytical studies of the rapid cooling process blanched vegetable products nitrogen gas. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 3. p. 53-61. (in Russian)

3. James S. Dzh. Fast cooling. *Kholodil'nyi biznes*. 2002. No 1, 2. p. 22-24, 26-27. (in Russian)

4. Antonov A.A., etc. Fast freezing of foodstuff with use of the nitric tunnel device. *Myasnye tekhnologii*. 2005. No 4 (28). p. 12-13. (in Russian)

5. Antonov A.A. The prospects of use for fast freezing of foodstuff of flowing systems of cold supply by the liquefied or gaseous nitrogen//Materials of the international conference "The Cold Industry in the 21st Century". Moscow, 2004. P. 63-68. (in Russian)

6. The cooled and frozen products. Under Mike Stringer and Coline Dennis's common edition; under scientific edition of N.A. Uvarova; [translation from English V.E. Ashkinazi, I.V. Rybina. The cooled and frozen products.]. – SPb.: Professiya, 2004. (in Russian)

7. Venger K.P., Pchelintsev S.A., Ruchev A.S., Feskov O.A. The study of the process of quick freezing food products in three-nitrogen system. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2001. No 2. p. 36-37. (in Russian)

8. Zavrazhnov A.I., Khairutdinov Z.N., Mitrokhin M.A., D'yachkov S.V. Systems approach to studying of process of precooling of berries at storage. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2016. No 6(14). P. 54-60. (in Russian)

9. Kutsakova V.E., Frolov S.V., Filippov V.I., Danin V.B. Refrigerating technology of foodstuff. Part 1. Heatphysical bases. SPb.: GIORD, 2007. 222 p. (in Russian)

10. Antonov A.A., etc. The nitric systems of cold supply for production of the fast-frozen products. Ryazan: Uzoreche, 2002. 205 p. (in

– продукты здорового питания. 2016. № 6(14). С. 54-60.

9. Куцакова В.Е., Фролов С.В., Филиппов В.И., Данин В.Б. Холодильная технология пищевых продуктов. Часть 1. Теплофизические основы. – СПб.: ГИОРД, 2007. 222 с.

10. Антонов А.А. Азотные системы хладоснабжения для производства быстрозамороженных продуктов. – Рязань: Узорецье. 2002. 205 с.

11. Bosca, S., Fissore, D., Demichela, M. Reliability Assessment in a Freeze-Drying Process // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017, Vol. 56, Issue 23, P. 6685-6694.

12. Венгер, К.П., Шишкина Н.С., Лежнева М.Л., Карастоянова О.В., Фесков О.А. Новая технология производства быстрозамороженных овощей и ягод с применением экологически безопасной турбохолодильной системы охлаждения / Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в области холодильного хранения и переработки пищевых продуктов». – Краснодар: 2008. с.261-263.

13. Шишкина Н.С., Кондратенко В.В., Карастоянова О.В., Грызунов А.А. Применение криогенных хладагентов для совершенствования технологии хранения и быстрого замораживания плодоовощной продукции // Материалы VII международной научно-технической конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». – СПб.: Университет ИТМО, 2015. с.128-131.

14. Foster, A.M., Brown, T., Giegel, A.J., Alford, A., Evans, J.A. Air cycle combined heating and cooling for the food industry. // International Journal of Refrigeration. 2011. Vol. 34, Issue 5, P. 1296-1304.

15. Marazani, T., Madyira, D.M., Akinlabi, E.T. Investigation of the Parame-

Russian)

11. Bosca, S., Fissore, D., Demichela, M. Reliability Assessment in a Freeze-Drying Process // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017, Vol. 56, Issue 23, P. 6685-6694.

12. Venger, K.P., Shishkina N.S., Lezhneva M.L., Karastoyanova O.V., Feskov O.A. The new production technology of the fast-frozen vegetables and berries with use of ecologically safe turbo-refrigerator system coolings / Materials of the international scientific and practical conference "Innovative Technologies in the field of Refrigerating Storage and Processing of Foodstuff". Krasnodar: 2008. P. 261-263. (in Russian)

13. Shishkina N.S. The use of cryogenic refrigerants to improve storage technology and the rapid freezing of horticultural products//materials VII of the International Science and Technology conference "low-temperature and food technologies for the 21st Century "/N.S. Shishkina, V.V. Kondratenko, O.V. Karastojanova, A.A. Gryzunov. 2015. p. 128-131. (in Russian)

14. Foster, A.M., Brown, T., Giegel, A.J., Alford, A., Evans, J.A. Air cycle combined heating and cooling for the food industry. *International Journal of Refrigeration*. 2011. Vol. 34, Issue 5, P. 1296-1304.

15. Marazani, T., Madyira, D.M., Akinlabi, E.T. Investigation of the Parameters Governing the Performance of Jet Impingement Quick Food Freezing and Cooling Systems. *Procedia Manufacturing*. 2017, Vol. 8, P. 754-760.



ters Governing the Performance of Jet Impingement Quick Food Freezing and Cooling Systems. // Procedia Manufacturing. 2017, Vol. 8, P. 754-760.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

### **Венгер Клара Петровна**

д.т.н., профессор кафедры ресурсосберегающих процессов и технологий пищевых производств Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, vengerkp@gmail.com

### **Попков Вячеслав Иванович**

аспирант кафедры ресурсосберегающих процессов и технологий пищевых производств Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, dorf88@yandex.ru

### **Феськов Олег Алексеевич**

к.т.н., доцент кафедры ресурсосберегающих процессов и технологий пищевых производств Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, Feskov76@mail.ru

### **Шишкина Наталия Сергеевна**

к.б.н., ведущий научный сотрудник ВНИИ-ТеК, 142703, Московская обл., г. Видное, ул. Школьная, 78, vnikopholod@mail.ru

### **Карастоянова Ольга Вячеславовна**

старший научный сотрудник ВНИИТеК, 142703, Московская обл., г. Видное, ул. Школьная, 78, okarastoyanova@mail.ru

### **Шаталова Наталья Игоревна**

младший научный сотрудник ВНИИТеК, 142703, Московская обл., г. Видное, ул. Школьная, 78, vnikopholod@yandex.ru

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### **Venger Klara Petrovna**

D.Sc., professor of Department of Resource-saving Processes and Technologies of Food Productions of Moscow National University of Food Production, 125080, Russia, Moscow, Volokolamskoe highway 11, vengerkp@gmail.com

### **Popkov Vyacheslav Ivanovich**

graduate student of Department of Resource-saving Processes and Technologies of Food Productions of Moscow National University of Food Production, 125080, Russia, Moscow, Volokolamskoe highway 11, dorf88@yandex.ru

### **Feskov Oleg Alekseyevich**

Ph.D., associate professor of Department of Resource-saving Processes and Technologies of Food Productions of Moscow National University of Food Production, 125080, Russia, Moscow, Volokolamskoe highway 11, Feskov76@mail.ru

### **Shishkina Nataliya Sergeevna**

Ph.D., leading researcher of All-Russian Research Institute of technology of conservation, 142703, Russia, Moscow region, Vidnoe, Shkolnaya str., 78, vnikopholod@mail.ru

### **Karastoyanova Olga Vyacheslavovna**

senior researcher of All-Russian Research Institute of technology of conservation, 142703, Russia, Moscow region, Vidnoe, Shkolnaya str., 78, okarastoyanova@mail.ru

### **Shatalova Natalia Igorevna**

junior researcher of All-Russian Research Institute of technology of conservation, 142703, Russia, Moscow region, Vidnoe, Shkolnaya str., 78, vnikopholod@yandex.ru