Доцент В.В. Пойманов, доцент С.М. Яценко, аспирант Р.А. Барыкин
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.
тел. (473) 255–38–96
E-mail: v-poymanov@yandex.ru

Associate Professor V.V. Poymanov, Associate Professor S.M. Yashchenko,
Postgraduate R.A. Barykin
(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of machines and apparatuses
of food production, phone (473) 255–38–96
E-mail: v-poymanov@yandex.ru

Исследование процесса вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов для мясной отрасли с использованием криозамораживания

Investigation of the process of vacuum freeze drying of bacterial concentrates for the meat industry with cryogenic freezing

Реферат. Представлены результаты исследований пищевой ценности выпускаемой продукции. Выявлены основные направления использования бактериальных концентратов в мясной отрасли. Приведен анализ используемых стартовых культур. Проанализирован ассортимент продукции, выпускаемой с использованием бактериальных концентратов. Показано, что внедрение инновационных технологий производства позволит динамично развиваться не только крупным, но и мелким предприятиям, что создаст предпосылки для роста российского рынка мясных продуктов. Доказана экономическая эффективность методов обработки исследуемых препаратов. Обоснована актуальность разработки технологии производства сухих бактериальных концентратов с использованием криозамораживания. Предложен комплексный подход к созданию конкурентоспособных отечественных технологий и оборудования для криозамораживания и сублимационного обезвоживания за счет использования гранулирования для интенсификации внутреннего тепло- и массопереноса, уменьшения удельных энергозатрат за счет применения комбинированной системы хладоснабжения. Приведены результаты исследования кинетики процесса замораживания с использованием традиционного способа и криозамораживания. Предложены рациональные параметры процесса криозамораживания. Рекомендован оптимальный состав криопротекторной среды. Проведены исследования процесса вакуум-сублимационного обезвоживания бактериального концентрата в слое и гранулированном виде. Научно подтверждено, что применение гранулирования и криозамораживания позволяет увеличить количество жизнеспособных микроорганизмов в бактериальном концентрате, сократить время высушивания. Предложены рациональные режимы вакуум-сублимационного обезвоживания. Указаны пути снижения брака перерабатываемой продукции и повышения эффективности производственных мощностей. Приведены качественные показатели сухих бактериальных концентратов. Полученные результаты позволяют проводить инженерные расчеты и проектирование оборудования для криозамораживания и вакуум-сублимационных установок с различными способами энергоподвода.

Summary. The research results of the nutritional value of the products manufactured are presented in the article. The main directions of bacterial concentrates application in the meat industry were determined. The analysis of starter cultures was given. The range of products manufactured with bacterial concentrates was analyzed. It was shown that the introduction of innovative technologies will enable dynamic development of both large and small enterprises, which will create prerequisites for the growth of the Russian market of meat products. Economic efficiency of the studied substances treatment methods was proved. The relevance of the development of technology of production of dry bacterial concentrates with cryogenic freezing was proved. An integrated approach to the development of competitive domestic technologies and equipment for cryofreezing and sublimation dehydration by the use of granulation for the intensification of the internal heat and mass transfer, reducing specific energy consumption through the use of a combined cold supply system was proposed. Results of the study of the kinetics of the freezing process with the traditional method and cryofreezing are given in the paper. Rational parameters of the cryofreezing process were proposed. The optimum composition of cryoprotective medium was recommended. The research of the process of bacterial concentrate vacuum sublimation dehydration in the layer and granular form were conducted. The research confirmed that the use of the cryofreezing and granulation can increase the number of viable microorganisms in the bacterial concentrate and reduce the drying time. Rational vacuum sublimation dehydration modes were proposed. Methods of reducing the defects of the processed products and improvement of the efficiency of production facilities were specified. Quality indicators of dried bacterial concentrates were given. The results obtained allow to carry out engineering calculations and designing of the equipment for cryofreezing and vacuum sublimation units with different ways of energy supply.

Ключевые слова: бактериальный концентрат, гранулирование, криозамораживание, вакуум-сублимационная сушка, термоэлектрический модуль.

Keywords: bacterial concentrate, granulation, cryofreezing, freeze-drying, thermoelectric module.

© Пойманов В.В., Яценко С.М., Барыкин Р.А., 2016

Для цитирования

Пойманов В.В., Яценко С.М., Барыкин Р.А. Исследование процесса вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов для мясной отрасли с использованием криозамораживания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1. С. 25–30. doi:10.20914/2310-1202-2016-1-25-30.

For cite

Poymanov V.V., Yashchenko S.M., Barykin R.A. Investigation of the process of vacuum freeze drying of bacterial concentrates for the meat industry with cryogenic freezing *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*. [Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies]. 2016, no. 1, pp. 25–30. (In Russ.). doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-25-30.

Результаты исследований убедительно показывают несоответствие структуры питания населения России физиологическим нормам, рекомендованным ВОЗ. Рацион питания населения практически всех возрастных групп характеризуется недостатком белка, макро- и микроэлементов, пищевых волокон, витаминов, в связи с чем в коррекции структуры питания нуждаются почти 80 % населения страны.

При этом возрастает влияние внешних факторов на обеспечение продовольственной безопасности России, поскольку продовольствие все больше становится одним из основных рычагов политического и экономического давления в международных отношениях.

Все большее распространение в России и за рубежом получают бактериальные концентраты «прямого внесения» либо замороженные при низких температурах, либо получаемые методом сублимационной сушки. Производство подобных бакконцентратов является наиболее динамично развивающимся сектором рынка микробиологических препаратов для пищевой промышленности и кормопроизводства.

Основным технологическим свойством является способность бактерий сбраживать углеводы в молочную кислоту, вследствие этого происходит ферментация мясного сырья. Под действием ферментов также происходит расщепление белковых компонентов с образованием свободных аминокислот и пептидов, продукт размягчается, приобретает соответствующую консистенцию и легко усваивается. Образованные ароматические соединения способствуют образованию соответствующего вкуса и аромата.

Для приобретения стабильной розово-красной окраски мясопродуктов в составе стартовых культур должны быть денитрифицирующие бактерии, главным образом, стафилококки и микрококки, восстанавливающие нитраты и нитриты до окиси азота, реагирующей с миоглобином мяса, в результате чего продукт приобретает стабильную красно-розовый цвет. Повышение кислотности положительно сказывается на процессе цветообразования, а также способствует сохранению стабильности цвета при хранении. Фермент каталаза, синтезируемый стафилококком, способствует предотвращению окислительных процессов, ведущих к порче мясных продуктов в процессе хранения.

Отечественные мясоперерабатывающие предприятия используют бактериальные препараты при выработке сырокопченых и сыровяленых колбас, мясных деликатесов. Для выпуска данного ассортимента продукции необходимы:

жесткое соблюдение технологических и технических требований к производству, надлежащее технологическое оборудование, сортовое сырье стандартного качества.

Выпуск сырокопченых и сыровяленых колбас производится, главным образом, на крупных и средних предприятиях, имеющих большие производственные площади. На них количество выпускаемой продукции составляет в среднем 7–8 % от общего объема. Малые предприятия, как правило, выпускают вареные, полукопченые и варено-копченые колбасы. Проблемы предприятий, не использующих стартовые культуры, сходны – отсутствие необходимого оборудования и слабая информированность о стартовых культурах.

В настоящее время на рынке стартовые культуры конкурируют с пищевыми добавками, выполняющими ту же технологическую роль. Недостатком вторых является то, что их применение вызывает окислительную порчу жира – прогоркание, так как это соединение – окислитель, и второй недостаток – колбасное изделие с ним быстро высыхает и становится очень твердым и требует скорейшей реализации. Все зависит от стоимости предлагаемых пищевых добавок и бактериальных препаратов, а именно, предприятиям экономически целесообразно использовать более дешевые добавки, чем стартовые культуры. Общие стоимостные затраты на производство колбас с пищевыми добавками в 1,5 раза ниже по сравнению со стартовыми культурами.

С точки зрения функционального питания нашего населения ряд культур молочнокислых бактерий имеет пробиотические свойства, за счет которых улучшается пищеварение, микробиоценоз, иммунитет, обмен веществ в условиях нестабильной экологической ситуации. В литературных источниках имеются сведения о способности микроорганизмов, используемых для ферментации мясных продуктов, снижать уровень холестерина в процессе его ферментативной деструкции [1].

Важным и обязательным компонентом для производства качественных ферментированных колбас являются бактериальные концентраты, которые представляют собой специально подобранные и подготовленные комбинации бактерий.

При производстве сухих бактериальных концентратов сублимационное обезвоживание позволяет добиться высокого содержания жизнеспособных микроорганизмов и хорошей их выживаемости при хранении, кроме того, сухие бактериальные концентраты удобны для транспортировки на предприятия [2].

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных получению бакконцентратов с криозамораживанием микробной массы, в нашей стране практически отсутствуют промышленные биотехнологии, имеющие значительный экономический потенциал [3]. Комплексный подход к созданию конкурентоспособных технологий и оборудования для сублимационного обезвоживания термолабильных продуктов заключается в использовании эффективных средств энергоподвода к продуктам, уменьшении удельных энергозатрат на процесс замораживания и десублимации, и, как следствие, снижении себестоимости продукции при достижении высоких качественных показателей.

Сублимационная сушка молочнокислых микроорганизмов осуществляется при замораживании бактериальной массы до температуры $(-40)^\circ\text{C}$, так как при этой температуре около 96 % влаги находится в твердом агрегатном состоянии [2]. Однако, исходя из материалов научно-технической литературы [3], более высокой выживаемости микроорганизмов можно добиться при мгновенном замораживании парами азота или в среде жидкого азота. При сверхбыстром охлаждении вода не успевает выйти из клетки, что уменьшает ее обезвоживание, структура льда становится мелкокристаллической, уменьшается время действия гиперконцентрированных растворов солей. Повреждения, вызванные воздействием мелких кристаллов льда, не вызывают гибели клетки [4, 5].

Для увеличения выживаемости микроорганизмов при замораживании используют защитные среды (криопротекторы), т. е. вещества, обладающие способностью предупреждать развитие криоповреждений биообъектов и обеспечивать их сохранность в жизнеспособном состоянии после замораживания. В качестве криопротекторов используют: углеводы (глюкоза, фруктоза, лактоза, сахароза и др.), белки (альбумин, желатина), аминокислоты (аланин, валин, глицин и др.), полимеры (декстран), неорганические соли (NaCl , MgCl_2 и др.). Криопротекторными свойствами обладают также сухое обезжиренное молоко, пептон, сыворотка и другие вещества [6].

При сушке замороженной биомассы происходит целый комплекс явлений, которые влияют на выживаемость микроорганизмов. Необходимость сохранения белков обусловлена их ведущей ролью в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Денатурация белков и инактивация ферментов являются причинами гибели клеток. Большую опасность для клетки при обезвоживании представляют минеральные вещества, содержащиеся в ней в виде электролитов.

В процессе обезвоживания их концентрация повышается и может достигнуть уровня, при котором белок денатурируется. При сушке также может изменяться реакция среды или повышаться сверх допустимой величины концентрация токсичных компонентов, что понижает жизнеспособность микроорганизмов непосредственно в процессе обезвоживания или вызывает их быструю гибель при хранении [6].

Скорость сушки лимитируется не только внешним, но и внутренним тепло- и массопереносом. При сублимации льда зона парообразования углубляется в толщу продукта, образующийся сухой слой оказывает сопротивление как проникновению пара из зоны парообразования к поверхности материала, так и передаче тепла извне к зоне сублимации (гидродинамическое и термическое сопротивление). Одним из вариантов устранения отрицательного влияния сухого слоя при сублимационном высушивании является гранулирование продукта.

Цель настоящей работы – исследовать влияние криозамораживания стартовых культур, а также процесс сублимационной сушки.

Материалы и методы исследований.

Биомассу стартовой культуры для производства колбас быстрой ферментации (смесь штаммов *Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus* и *Pediococcus acidilactici*) смешивали со стерильной защитной средой в соотношении 1:1.

В качестве криопротекторной среды использовали: I вариант – водный раствор, содержащий сахарозу, цитрат натрия, глутамат натрия и желатозу; II вариант – водный раствор, содержащий лактозу и лактулозу. При этом доля бактериальной массы составляла от 20 до 60 % к общей массе.

Полученную суспензию замораживали по двум вариантам: I вариант – разливали в металлические контейнеры слоем 10...12 мм и замораживали в каскадном низкотемпературном морозильном шкафу Frigera HC 280/75 при температуре -45°C ; II вариант – прокачивали суспензию через капилляры диаметром 2; 2,5; 3 мм, гранулы замораживались в жидком азоте при температуре -196°C .

Блок измерения температуры состоял из миллиамперметра и хромель-копелевых термодпар, изготовленных из проводников диаметром 0,2 мм. Для повышения предела измерений шкала миллиамперметра составляла 0,1 $^\circ\text{C}$.

Для закрепления термодпар в слое продукта к поддону прикреплялась специальная пластина с отверстиями для термодпар. Отверстия были выполнены на определенной высоте от дна поддона.

За счёт большой разницы между температурами и высоких коэффициентов теплоотдачи при криогенном замораживании достигаются высокие скорости снижения температуры, что сохраняет нативную тканевую структуру, тормозит процесс обезвоживания клеток и не снижает биологическую активность исходного материала [4].

Учитывая непрерывное увеличение цен на производство холода машинным способом, экологически безопасное криогенное замораживание пищевых продуктов имеет хорошие перспективы.

Оборудование для замораживания в жидком азоте имеет следующие преимущества: простота конструкции, надежность и удобство эксплуатации, большая маневренность по производительности. Максимальная производительность в 3–5 раз превышает номинальную, что незаменимо при обработке больших партий продуктов в короткие сроки.

Криогенное оборудование хорошо поддается автоматизации производства и способно работать в поточных линиях с механизированным процессом загрузки и выгрузки продуктов. К тому же, для его работы не требуется постоянный источник энергии, система оттаивания и удаления влаги.

Перечисленные преимущества не просто повышают качество переработки, но позволяют получить продукты с принципиально новыми свойствами.

Массу, замороженную по I и II способу, высушивали в вакуум-сублимационной сушилке, оснащенной комбинированной системой хладоснабжения [7].

Число колониеобразующих единиц (КОЕ/г) определяли чашечным методом посева в агаризованную питательную среду на основе гидролизата казеина [8].

От скорости замораживания и конечной температуры продукта зависит не только процесс сублимации, но и качественные характеристики сухого бакконцентрата. На рисунке 1 представлены экспериментальные данные по исследованию процесса замораживания.

Согласно рисунку 1, при предварительном замораживании с увеличением массовой доли бактериальной массы продукта происходит сокращение времени замораживания (кривые 1, 2), при использовании криозамораживания парами азота по сравнению с обычным длительность процесса сокращается на 40–60 % (кривые 3, 4), а при криозамораживании жидким азотом на 95–98 % (кривые 5, 6).

Рисунок 1. Кинетика процесса замораживания бакконцентратов: 1 – воздушное: $t_c = -45^\circ\text{C}$, м. д. бактериальной массы 30 %; 2 – $t_c = -45^\circ\text{C}$, м. д. бактериальной массы 50 %; 3 – криозамораживание парами азота: $t_c = -150^\circ\text{C}$, м. д. м. д. бактериальной массы 30 %; 4 – криозамораживание парами азота: $t_c = -150^\circ\text{C}$, м. д. бактериальной массы 50 %; 5 – криозамораживание жидким азотом: $t_c = -196^\circ\text{C}$, м. д. м. д. бактериальной массы 30 %; 6 – криозамораживание жидким азотом: $t_c = -196^\circ\text{C}$, м. д. бактериальной массы 50 %

Если при сушке пищевых продуктов допускается определенное количество невымороженной влаги, то при обезвоживании биологических материалов на основе микроорганизмов их необходимо замораживать до минимальной температуры плавления, т.е. эвтектической точки. Нами установлены рациональные режимы: температура замораживания $(-40)\text{--}(-42)^\circ\text{C}$, размер гранул 2,5 мм.

Совершенствование технологии и разработка оборудования должны базироваться на теоретических исследованиях закономерностей основных процессов, протекающих в аппаратах.

Вакуум-сублимационную сушку проводили в аппарате с комбинированной системой хладоснабжения (рисунок 2), которая содержит цилиндрическую камеру (сублиматор 1), состоящую из корпуса и крышки, подключенную к вакуум-насосу, десублиматор 4, поддоны для загрузки продукта 2 с двойными днищами выполненными из материала с высоким коэффициентом теплопроводности, в которых герметично установлены термоэлектрические модули 3, причем в нижней части противни имеют оребрение для десублимации пара нижестоящего каскада [7].

Рисунок 2. Вакуум-сублимационная сушилка с комбинированной системой хладоснабжения: 1 – сублиматор; 2 – поддон с продуктом; 3 – термоэлектрические модули; 4 – десублиматор

Продукт предварительно замораживается в поддоне 2, после чего противни 3 устанавливаются в сублиматор. Образованная многосекционная конструкция подключается к вакуум-наосу. При достижении остаточного давления 30–50 Па начинают процесс сушки. После подачи тока на термоэлектрические модули 3 они обеспечивают охлаждение холодных спаев до температуры 255–265 К. Тем временем на горячих спаях модулей выделяется теплота, которая передается через перегородку продукту. Перегородка для увеличения производительности выполнена из материала с высоким коэффициентом теплопроводности. При этом на ребрах происходит частичная десублимация пара, а с поверхности замороженного продукта – сублимация влаги.

Процесс сушки прекращают после достижения требуемой влажности продукта, сублиматор разгерметизируется, а продукт выгружается. После чего меняется полярность батарей на 2–3 мин для нагрева холодных, что приводит к удалению десублимата.

Результаты исследования кинетики процесса вакуум-сублимационной сушки бакконцентратов представлены на рисунке 3.

Рисунок 3. Кривые сушки, скорости сушки и термограмма бакконцентрата

На кривой можно выделить следующие периоды:

– *период возрастания скорости сушки*: он характеризуется интенсивным испарением свободной влаги (удаляется до 10–15 % влаги), т. к. отсутствует сопротивление микропористого слоя. Поэтому является целесообразным подвод большого количества теплоты с целью сокращения продолжительности сушки (температура нагревателей 32–35 °С, остаточное давление в камере 20–25 Па,);

– *период постоянной скорости сушки*: влага удаляется, в основном, с поверхностных слоев материала, постоянное сопротивление тепло- и влагопереносу сосредоточено на поверхности, и поэтому в данный период скорость сушки не меняется (температура нагревателей 28–30 °С, остаточное давление в камере 20–25 Па;

– *период падающей скорости сушки*: в этом периоде испарение влаги с поверхности продукта заканчивается, поэтому происходит прогрев близких к поверхности слоев материала. Близкие к поверхности слои материала начинают прогреваться. Процесс сублимации заканчивается при достижении продуктом влажности 12–14 %. Далее происходит вакуумная досушка (десорбция) материала до влажности 3,0–3,2 % (температура нагревателей 25–28 °С, остаточное давление в камере 10–15 Па, плотность теплового потока 1,2–1,25 кВт/м²).

Результаты и их обсуждение. При использовании в качестве защитной среды сахарозы, цитрата натрия, глутамата натрия и желатозы не происходило существенного снижения количества жизнеспособных клеток при замораживании (таблица 1). Таким образом, сахароза, цитрат натрия, глутамат натрия и желатоза обладают хорошими криопротекторными свойствами и могут быть рекомендованы

для использования в качестве компонентов защитных сред при замораживании.

Т а б л и ц а 1

Характеристика бактериальных концентратов

№ партии	Количество бактерий в 1 г бакконцентрата (КОЕ/г)				
	до замораживания	после замораживания		после сушки	
		I вариант	II вариант	I вариант	II вариант
1	$3,6 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{10}$	$3,5 \cdot 10^{10}$	$6,6 \cdot 10^{10}$	$8,4 \cdot 10^{10}$
2	$6,5 \cdot 10^{10}$	$5,8 \cdot 10^{10}$	$6,4 \cdot 10^{10}$	$11,1 \cdot 10^{10}$	$15,2 \cdot 10^{10}$
3	$9,8 \cdot 10^{10}$	$9,0 \cdot 10^{10}$	$9,6 \cdot 10^{10}$	$17,5 \cdot 10^{10}$	$24,6 \cdot 10^{10}$

Уменьшение количества жизнеспособных микроорганизмов в сухих бактериальных концентратах, полученных с использованием гранулирования микробной массы и без использования при хранении в течение 8 месяцев при -18°C составило 1,7–10,4 и 1,5–9,2 % соответственно.

В таблице 2 представлены результаты исследования качественных характеристик высушенных бакконцентратов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Машенцева Н.Г., Хорольский В.В. Функциональные стартовые культуры в мясной промышленности. монография. М.: ДеЛиПринт, 2008. 336 с.

2 Игнатов В.Е., Пойманов В.В., Нестеров Д.А. Исследование процесса вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 1. С. 27–29

3 Харитонов Д.В. Научно-практические аспекты совершенствования технологий пробиотических бактериальных концентратов и пребиотика лактулозы для создания синбиотических молочных продуктов: автореф. дисс. д-ра техн. наук: 05.18.04; Кемерово: КемТИПП, 2012. 48 с.

4 Ященко С.М. Анализ зависимости степени извлечения восковых веществ от температуры // Вестник международной академии холода. 2013. №4. С. 31–33.

5 Ященко С.М., Назаров С.А., Овсянников В.Ю. Анализ системы технологических процессов при криогенном вымораживании растительных масел // Масложировая промышленность. 2013. №4. С. 28–31.

6 Сотченко О.Г. Изучение некоторых аспектов технологии получения бактериальных концентратов // Вести национальной академии наук Беларуси. 2006. №5. С. 230–232.

7 Пат. № 2395768, RU, F 26 B 5/06, F 26 B 9/06. Вакуум-сублимационная сушилка / Антипов С.Т., Пойманов В.В., Воробьев Д.В. № 2009129715/06; Заявл. 03.08.2009; Опубл. 27.07.2010, Бюлл. № 21.

Т а б л и ц а 2

Качественные показатели сухого бакконцентрата

Наименование показателя	Характеристика	
	I вариант	II вариант
Внешний вид	однородный порошок кремового цвета	гранулы кремового цвета
Массовая доля влаги, %	3,5	3,2
Количество жизнеспособных клеток, КОЕ в 1 г	$8,5 \cdot 10^{10}$	$15,5 \cdot 10^{10}$
БГКП (колиформы), в 1 г	не обнаружены	не обнаружены
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 10 г	не обнаружены	не обнаружены
<i>S. aureus</i> , в 1 г	не обнаружены	не обнаружены
Время снижения pH ниже 5,3, ч	28,5	26,0

Выводы

Гранулирование микробной массы молочнокислых микроорганизмов позволяет увеличить количество жизнеспособных микроорганизмов в 1 г концентрата, сократить время высушивания до достижения необходимой влажности продукта.

REFERENCES

1 Mashentseva N.G., Khorol'skii V.V. Funktsional'nye startovye kul'tury v myasnoi promyshlennosti [Functional starting cultures in the meat industry]. Moscow, DeLi print, 2008. 336 p. (In Russ.).

2 Ignatov V.E., Poimanov V.V., Nesterov D.A. Research of freeze-drying process of bacterial concentrates. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologij*. [Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies], 2013, no. 1, pp. 27–29. (In Russ.).

3 Kharitonov D.V. Nauchno-prakticheskie aspekty sovershenstvovaniya tekhnologii probioticheskikh bakterial'nykh kontsentratoov i prebiotika laktulozy dlya sozdaniya sinbioticheskikh molochnykh produktov [Scientific and practical aspects of improvement of technologies of bacterial concentrates probiotic and lactulose prebiotic for creation the sinbiotic dairy products. Dr. of Technical Sci. Diss.] Kemerovo, Kemerovo Technological Institute of Food Industry, 2012. 48 p. (In Russ.).

4 Yashchenko S.M. Analysis of the dependence of the degree of extraction of wax substances temperature. *Vestnik mezhdunarodnoi akademii kholoda* [Proceedings of the International Academy of Refrigeration], 2013, no. 4, pp. 31–33. (In Russ.).

5 Yashchenko S.M., Nazarov S.A., Ovsyannikov V.Yu. Analysis of technological processes for cryogenic freeze oils *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil Industry], 2013, no. 4, pp. 28–31. (In Russ.).

6 Sotchenko O.G. Studing of some aspects of bacterial concentrates production technology. *Vesti natsional'noi akademii nauk Belarusi*. [Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus], 2006, no. 5, pp. 230–232. (In Russ.).

7 Antipov S.T., Poymanov V.V., Vorob'ev D.V. Vakuim-sublimateionnaya sushilka [Freeze-dryer]. Patent RF, no. 2395768, 2010. (In Russ.).