

- profilakticheskoj limfologii: mat-ly Mezhdunar. simp. – Novosibirsk, 2000. – S. 258–259.
8. *Skladneva E.Ju.* Funkcional'naja morfologija limfaticeskogo rusla mochevogo puzyrja domashnih plotojadnyh v postnatal'nom ontogeneze. – Abakan: Izd-vo HGU im. N.F. Katanova, 2010. – 128 s.
  9. *Trjasuchev P.M., Bikbulatov Z.T., Mashak A.N.* Puti limfotoka v mezenterial'nyh limfouzlah cheloveka i nekotoryh kopytnyh, gryzunov i hishnyh // Limfaticeskie i krovenosnye puti: mat-ly Vsesojuz. konf. – Novosibirsk, 1976. – S. 170–171.
  10. *Chumakov V.Ju., Borisov A.V., Garjaeva N.A.* [i dr.]. Limfangiony serdca. – Abakan: Izd-vo HGU im. N.F. Katanova, 1999. – 242 s.
  11. *Chumakov V.Ju., Skladneva E.Ju., Bashmakova T.N.* [i dr.]. Arhitektonika limfaticeskogo rusla setki i knizhki ovec v postnatal'nom ontogeneze / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t; Hakas. filial. – Krasnojarsk, 2013. – 143 s.
  12. *Adams D.R.* Canine anatomy a systemic study. Iowa State Press // A Blackwell Publishing Company. – 2004. – 455 p.
  13. *Budras K.-D., McCarthy P.H., Horowitz A.* [et al.]. Anatomy of the Dog. Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. – Hannover, 2007. – 218 p.



УДК 637.14

**А.А. Гущин**

#### КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ТВОРОЖНОЙ СЫВОРОТКИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫМ ВЫМОРАЖИВАНИЕМ

**A.A. Gushchin**

#### CONCENTRATION OF CURD WHEY BY SEPARATING FREEZING

**Гущин А.А.** – асп. каф. теплохладотехники Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), г. Кемерово. E-mail: GuschinAA@suek.ru

**Gushchin A.A.** – Post-Graduate Student, Chair of Heating Ventilation and Air Conditioning, Kemerovo Institute of Food Industry Technology (University), Kemerovo. E-mail: GuschinAA@suek.ru

Разделительное вымораживание является одним из наиболее щадящих способов переработки жидких пищевых продуктов, позволяющих повысить их концентрацию для продления сроков хранения либо для выделения определенных компонентов. Цель работы – исследование процессов, происходящих при криоконцентрировании молочной сыворотки. Опыты по разделительному вымораживанию проводили при температурах теплообменной поверхности от минус 2 до минус 10 °С. Установлено, что наибольшая скорость льдообразования наблюдается на протяжении первых минут разделительного вымораживания. При температуре минус 2 °С через 5 минут процесса скорость льдообразования составляла

22 мм/час, а при температуре теплообменной поверхности минус 10 °С это значение составляло 72 мм/час. Обнаружено, что чем выше температура теплообменной поверхности, тем более пологий характер имеет динамика изменения содержания сухих веществ в концентрате. То же самое относится к концентрации сухих веществ в образующемся льду. Во всех случаях наибольшая скорость повышения концентрации сухих веществ наблюдалась в течение первых 5–10 мин. При температурах теплообменной поверхности ниже минус 6 °С через 30 мин после начала процесса наблюдается значительное снижение скорости повышения концентрации сухих веществ. Рассчитана величина потерь сухих

веществ при различных температурах вымораживания. Установлено, что наибольшая эффективность процесса наблюдается при температуре поверхности кристаллизатора минус 2°C. При данной температуре вымораживается порядка 30 % исходного раствора, а концентрация сухих веществ в незамерзшем растворе составляет 9,78.

**Ключевые слова:** молочная сыворотка, криоконцентрирование, вымораживание.

*Separating freezing is one of the gentlest ways of liquid food products processing, allowing them to increase their concentration to extend shelf life, or to separate certain components. The purpose of the study was to investigate the processes occurring during the cryoconcentration of milk whey. The experiments on separating freezing were carried out at the temperatures of heat exchange surface from -2 to -10 ° C. It was established that the highest rate of ice formation was observed during the first minutes of separation freezing. At the temperature of -2 ° C after 5 minutes of the process, the rate of ice formation was 22 mm / h, and at heat exchange surface temperature -10 ° C this value was 72 mm / h. It was found out that the higher the temperature of the heat exchange surface, the gentler the graph of the change in the content of dry substances in the concentrate. The same applies to the concentration of dry matter in formed ice. In all cases the highest rate of increase in the concentration of dry substances was observed during the first 5–10 minutes. At the temperatures of heat exchange surface below -6 ° C, 30 minutes after the start of the process, significant decrease in the rate of increase in the concentration of solids was observed. The value of losses of dry substances at various temperatures of freezing was calculated. It was established that the greatest efficiency of the process had been at the surface temperature of the crystallizer -2 ° C. At the temperature about 30 % of initial solution was frozen out, and the concentration of dry matter in the unfrozen solution was 9.78.*

**Keywords:** milk whey, cryoconcentration, freezing.

**Введение.** Развитие технологий переработки пищевого сырья всегда являлось актуальной задачей пищевой промышленности. Разделительное вымораживание является одним из

наиболее щадящих способов переработки жидких пищевых продуктов, позволяющих повысить их концентрацию для продления сроков хранения либо для выделения определенных компонентов [1–3]. На эффективность данного процесса влияет ряд технологических факторов: продолжительность процесса, геометрические размеры и форма кристаллизатора, температура теплообменной поверхности, а также индивидуальные особенности химического состава и строения самого концентрируемого продукта [4].

**Цель работы.** Исследование процессов, происходящих при криоконцентрировании молочной сыворотки.

**Задачи:** установить динамику изменения массы вымороженного льда от продолжительности процесса криоконцентрирования; исследовать динамику изменения концентрации сухих веществ в процессе разделительного вымораживания молочной сыворотки.

**Результаты и их обсуждение.** В рамках исследования были проведены опыты по разделительному вымораживанию молочной сыворотки в кристаллизаторе емкостного типа при температурах теплообменной поверхности от минус 2 до минус 10 °С с шагом в 2 градуса. Концентрированию подвергалась молочная сыворотка в объеме 3,5 л.

В ходе проведения экспериментов определяли количество образовавшейся кристаллической фазы и проводили расчет толщины слоя льда. Для этого вначале был произведен расчет ее высоты (м) по следующей формуле:

$$h_{\text{л}} = \frac{4 \cdot V_{\text{см}}}{\pi \cdot D^2}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{см}}$  – объем водолеяной смеси, м<sup>3</sup>;  $D$  – диаметр рабочей емкости вымораживателя (0,174 м).

При определении объема водолеяной смеси учитывались значения плотности воды и льда, составляющие соответственно 0,9982 и 0,917 г/см<sup>3</sup>.

Далее проводился расчет внутреннего диаметра замерзшего ледяного массива, м

$$D_{\text{л.м.}} = \sqrt{\frac{D^2 - 4 \cdot V_{\text{л}}}{\pi \cdot h_{\text{л}}}}, \quad (2)$$

где  $V_{л}$  – объем образовавшегося льда, м<sup>3</sup>.

Толщина намороженного слоя льда (мм) определяется по следующей формуле:

$$S = \frac{D - D_{л.м.}}{2} \cdot 1000. \quad (3)$$

На рисунке 1 представлена динамика изменения массы образующегося льда, а на рисунке 2 – динамика изменения толщины слоя льда, а также скорости изменения толщины слоя льда, которая рассчитывалась по следующей формуле:

$$v = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\tau}, \quad (4)$$

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – толщина слоя льда в заданные моменты времени, м;  $\tau$  – время между измерениями толщины льда  $\delta_1$  и  $\delta_2$ , часов.

Установлено, что наибольшая скорость льдообразования наблюдается на протяжении первых минут разделительного вымораживания. При температуре минус 2 °С через 5 минут процесса скорость льдообразования составляла 22 мм/ч, а при температуре теплообменной поверхности минус 10 °С это значение составляло 72 мм/час. На протяжении дальнейшего процесса вымораживания, с увеличением толщины слоя льда, повышается термическое сопротивление между теплообменными поверхностями кристаллизатора и ледяного массива, при этом площадь внутренней теплообменной поверхности ледяного цилиндра сокращается, а криоскопическая температура незамерзшего раствора понижается. Все это обуславливает снижение интенсивности образования льда: через 60 мин процесса скорость льдообразования составляла от 4 до 13 мм/ч. В течение последующих 2 часов вымораживания это значение снижается до 3–8 мм/ч в зависимости от температуры теплообменной поверхности.

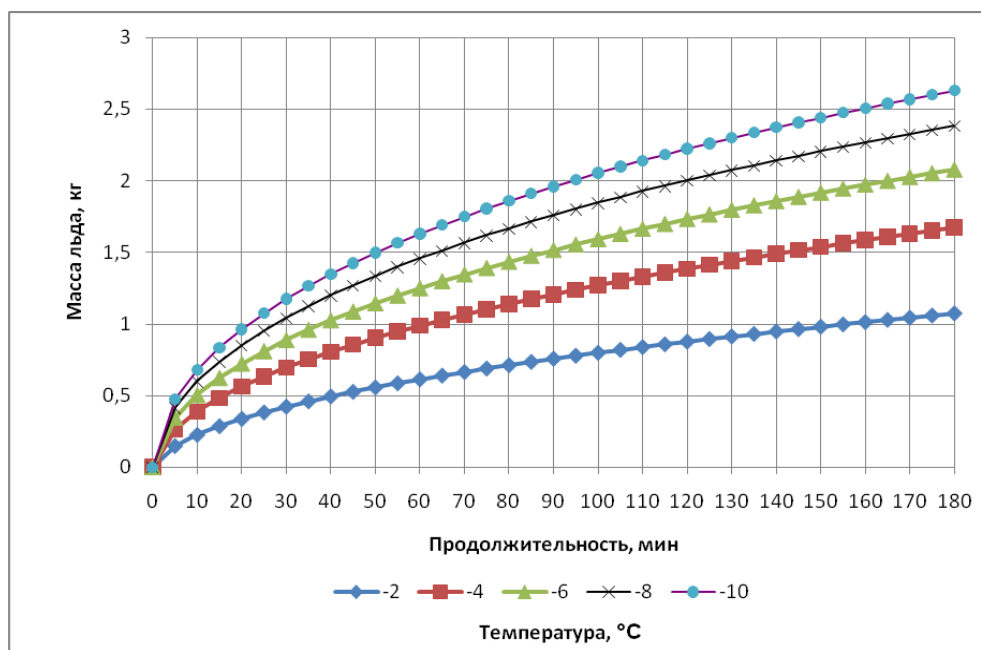
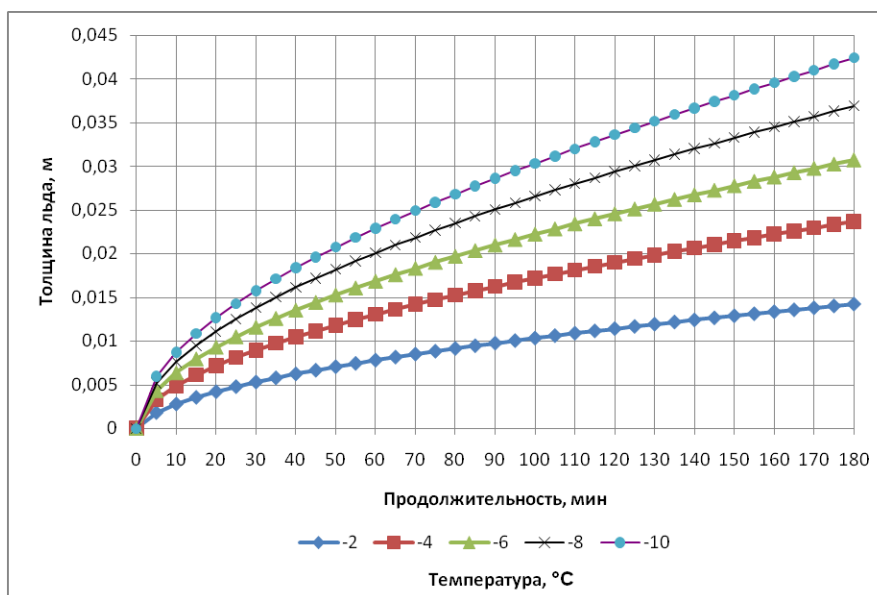


Рис. 1. Динамика изменения массы вымороженной влаги в процессе криоконцентрирования молочной сыворотки на внутренней поверхности кристаллизатора

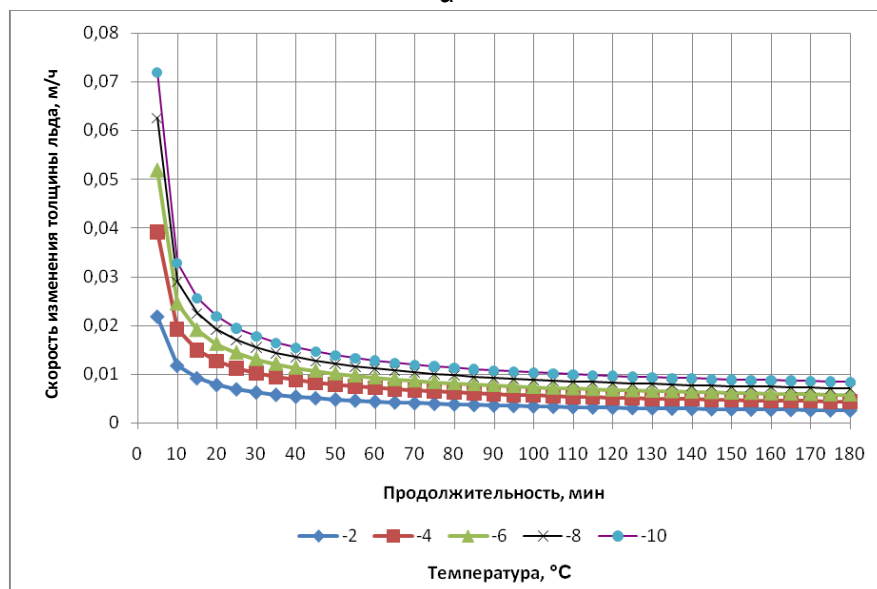
Через 180 мин процесса при температуре теплообменной поверхности минус 2 °С вымораживается 1,07 кг влаги, что составляет около 30 % от исходной массы сыворотки. Снижение температуры теплообменной поверхности до минус 6 и минус 10 °С влечет за собой увеличе-

ние массы вымороженной влаги до 2,08 и 2,63 кг, что соответствует 60 и 75 % от массы исходной сыворотки.

В ходе вымораживания молочной сыворотки определялось также содержание сухих веществ в образуемом концентрате.



а



б

Рис. 2. Динамика изменения толщины слоя льда (а) и скорости роста толщины слоя льда (б) в процессе криоконцентрирования молочной сыворотки на внутренней поверхности кристаллизатора

Для определения концентрации сухих веществ во льду использовали уравнение баланса [5]

$$C_0 \cdot m_0 = C_k \cdot m_k + C_l \cdot m_l, \quad (5)$$

где  $C_0$  – содержание сухих веществ в исходном растворе, %;  $m_0$  – масса исходного раствора, кг;  $C_k$  – содержание сухих веществ в концентрате, %;  $m_k$  – масса концентрата, кг;  $C_l$  – содержание сухих веществ во льду, %;  $m_l$  – масса льда, кг.

Из уравнения (5) концентрация сухих веществ во льду определялась следующим образом [5]:

$$C_l = \frac{C_0 \cdot m_0 - C_k \cdot m_k}{m_l}. \quad (6)$$

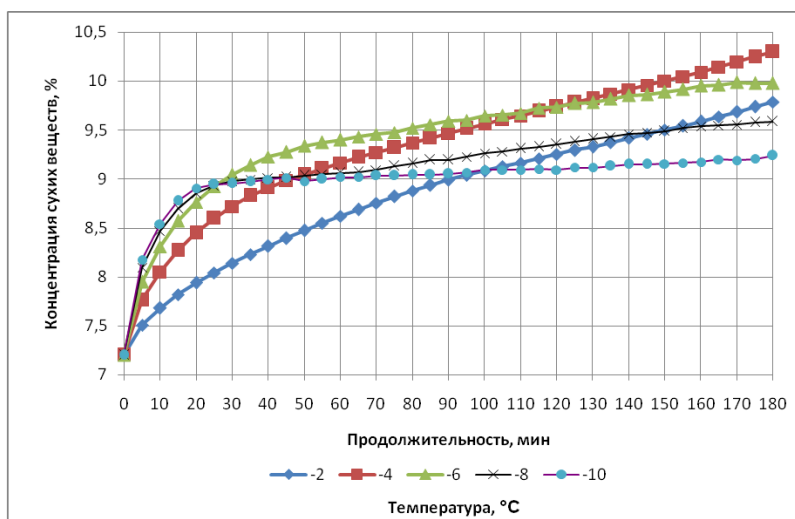
На рисунке 3 приведена динамика изменения содержания сухих веществ в концентрате и в образующемся льду.

Установлено, что чем выше температура теплообменной поверхности, тем более пологий

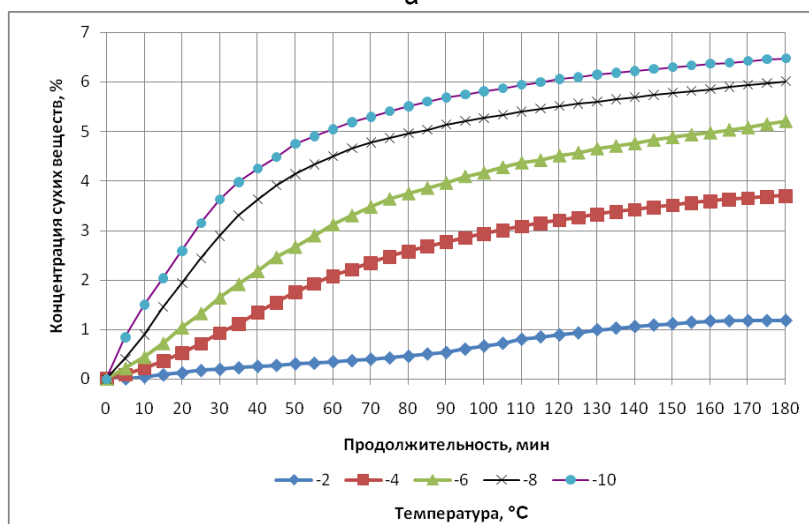
характер имеет динамика изменения содержания сухих веществ в концентрате. То же самое относится к концентрации сухих веществ в образующемся льду. Во всех случаях наибольшая скорость повышения концентрации сухих веществ наблюдалась в течение первых 5–10 мин.

При температурах теплообменной поверхности ниже минус 6 °С через 30 мин после начала процесса наблюдается значительное снижение скорости повышения концентрации сухих веществ. Снижение эффективности криоконцентрирования в этом случае обусловлено слишком высокой скоростью льдообразования и как следствие – повышением интенсивности схватывания образующейся кристаллической фазой молекул сухих веществ концентрата.

При температуре теплообменной поверхности минус 2 °С через 180 мин процесса концентрация незамерзшего раствора составила 9,78 % при степени вымораживания 30 %. Снижение температуры теплообменной поверхности до минус 4 °С влечет за собой повышение концентрации незамерзшего раствора через 180 мин процесса до 10,3 %. Однако при этом также возрастает содержание сухих веществ в образующемся льду (рис. 3, б). При дальнейшем снижении температуры теплообменной поверхности наблюдается аналогичная динамика: при температуре теплообменной поверхности минус 10 °С содержание сухих веществ в концентрате и во льду составило соответственно 9,2 и 6,47 % при степени вымораживания 75 %.



а



б

Рис. 3. Динамика изменения содержания сухих веществ в концентрате (а) и в образующемся льду (б) в процессе криоконцентрирования молочной сыворотки на внутренней поверхности кристаллизатора

На рисунке 4 приведена динамика потерь сухих веществ во льду, значение которых определялось как отношение абсолютного содержания сухих веществ в концентрате к абсолютному содержанию сухих веществ в исходном растворе.

Через 180 мин наименьшие потери сухих веществ наблюдались при наиболее высокой

температуре процесса (в данном случае при минус 2°С) и составляли около 5 %. Снижение температуры поверхности кристаллизатора до минус 6 и минус 10 °С влечет за собой повышение потерь сухих веществ до 42 и 66 % (через 180 мин процесса).

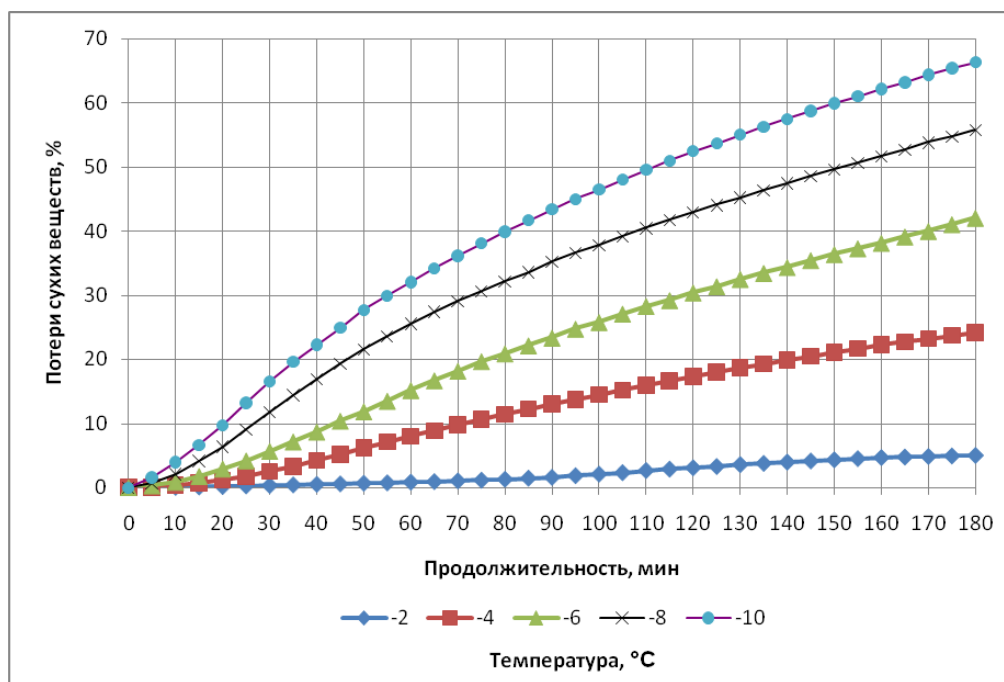


Рис. 4. Динамика зависимости потерь сухих веществ от продолжительности разделительного вымораживания молочной сыворотки на внутренней поверхности кристаллизатора

**Выводы.** Таким образом, были исследованы процессы разделительного вымораживания творожной сыворотки на внутренней теплообменной поверхности. Установлено изменение сухих веществ в процессе криоконцентрирования. Обнаружено, что наибольшая эффективность процесса наблюдается при температуре поверхности кристаллизатора минус 2 °С. При данной температуре вымораживается порядка 30 % исходного раствора, концентрация сухих веществ в незамерзшем растворе составляет 9,78, а критерий эффективности равен 0,95 (через 180 мин процесса).

#### Литература

1. Короткий И.А., Федоров Д.Е., Тривно Н.А. Исследование работы емкостного кристаллизатора для разделительного вымораживания жидких пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 4. – № 27. – С. 106–110.
2. Короткий И.А., Короткая Е.В., Мальцева О.М. Разделительное вымораживание при переработке обезжиренного молока // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 10. – С. 115–121.
3. Короткий И.А., Федоров Д.Е., Мальцева О.М. Технологии криоконцентрирования в пищевой промышленности // Научные труды SWorld. – 2012. – Т. 6. – № 2. – С. 13–14.
4. Лугинин М.И. Разработка и исследование струйного криоконцентратора жидких продуктов: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.03. – Краснодар, 2008. – 138 с.
5. Гунько П.А. Исследование и разработка технологии извлечения белковых компонентов из творожной сыворотки низкотем-

пературными методами: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. – Кемерово, 2014. – 122 с.

#### Literatura

1. Korotkij I.A., Fedorov D.E., Trizno N.A. Issledovanie raboty emkostnogo kristallizatora dlja razdelitel'nogo vymorazhivaniya zhidkih pishhevyyh produktov // Tehnika i tehnologija pishhevyyh proizvodstv. – 2012. – Т. 4. – № 27. – S. 106–110.
2. Korotkij I.A., Korotkaja E.V., Mal'ceva O.M. Razdelitel'noe vymorazhivanie pri pererabotke obezhhirennogo moloka // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 10. – S. 115–121.
3. Korotkij I.A., Fedorov D.E., Mal'ceva O.M. Tehnologii kriokoncentrirvaniya v pishhevoj promyshlennosti // Nauchnye trudy SWorld. – 2012. – Т. 6. – № 2. – S. 13–14.
4. Luginin M.I. Razrabotka i issledovanie strujnogo kriokoncentratora zhidkih produktov: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.04.03. – Krasnodar, 2008. – 138 s.
5. Gun'ko P.A. Issledovanie i razrabotka tehnologii izvlecheniya belkovyyh komponentov iz tvorozhnoj syvorotki nizkotemperaturnymi metodami: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.04. – Кемерово, 2014. – 122 с.

УДК 636.082

Ю.В. Анбаза

### АДАПТАЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ ИМПОРТИРОВАННЫХ БЫКОВ-СПЕРМОДОНОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ КРАСНО-ПЕСТРОЙ ПОПУЛЯЦИИ В ОАО «КРАСНОЯРСКАГРОПЛЕМ»

Yu.V. Anbaza

#### ADAPTATION ABILITIES OF IMPORTED BULLS-SPERM DONORS OF HOLSTEIN BREED OF RED-MOTLEY POPULATION IN THE JSC "KRASNOYARSK AGRICULTURAL BREEDING ESTABLISHMENT"

**Анбаза Ю.В.** – асп. каф. разведения, генетики, биологии и водных биоресурсов Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: baza91@mail.ru

**Anbaza Yu.V.** – Post-Graduate Student, Chair of Cultivation, Geneticists, Biology and Water Bioresources, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: baza91@mail.ru

Эффективность воспроизводства зависит от адаптационных возможностей организма животных, которые имеют видовые и индивидуальные особенности приспособляемости к разным условиям окружающей среды. Индикаторами адаптационной способности могут быть качественные и количественные показатели спермопродукции быков-производителей и продолжительность их использования на племенных предприятиях. Для установления периода адаптации к новым условиям эксплуатации импортируемых быков мы исследовали основные показатели их спермопродукции. Анализировали спермопродукцию быков голштинской породы красно-

пестрой популяции голландской селекции, завезенных в ОАО «Красноярскагроплем» (п. Солонцы Красноярского края). Были оценены количественные и качественные показатели спермопродукции, определена доля атипичных форм спермиев в зимний и весенний сезоны года, установлены размеры сперматозоидов, произведена оценка спермиев на способность к замораживанию. Проведенные исследования показали, что в начале эксплуатации основные показатели спермопродукции находились на низком уровне. Затем постепенно увеличались и к шестому месяцу достигли высоких значений. Выявили основные группы атипичных форм спермиев: деформация хвоста, за-