

УДК 637.66:546.17

**А.В. Гринюк, О.В. Кригер****ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКОГО АЗОТА  
В ТЕХНОЛОГИИ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ КРОВИ**

В работе рассмотрены перспективы использования крови сельскохозяйственных животных в качестве основы для получения питательных сред для культивирования микроорганизмов. Получение питательной среды предлагается на основе обезвоженной крови. Исследован способ сублимационного обезвоживания крови с использованием в качестве предварительного замораживания жидкого азота.

Кровь сельскохозяйственных животных, жидкий азот, массовая доля влаги, общее содержание белка, микрорисследование.

**Введение**

Разработка новых и совершенствование традиционных технологий в мясоперерабатывающей отрасли направлены на повышение качества и безопасности продуктов, придание им новых и улучшенных потребительских свойств, а также снижение экономических затрат на их получение. Важным фактором в сфере переработки сырья мясной отрасли является вовлечение в переработку нетрадиционных источников сырья.

Будучи ценным источником белка, кровь сельскохозяйственных животных используется для получения очень разнообразной продукции: продукции пищевого назначения, а также лечебной, кормовой и технической продукции [1, 2].

Способы получения большинства из представленных продуктов детально изучены зарубежными и отечественными учеными, но лишь незначительная их часть нашла применение в производстве. Это связано с несколькими причинами, главные из которых обусловлены тем, что такие способы в годы разработки существовали в советской модели экономики, поэтому при переходе на современную модель экономики они потеряли востребованность.

Одним из актуальных направлений переработки крови является получение питательных сред для культивирования микроорганизмов на основе белков крови сельскохозяйственных животных. Преимущество крови как сырья для получения полноценной питательной среды заключается в наличии разнообразных белковых фракций, которые необходимо сохранить в состоянии, близком к «нативному». Этого можно добиться использованием сублимационной сушки ввиду термолабильности такого процесса [3]. Применение жидкого азота в качестве агента для предварительного замораживания позволит сократить продолжительность процесса сушки, что может положительно повлиять на качество сухой крови.

Целью данной работы является исследование влияния жидкого азота на качественные показатели процесса сублимационной сушки крови в сравнении с традиционными вариантами сушки.

**Объекты и методы исследований**

В качестве материала исследования использовали стабилизированную свиную кровь, полученную от-

бором с животного при одновременной стабилизации стандартным 8,5%-м раствором пищевого триполифосфата натрия. Стандартный раствор использовали в количестве 30 мл/л крови. Массовую долю влаги в крови применяли в качестве показателя динамики процесса сушки. Определяли ее значение арбитражным методом по ГОСТ Р 51479–99. Высушивание навески пробы с песком до постоянной массы проводили при температуре  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Для предварительного замораживания использовали жидкий азот, произведенный на КОО «Азот». В качестве скороморозильного аппарата (СМА) использовали морозильный агрегат марки CF 3008 ЛН 300. Сушку осуществляли на лиофильной сушилке «ИНЕЙ-6М» (рис. 1).

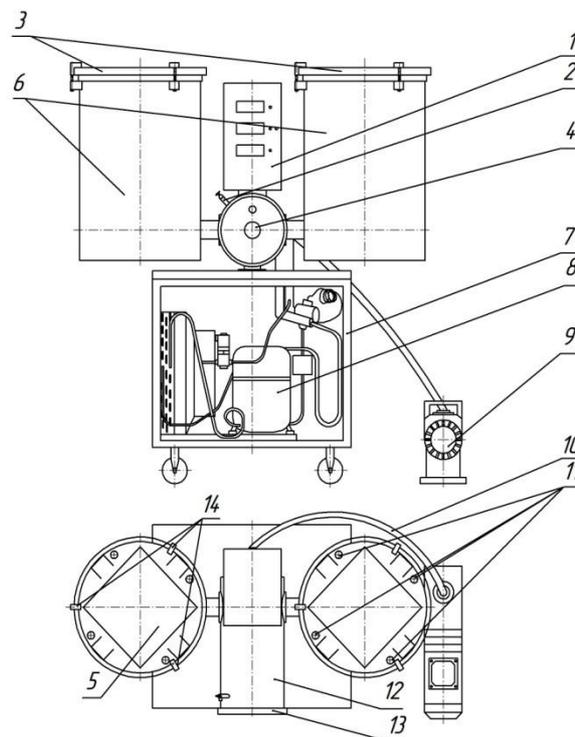


Рис. 1. Лиофильная сушилка «ИНЕЙ-6М»: 1 – пульт управления; 2 – вентиль сброса давления; 3 – крышка сушильной камеры; 4 – испаритель; 5 – поддон для продукта; 6 – сушильная камера; 7 – короб холодильной машины; 8 – холодильная машина; 9 – вакуумный насос; 10 – шланг вакуумного насоса; 11 – лампа накаливания; 12 – десублиматор; 13 – крышка десублиматора; 14 – крепление крышки сушильной камеры

Лиофильная сушилка имеет две сушильные камеры 6, каждая из которых способна вмещать в себя восемь поддонов для продукта 5. Сверху сушильные камеры закрываются крышками из оргстекла 3. Для уплотнения системы имеются крепления для крышек 14. Холодильная машина 8 располагается в специальном корпусе 7.

Процесс сушки состоит в следующем. Исследуемый продукт наливается в чашки Петри, которые устанавливаются на поддоны 5, которые затем ставятся в сушильные камеры 6. Камеры закрываются сверху крышками 3. Включается холодильный агрегат 8 с пультом управления 1, и в течение (10÷15) минут установка выходит на режим вымораживания. Режим вымораживания фиксируется по температуре испарителя 4 (температура должна составлять не более –35°C). После чего включается вакуумный насос 9 и начинается режим сушки.

Мазки крови окрашивали по методу Романовского, микроисследование проводили на микроскопе марки «МИКМЕД-5» при 500÷1000-кратном увеличении. Долго разрушенных эритроцитов определяли методом прямого подсчета, используя камеру Горяева.

К высушиваемому объекту был применен способ сушки с предварительным замораживанием крови в скороморозильном аппарате, способ сушки, основанный на самозамораживании, и способ сушки с использованием предварительного замораживания в жидком азоте. Замораживание в жидком азоте осуществляли последовательным сливанием сначала крови, затем азота в металлический поддон. Для контроля изменения массовой доли влаги в процессе применяли к исследуемым образцам сушку разной продолжительности с интервалом в 10 минут, начиная с 10 минут. Таким образом, описанный ниже эксперимент применялся многократно.

### Результаты и их обсуждение

Сублимационная сушка основана на способности льда при определенных условиях испаряться, минуя жидкую фазу. Давление должно соответствовать значению ниже давления тройной точки воды – 610,8 Па, и температура также должна быть ниже значения температуры точки одновременного существования трех фаз – 0,0098°C.

Сущность применения вакуума при сушке сублимацией состоит в том, что при снижении давления среды, окружающей продукт, происходит быстрое замораживание и испарение влаги в начальный момент. Весь процесс сушки довольно четко можно разделить на три периода [4, 5]. Первый период – период самозамораживания, когда в результате снижения давления в сушильной камере происходит замораживание влаги в материале. При этом резкое снижение давления приводит к интенсивному испарению влаги с поверхности материала. Второй период – период сублимации. Этому периоду соответствует постоянная скорость сушки. Влага удаляется из твердой фазы (льда), минуя жидкую. Третий период – период испарения остаточной влаги, или период падающей скорости сушки.

Сушка способом сублимации обуславливается процессом предварительного замораживания, который осуществляется либо непосредственно в сушильной камере при снижении давления, либо предварительно в морозильных аппаратах при атмосферном давлении. Продолжительность этих процессов будет зависеть от физико-химических свойств объектов сушки и от технических характеристик используемых аппаратов. Применением жидкого азота предполагалось сократить как время предварительного замораживания крови, так и непосредственно продолжительность сушки.

Стабилизированная после сбора кровь разливалась в чашки Петри, было получено 3 образца. Образец № 1 размещался в СМА и замораживался при температуре –30°C, процесс замораживания занимал 40 минут. Затем образец отправлялся в лиофильную сушилку. Образец № 2 сразу же отправлялся на сушку в лиофильную сушилку, где происходил процесс самозамораживания. Образец № 3 замораживали в жидком азоте в течение 5 минут и далее отправляли на сушку.

На рис. 2 представлены изменения массовой доли влаги в процессе сублимационной сушки при различных вариантах предварительного замораживания.

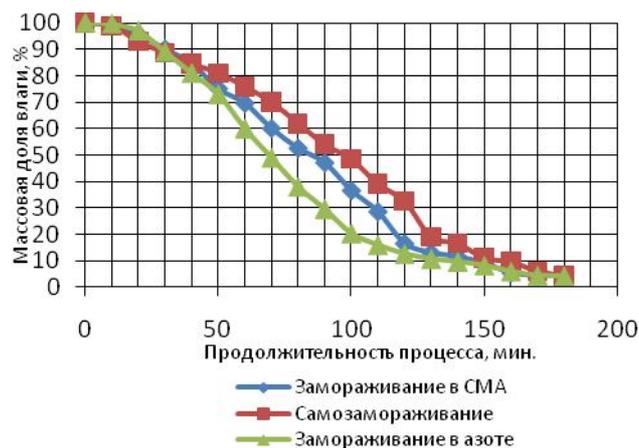
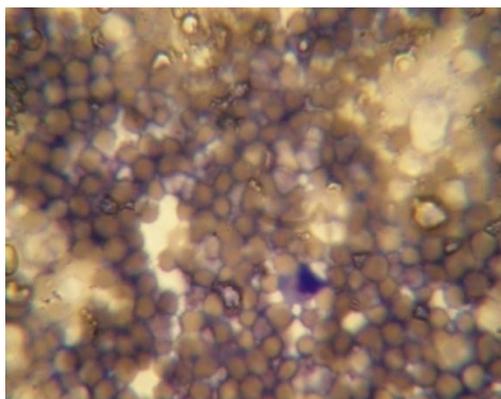


Рис. 2. Сушка крови при различных вариантах предварительного замораживания

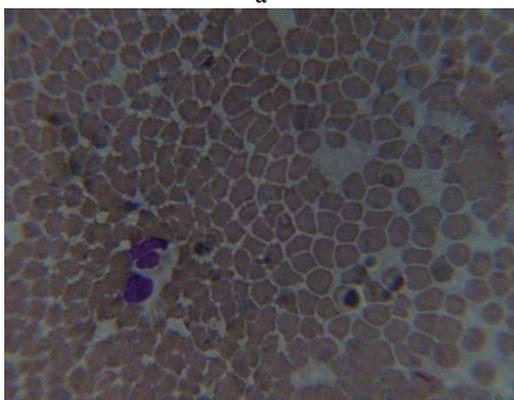
Для всех кривых характерен период выхода на режим (длится 10 минут), после которого начинается период постоянной скорости сушки. Продолжительность этого периода для всех вариантов сушки различна. Для варианта самозамораживания она соответствует 120 минутам, для СМА – 110 минутам, для варианта с жидким азотом – 90 минутам. Его сменяет период падающей скорости сушки, продолжительность которого от 40 до 50 минут. Полученная сухая кровь имеет значение массовой доли влаги (4÷6)%.

Использование жидкого азота в качестве агента для предварительного замораживания позволило сократить процесс сушки в среднем на (20÷30) минут. Для подтверждения целесообразности использования жидкого азота в сублимационной сушке крови были проведены микроисследования крови, замороженной в жидком азоте (рис. 3а), подверженной самозамораживанию (рис. 3б) и замороженной в СМА (рис. 3в).

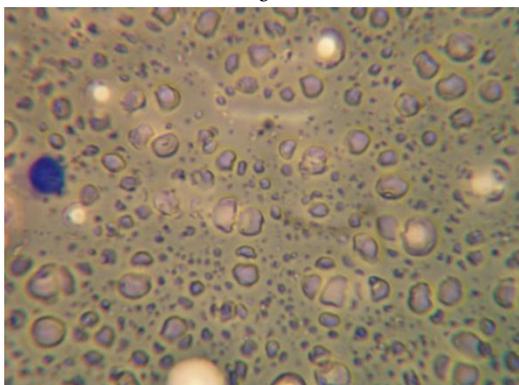
Микрофотографии позволяют оценить степень влияния кристаллизации влаги на компоненты крови. Нагляднее всего это заметно на примере эритроцитов, которые являются основными белоксодержащими компонентами крови. Эритроциты были подвержены гемолизу (процессу разрушения внешней оболочки с высвобождением молекул гемоглобина). Используя метод прямого подсчета, было установлено, что для крови, подверженной самозамораживанию, содержание гемолизированных эритроцитов составило  $(25 \pm 0,5) \%$  (рис. 3б), для замороженной в жидком азоте –  $(4 \pm 0,5) \%$  (рис. 3а), для замороженной в СМА –  $(93 \pm 0,5) \%$  (рис. 3в).



а



б



в

Рис. 3. Микрофотографии мазков крови на при различных вариантах ее кристаллизации (x 1000): а – кристаллизация в жидком азоте; б – кристаллизация при самозамораживании; в – кристаллизация при замораживании в СМА

Известно, что эффект гемолиза эритроцитов будет отрицательно сказываться на растворимости сухой крови [6]. Ввиду того, что сухая кровь станет ис-

пользоваться в качестве основы для получения питательной среды, где ее необходимо будет растворять, малая величина гемолизированных эритроцитов при замораживании в жидком азоте обуславливает преимущества этого способа сушки.

Авторами была сформирована общая схема получения сухой крови способом сублимационной сушки с использованием жидкого азота (рис. 4).



Рис. 4. Общая схема получения сухой крови способом сублимационной сушки с использованием жидкого азота

Подводя итоги проведенных исследований, можно сказать о следующих преимуществах, характерных для сухой крови, полученной способом сублимации с использованием жидкого азота:

1. Применение жидкого азота сокращает продолжительность процесса получения сухой крови в среднем в 1,5 раза, что дает существенный экономический эффект от использования сушильной установки.

2. Сухая кровь, получаемая способом сублимации с использованием жидкого азота, имеет малую долю гемолизированных эритроцитов, по сравнению с другими способами сублимационной сушки, что предполагает ее хорошую растворимость. Это дает возможность использовать ее в качестве основы для получения питательных сред различного назначения.

Список литературы

1. Лисицын, А.Б. Мясо и здоровое питание / А.Б. Лисицын, Е.И. Сизенко, И.М. Чернуха. – М.: ВНИИМП, 2007. – 378 с.
2. Данилова, Н.С. Физико-химические основы производства мяса и мясопродуктов / Н.С. Данилова. – М.: КолосС, 2007. – 367 с.
3. Гинзбург, А.С. Технология сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 248 с.
4. Абрамушкина, А.А. Использование сублимированного сырья в производстве десертов функционального назначения для общественного питания // Сервис в России и за рубежом, – 2011. – № 11. – С. 18–22.
5. Галстян, А.Г. К вопросу изотерм сорбции влаги сухих молочных продуктов / А.Г. Галстян, А.Н. Петров. Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 6. – С. 32–35.
6. Пожариская, С.Г. Кровь убойных животных и ее переработка / С.Г. Пожариская, С.Г. Либерман, В.М. Горбатов. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 424 с.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности»,  
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.  
Тел./факс: (3842) 73-40-40  
e-mail: office@kemtipp.ru

**SUMMARY**

**A.V. Grinuk, O.V. Krieger**

**USE OF LIQUID NITROGEN IN THE TECHNOLOGIES OF FARM ANIMAL BLOOD PROCESSING**

The paper discusses the prospects of using the blood of farm animals as a basis of nutrient media for microorganism culturing. It is proposed to get the culture medium on the basis of drained blood. Explored is the way of sublimation dehydration of blood with the use of liquid nitrogen as a pre-freezer.

The blood of farm animals, liquid nitrogen, the mass fraction of moisture, total protein, microanalysis.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology  
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia  
Phone/Fax: +7(3842) 73-40-40  
e-mail: office@kemtipp.ru

