

УДК 637.12  
МРНТИ 65.63.03

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ И ПЛОТНОСТИ СУХОГО ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ

К.С. КУЛАЗЖАНОВ<sup>1</sup>, Н.А. АРАЛБАЕВ<sup>1</sup>, Ф.Т. ДИХАНБАЕВА<sup>1</sup>, А.Д. СЕРИКБАЕВА<sup>2</sup>, Ю.А. ЮСОФ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Алматынський Технологічний Університет, Казахстан, Алматы  
<sup>2</sup>Қазақський Національний Аграрний Університет, Казахстан, Алматы  
<sup>3</sup>Університет Путра Малайзія, Малайзія, Селангор)  
E-mail: aa\_nurbek@bk.ru

*В статье представлены результаты исследования физических свойств сухого верблюжьего молока, полученного методом сублимационной сушки. Полученные результаты показывают важность оптимизации процесса сушки, чтобы получить сухие молочные продукты на основе верблюжьего молока с хорошими функциональными и физико-химическими свойствами. Установлено, что индекс растворимости в воде сухого верблюжьего молока сублимационной сушки составил 38,33%, а индекс абсорбции воды – 125,20%.*

**Ключевые слова:** верблюжье молоко, сухое молоко, сублимационная сушка, индекс растворимости в воде, индекс абсорбции воды, плотность.

## СУБЛИМАЦИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН АЛЫНҒАН ҚҰРҒАҚ ТҮЙЕ СҮТІНІҢ ЕРІГІШТІГІН ЖӘНЕ ТЫҒЫЗДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

К.С. КУЛАЗЖАНОВ<sup>1</sup>, Н.А. АРАЛБАЕВ<sup>1</sup>, Ф.Т. ДИХАНБАЕВА<sup>1</sup>, А.Д. СЕРИКБАЕВА<sup>2</sup>, Ю. А. ЮСОФ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Алматы Технологиялық Университеті, Қазақстан, Алматы  
<sup>2</sup>Қазақ Ұлттық Аграрлық Университеті, Қазақстан, Алматы  
<sup>3</sup>Путра Малайзия Университеті, Малайзия, Селангор)  
E-mail: aa\_nurbek@bk.ru

*Мақалада сублимациялық әдіспен алынған құрғақ түйе сүтінің физикалық қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Алынған нәтижелер жақсы функционалдық және физико-химиялық қасиеттері бар түйе сүті негізінде құрғақ сүт өнімдерін өндіру үшін кептіру үрдісін оңтайландырудың маңыздылығын көрсетеді. Сублимациялық әдіспен кептірілген құрғақ түйе сүтінің суда ерігіштік индексі 38,33%, ал суды абсорбциялау индексі 125,20% екені орнатылды.*

**Негізгі сөздер:** түйе сүті, құрғақ сүт, сублимациялық кептіру, суда ерігіштік индексі, суды абсорбциялау индексі, тығыздық.

## THE STUDY OF SOLUBILITY AND DENSITY OF CAMEL MILK POWDER, OBTAINED BY FREEZE-DRYING

K. KULAZZHANOV<sup>1</sup>, N. ARALBAYEV<sup>1</sup>, F. DIHANBAYEVA<sup>1</sup>, A. SERIKBAYEVA<sup>2</sup>, Y.A. YUSOF<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan, Almaty  
<sup>3</sup>Universiti Putra Malaysia, Malaysia, Selangor)  
E-mail: aa\_nurbek@bk.ru

*The article presents the results of the study of the physical properties of camel milk powder obtained by freeze-drying. The results show the importance of optimizing the drying process to obtain camel milk-based dry dairy products with good functional and physicochemical properties. It was found that the water solubility index of freeze-dried camel milk powder was 38.33%, and the water absorption index was 125.20%.*

**Keywords:** camel milk, milk powder, freeze-drying, water solubility index, water absorption index, density.

**Введение**

Для людей, проживающих в засушливых регионах, важным источником белка является верблюжье молоко. Верблюжье молоко и продукты из него составляют неотъемлемую часть рациона питания населения сельских районов Африки, Азии и Ближнего Востока, которые характеризуются засушливым климатом, высоким значением среднегодовой температуры и небольшим количеством осадков [1]. Верблюжье молоко употребляется в пищу в виде питьевого молока или кисломолочного напитка, полученного путем молочнокислого брожения (шубат). Физико-химический состав верблюжьего молока аналогичен коровьему. Также большинство авторов подчеркивали его лечебные и антимикробные свойства [2].

Для расширения ареала потребления верблюжьего молока необходимо его подвергнуть технологической обработке – консервированию. Самым распространенным видом консервирования молока является сушка. При соблюдении определенных технологических параметров сушки можно получить сухое молоко высшего качества, с сохранением пищевых и биологических ценностей и без изменения белка.

Сублимационная сушка представляет собой процедуру, при которой небольшое количество продукта будет заморожено, а затем помещено под вакуум. Под вакуумом замерзшая жидкость сублимируется, а вода из твердого состояния (лед) переходит в газообразное (пар), не подвергаясь размораживанию. Процесс сублимации отлично подходит для сушки чувствительных к нагреванию продук-

тов. Вследствие удаления влаги под вакуумом при низких температурах, структура продукта остается неизменной и позволяет получить продукты высшего качества [3].

Основными физическими характеристиками сухого молока являются: растворимость, содержание влаги, размер частиц, гигроскопичность и т.д. В данной статье представлены результаты определения индекса растворимости в воде, индекса абсорбции воды и содержание влаги сухого верблюжьего молока, полученного методом сублимационной сушки.

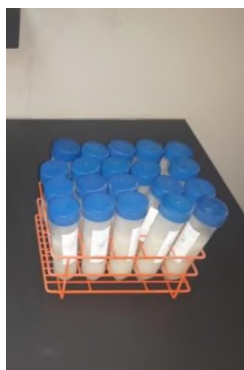
**Объекты и методы исследований**

**Объекты исследования**

Объектом исследования являлось цельное верблюжье молоко, произведенное в верблюдоводческом хозяйстве ТОО «Дәулет-Бекет», расположенное в с.Акши Илийского района Алматинской области. Транспортировка образца верблюжьего молока до лаборатории проводилась в специальном термоконтейнере. Образец молока подвергался пастеризации при 82°C в течение 15 с и был перенесен в холодильную камеру для дальнейших исследований (4±1°C).

**Приготовление образцов сухого верблюжьего молока**

Охлажденное верблюжье молоко разливали в пластиковые колбы по 20 мл и подвергали предварительной заморозке в морозильной камере (-22±1°C, 36 ч) (рис. 1а). Затем замороженные колбы с образцом молока положили в камеру установки сублимационной сушки Scanvac CoolSafe (Дания) и подвергали сушке (рис. 1б). Параметры сушильной установки представлены в таблице 1.



а) Предварительно замороженные образцы



б) Сушка образцов

Рисунок 1. Приготовление образцов сухого верблюжьего молока

Таблица 1 – Параметры сублимационной сушильной установки

Наименование параметра	Значение параметра
Температура внутри конденсатора, °С	-108
Температура в сушильной камере, °С	-55
Давление в сушильной камере, кПа	$4 \cdot 10^{-5}$
Продолжительность процесса, ч	48

Полученные сухие порошки верблюжьего молока собирались в пластиковые контейнеры и хранились в холодильной камере ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) для проведения дальнейших анализов.

Методы исследования

1) Определение индекса растворимости в воде

Индекс растворимости в воде сухого верблюжьего молока определяли согласно методике, указанной в работах Kha и др. [4]. Для этого 2,5 г образца взвешивали и засыпали в пластиковую колбу (50 мл). Далее добавили туда 30 мл дистиллированной воды и перемешивали в миксере (ZX4, Velp Scientifica, Италия). После перемешивания колбу с раствором положили в водяную баню ( $37^\circ\text{C}$ , 30 мин). По прохождении нужного вре-

мени колбу ставили на центрифугу (Model 4200, Kubota, Япония) при 3500 об/мин на 30 мин. Полученную жидкую фазу перелили в сухую, заранее взвешенную стеклянную чашку Петри и перенесли в конвекционную печь (ED 23, Binder GmbH, Германия) для высушивания ( $24^\circ\text{C}$ , 24 ч). После сушки чашку Петри положили в эксикатор для охлаждения и повторно взвешивали (рис. 2).

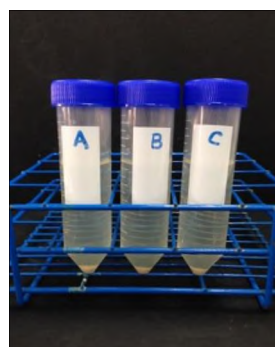
Индекс растворимости в воде сухого верблюжьего молока вычисляли согласно формуле:

$$WSI = \frac{m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (1)$$

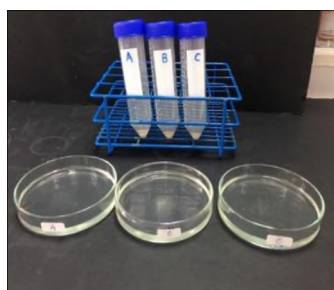
где:  $WSI$  – индекс растворимости в воде, %;  $m_1$  – исходная масса образца, г;  $m_2$  – масса остатка образца после сушки, г.



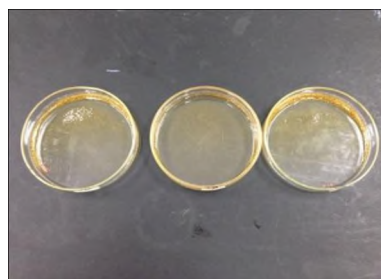
а) Перемешивание образца и дистиллированной воды



б) Раствор центрифугировали с образованием осадка на дне



в) Надосадочную жидкость переносят в предварительно высушенную стеклянную чашку Петри



г) Остаток после завершения сушки

Рисунок 2. Проведение анализов по определению индекса растворимости в воде и индекса абсорбции воды образцов сухого верблюжьего молока

2) Определение индекса абсорбции воды

После центрифугирования и разделения жидкой фазы полученный осадок образца взвешивали (рис. 2). Индекс абсорбции воды сухого верблюжьего молока определяли как соотношение полученной массы осадка на исходную массу образца по следующей формуле:

$$WAI = \frac{m_3}{m_1} \times 100\%, \quad (2)$$

где  $WAI$  – индекс абсорбции воды, %;  $m_1$  – исходная масса образца, г;  $m_3$  – масса осадка образца после центрифугирования, г.

3) Определение плотности после утряски

Плотность после утряски определялась согласно международному стандарту ISO 3953 (1993) путем прессования измеренной массы образца до состояния, когда дальнейшее уменьшение объема не наблюдалось [5]. Данное измерение проводили на определителе плотности (Micromeritics GeoPyc 1360, США) (рис. 3а). Определитель плотности останавливался автоматически при достижении равновесного объема и выдавал значения плотности и объема [6].

4) Определение насыпной плотности

Насыпную плотность определяли путем измерения массы порошкообразного образца при заданных объемах. Каждый образец осторожно высыпали без уплотнения в сухой градуированный цилиндр объемом 25 мл, взвешивали и записывали данные [7]. Значение насыпной плотности определяли по следующей формуле:

$$\rho_b = \frac{m}{V}, \quad (3)$$

где:  $\rho_b$  – насыпная плотность образца, г/см<sup>3</sup>;  $m$  – масса образца, г;  $V$  – объем образца в градуированном цилиндре, см<sup>3</sup>.

5) Определение истинной плотности

Истинная плотность определялась измерением массы на единицу объема порошкообразных веществ, исключая пустоты [8]. Данное испытание проводили с использованием геликоидального пикнометра (Micromeritics AccuPyc II 1340, США) путем измерения 1,0±0,1 г образца (рис. 3б). При проведении исследований использовалась пятикратная повторность.



а) Определение плотности после утряски

б) Определение истинной плотности

Рисунок 3. Определение плотности образцов сухого верблюжьего молока

**Результаты и их обсуждение**

В таблице 2 приведены результаты анализов растворимости в воде, абсорбции воды и

плотности образцов сухого верблюжьего молока сублимационной сушки.

Таблица 2 – Индекс растворимости в воде, индекс абсорбции воды и плотности образцов

WSI, %	WAI, %	Плотность после утряски, г/см <sup>3</sup>	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>
38,33	125,20	0,7224	0,1728	0,0581

Согласно данной таблице индекс растворимости в воде составил 38,33%, а индекс

абсорбции воды показал 125,20%. На растворимость в воде пищевых порошков влияют

различные факторы, такие как размер частиц, содержание жира и влаги, степень дисперсии, параметры сушки и т.д. Было обнаружено, что взаимодействие белков и жиров влияет на растворимость сухого молока в воде [9]. При производстве сухого молока можно увеличить индекс растворимости до 92,6% с помощью некоторых дополнительных технологических воздействий (снижение рН, увеличение ионной силы, добавление лактозы, уменьшение размера частиц и т.д.). Согласно работам некоторых авторов [10] было обнаружено, что увеличение содержания жира в сухом молоке выше 26% приводит к резкому увеличению нерастворимого материала, поэтому растворимость в сухом обезжиренном молоке в воде, как правило, лучше, чем в сухом цельном молоке.

Значения плотности после утряски, насыпной и истинной плотности образцов составили 0,7224 г/см<sup>3</sup>, 0,1728 г/см<sup>3</sup> и 0,0581 г/см<sup>3</sup> соответственно. Плотность сухого верблюжьего молока зависит от размера частиц порошкообразного продукта и метода сушки сырья. Так, согласно работам авторов [11] при распылительной сушке верблюжьего молока насыпная и истинная плотность образцов имели почти в два раза большее значение, чем при сублимационной. Это объясняется размерами и формами частиц сухого молока – при распылительной сушке они имеют более «правильные» агрегированные формы из-за применения высоких температур, а при сублимационной сушке частицы порошка получают хлопьевидными. При этом значение плотности после утряски показал примерно одинаковый результат, так как во время утряски образцы подвергаются внешнему давлению, создаваемому аппаратом.

#### **Выводы**

1. Оптимальная температура в камере сублимационной сушильной установки для получения сухого верблюжьего молока составляет не более (-55)°С.
2. Оптимальное давление в камере сублимационной сушильной установки для получения сухого верблюжьего молока составляет не менее  $4 \cdot 10^{-5}$  кПА.
3. Для получения сухого верблюжьего молока с высоким показателем индекса растворимости предпочтительно предварительно снизить жирность сырья.

4. Сухое верблюжье молоко сублимационной сушки имеет меньшее значение истинной и насыпной плотности, чем сухое верблюжье молоко распылительной сушки.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Brezovečki A. et al. Camel milk // Mljekarstvo. – 2015. – №65 (2). – PP. 81-90.
2. Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G. The composition of camel milk: A meta-analysis of the literature data // Journal of food composition and analysis. – 2009. – №22. – PP. 95-101.
3. Rogers S., Wu W.D., Saunders J., Chen, X.D. Characteristics of milk powders produced by spray freeze drying // Drying Technology. – 2008. – №26. – PP. 404-412.
4. Kha T.C., Nguyen M.N., Roach P.D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (Momordica cochinchinensis) fruit aril powder // J FOOD ENG. – 2010. – №98. – PP. 385-92.
5. Stephenson R. Mutual solubilities: water-cyclic amines, water-alkanolamines, and water-polyamines // Journal Chemical Engineering Data. – 1993. – №4(38). – PP. 634-637.
6. Guerin E., Tchoreloff P., Leclerc B., Tanguy D., Deleuil M. and Couarraze G. Rheological characterization of pharmaceutical powders using tap testing, shear cell and mercury porosimeter // International Journal of Pharmaceutics. – 1999. – №1(189). – PP. 1-7.
7. Amidon G.E., Secreast P.J., Mudie D. Particle, powder and compact characterization. Developing solid oral dosage forms: Pharmaceutical theory and practice // Elsevier Science and Technology. – 2009. – №8. – PP. 163-186.
8. Michrafy A., Michrafy M., Kadiri M.S., Dodds J.A. Predictions of tensile strength of binary tablets using a linear and power law mixing rules // International journal of Pharmaceutics. – 2007. – №333. – PP. 118-126.
9. Mistry V.V., Pulgar J.B. Physical and storage properties of high milk protein powder // INT DAIRY J. – 1996. – №6(2). – PP. 195-203.
10. Ohba T., Takahashi K., Igarashi S. Mechanism of insoluble material formation in spray dried whole milk powder // Sopporo Research Laboratory Report. Snow Brand Milk Products Co., Ltd, Sopporo – 1989. – PP. 91-108.
11. Аралбаев Н.А., Диханбаева Ф.Т., Серикбаева А.Д. Определение плотности и содержания влаги сухого верблюжьего молока / Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии и безопасность пищевых продуктов», Краснодар, 18 мая, 2018г – С. 47.