

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ АКТИВНОСТИ ВОДЫ ПРИ ВАКУУМНОЙ СУШКИ ЯБЛОК И ГРУШ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЮЖНЫХ РЕГИОНАХ РК

¹А.У. ШИНГИСОВ* , ¹Р.С. АЛИБЕКОВ , ¹С.У. ЕРКЕБАЕВА ,
²Э.У. МАЙЛЫБАЕВА , ¹У.У. ТАСТЕМИРОВА 

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Тауке хана 5
²Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г. Тазаз, ул. Толе Би 40)
Электронная почта автора корреспондента: azret_utebai@mail.ru*

В статье изучены закономерности изменения активности воды в процессе вакуум-сушки сортов яблок: Байтерек, Саркыт и Сая и сортов груши: Сыйлык, Жаздык и Нагима. Исследованиями установлены, что во всех исследованных сортах яблок и груш наблюдаются следующая закономерность: в первые четыре часа времени сушки показатель активности воды монотонно снижается, а последующие времена сушки резко падает. Такая закономерность объясняется тем, что после четырех часов времени сушки из продукта постепенно удаляется часть оставшейся слабосвязанной влаги, а затем связанная влага. Исследованиями установлены, что в процессе сушки фруктов активность воды, характеризующая качественные свойства продукта, снижается: для сортов яблок от 1,0 до $0,62 \pm 0,01$, для сортов груши это показатель уменьшается от 1,0 до $0,65 \pm 0,04$. На основе математической обработки экспериментальных данных установлена степенная зависимость активности воды от продолжительности сушки. Установленная закономерность изменения активности воды от продолжительности сушки в последующих работах будет использована для определения оптимального режима сушки яблок и груш с целью производства качественных сухих их порошков для пищевой промышленности.

Ключевые слова: вакуумная сушка, активность воды, яблоки, груши.

ҚР ОҢТҮСТІК АЙМАҚТАРЫНДА ӨСЕТІН АЛМА, АЛМҰРТ СҰРЫПТАРЫН ВАКУУМДЫҚ КЕПТІРУ БАРЫСЫНДАҒЫ СУДЫҢ БЕЛСЕНДІЛІГІ КӨРСЕТКІШІН ЗЕРТТЕУ

¹А.У. ШИНГИСОВ*, ¹Р.С. АЛИБЕКОВ, ¹С.У. ЕРКЕБАЕВА,
²Э.У. МАЙЛЫБАЕВА, ¹У.У. ТАСТЕМИРОВА

¹М.Әуезов, Оңтүстік Қазақстан университеті Шымкент қ, Тауке хан 5
²Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тазаз қ, Толе Би 40)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: azret_utebai@mail.ru*

Мақалада алманың Байтерек, Саркыт және Сая сұрыптарында және алмұрттың Сыйлык, Жаздык және Нагима сұрыптарында вакуумдық кептіру кезінде су белсенділігі көрсеткішінің өзгеру заңдылығының зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеулер көрсеткендей алма мен алмұрттың барлық зерттелген сұрыптарында мынадай заңдылық байқалатынын анықтады: кептіру уақытының алғашқы төрт сағатында судың белсенділік көрсеткіші біркелкі төмендейді, ал келесі кептіру уақыттарында күрт төмендейді. Бұл заңдылық төрт сағат кептіру уақытынан кейін өнімде қалған әлсіз байланысқан ылғалдың бір бөлігінің, содан кейінгі уақытта одан күштірек байланыстағы ылғалдың бірте-бірте ұшуымен түсіндіріледі. Зерттеулер көрсеткендей алма мен алмұртты кептіру процесінде өнімнің қасиеттерін сипаттайтын су белсенділігі көрсеткіші төмендейтінін анықтады: алма сұрыптары үшін 1,0-ден $0,62 \pm 0,01$ -ге дейін болса, алмұрт сұрыптары үшін бұл көрсеткіш 1,0-ден $0,65 \pm 0,04$ -ке дейін төмендейтіні анықталды. Тәжірибелік мәліметтерді математикалық өңдеу негізінде судың белсенділігі көрсеткішінің кептіру ұзақтығына тәуелділігі заңдылығы анықталды. Тамақ өнеркәсібі үшін жоғары сапалы құрғақ ұнтақтар алу мақсатында алма мен алмұрттың оңтайлы кептіру режимін анықтау үшін келесі жұмыстарда судың белсенділігі көрсеткішінің кептіру ұзақтығына тәуелділігі заңдылығы пайдаланылады.

Негізгі сөздер: вакуумда кептіру, су белсенділігі, алма, алмұрт.

THE STUDY OF THE INDICATOR OF WATER ACTIVITY DURING VACUUM DRYING OF APPLES AND PEARS GROWING IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

¹A.U. SHINGISOV*, ¹R.S. ALIBEKOV, ¹S.U. YERKEBAYEVA,
²E.U. MAILYBAYEVA, ¹U.U. TASTEMIROVA

(1M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Tauke Khan 5

2M.Kh.Dulaty Taraz Regional University Tazaz, st. Tole Bi 40)

Corresponding author e-mail: azret_utebai@mail.ru*

The article studied the patterns of changes in water activity during vacuum drying of apple varieties: Baiterek, Sarkyt and Saya and pear varieties: Syilyk, Zhazdyk and Nagima. Studies have established that in all the studied varieties of apple and pear, the following pattern is observed: in the first four hours of the drying time, the water activity indicator decreases monotonously, and the subsequent drying time drops sharply. This pattern is explained by the fact that after four hours of drying time, part of the remaining weakly bound moisture is gradually removed from the product, and then the bound moisture. Studies have shown that dehydration of fruits, the water activity characterizing the qualitative properties of the product decreases: for apple varieties from 1.0 to 0.62 ± 0.01 , for pear varieties this indicator decreases from 1.0 to 0.65 ± 0.04 . On the basis of mathematical processing of experimental data, a power-law dependence of water activity on the duration of drying was established. The established pattern of changes in water activity from the duration of drying in subsequent works will be used to determine the optimal drying mode for apples and pears in order to produce high-quality dry powders for the food industry.

Keywords: vacuum drying, water activity, apple, pear.

Введение

В последние годы учеными аграриями Казахстана созданы различные сорта яблок и груш, которые отличаются от традиционных сортов высокоурожайностью и содержанием антиоксидантных веществ и химическим составом [1]. Новые сорта яблок и груш могут быть использованы как биологически активные вещества в виде сухих веществ в пищевой промышленности для обогащения состава пищевых продуктов с целью придания им функциональной направленности.

Однако, эти сорта яблок и груш, как и многие другие плодово-ягодные культуры относятся к сезонным продуктам, и они массово созревают в летний период года. Поэтому для круглогодичного обеспечения потребности населения и пищевой промышленности биологически активными веществами их необходимо подвергать сушке.

Как известно, что от процентного содержания влаги в яблоках и грушах зависят их физико-химические свойства, органолептические показатели. Кроме того, от содержание влаги зависят условия и продолжительность срока их хранения [2]. Однако, при сушки яблок и груш из-за удаления влаги изменяются качественные показатели и сроки их хранения.

В настоящее время в теории сушки изменение содержания влаги пищевых продуктов описывается показателем – удельным со-

держанием влаги. К сожалению этот показатель не учитывает всего комплекса взаимодействий между влагой и другими компонентными составляющими продукта [6].

В настоящее время многими исследователями, занимающимися в области сушки пищевых продуктов, доказано, что одним из важных характеристик, описывающих изменения качественных показателей, является показатель активности воды [3], а также созданы высокоточные современные аппараты для его определения [4]. Активность воды является универсальным термодинамическим критерием оценки состояния воды в продукте. В последние годы многими исследователями это показатель применяется как инструмент оценки изменения технологических свойств продуктов и контроля качества качественных показателей продукта и его продолжительности хранения [5,6,7].

В последние годы для сушки пищевых продуктов используются различные способы [8,9,10,11]. Среди этих способов сушки, с точки зрения сохранения исходного качества продукта, и особенно витаминного состава, перспективным является их сушка в замороженном состоянии в вакууме, т.е. вакуум-сублимационная сушка [12]. Однако этот метод является продолжительным и требует больших энергетических затрат. По нашему мнению, следующим после вакуум-сублимационной сушки перспективным яв-

ляется сушка пищевых продуктов в вакууме с невысокой температурой. Преимуществом этого способа сушки по сравнению с традиционными конвективными сушками является то, что герметичность сушильной камеры дает гарантию против загрязнения продукта пылью из окружающего воздуха и окисления его кислородом воздуха [13,14,15]. Кроме того при вакуумной сушке продуктов не так нарушается его витаминный состав.

На основании вышеизложенного в данной работе авторами поставлена цель: исследование

активности воды в различных сортах яблок и груш при их вакуумной сушке.

Предмет исследования: сорта яблок: Байтерек, Саркыт и Сая, и сорта груши: Сыйлык, Жаздык и Нагима, свежесобранные в 2021 году зимнего созревания.

Активность воды определяли с помощью анализатора активности воды - AQUALAB 4TE.

Для измерения массы продукта в процессе сушки использовали лабораторные электронные весы марки- CAS MWP-300H.

Описание экспериментальной установки (рис.1)

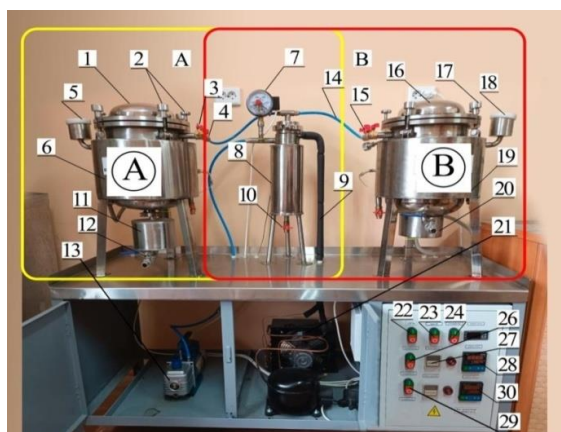


Рисунок – 1 Унифицированная экспериментальная установка.

Унифицированная экспериментальная установка состоит из двух блоков, которые собраны воедино в раму. **Блок А** - вакуум-сушильный аппарат и **Блок В** – низкочастотный вакуум - ультразвуковой аппарат. Общими для двух аппаратов является: десублиматор, вакуум насос и холодильная машина.

Блок А - вакуум-сушильный аппарат: - 1 - крышка аппарата; 2 - вентили крышки; 3- кран для впуска воздуха; 4- вакуумный кран; 5 - расширительный бачок; 6 - вакуумная камера аппарата; 7 - вакуумный манометр; 8 - десублиматор; 9 - холодильная трубка; 10 - сливной кран; 11 - емкость для сбора жидкости; 12 - вентиль для слива жидкости; 13 - вакуумный насос.

Методика проведения эксперимента на вакуум-выпарном аппарате

Перед проведением опытов на вакуум-выпарном аппарате его необходимо вывести на рабочий режим. Для этого с целью улавливания водяных паров, испаряющихся из высушиваемого продукта, вначале включается холодильная машина, охлаждающая десублиматор вакуум-выпарного аппарата. За-

тем, предварительно установив на пульте управления необходимую температуру водяной рубашки цилиндрического корпуса - обычно около $+40^{\circ}\text{C}$, включается система нагрева вакуумной камеры. По достижению заданной температуры воды в цилиндрическом корпусе ($+40^{\circ}\text{C}$) и температуры в сублиматоре (от -20°C и ниже) вакуум-выпарной аппарат готов к работе. После этого в камеру вакуум-выпарного аппарата загружается предварительно подготовленный к вакуумной сушке продукт. Подготовка высушиваемого продукта осуществляется следующим образом. Перед сушкой продукт тщательно промывается в проточной холодной воде, подвергается механической очистке и из него удаляется сердцевина продукта, т.е. косточки. Далее если продукт сушится кусками, то разрезается толщиной 2,7...3 мм в виде полукольца и размещается в сетчатом цилиндрическом противне, а если сушится в виде пастообразной массы, то вначале разрезается на дольки, затем измельчается на мельнице до состояния пастообразной жидкой массы, затем заливается в цилиндриче-

ские противни аппарата толщиной 2,5...3 мм. Затем противни с продуктом размещаются в ярусном порядке в вакуумной камере, и закрыв крышкой камеры включается вакуумный насос.

По окончании опыта выключение вакуум-выпарного аппарата осуществляется в обратном порядке. В начале выключается вакуум-насос, затем холодильный агрегат и сеть питания, а далее для открытия крышки аппарата открыв вентиль, впускается воздух в вакуум-выпарной аппарат. Открутив вентили крышки, поочередно снимаются противни, находящиеся в ярусном порядке. Затем отделив противни от высушенного продукта, последний подвергается измельчению на мельнице до фракции порядка 0,7... 1 мм.

Методика определения активности воды - a_w

Перед сушкой каждый противень с высушиваемым продуктом взвешивается, затем

из продукта производится забор некоторой части для изучения - a_w с помощью анализатора активности воды - AQUALAB 4TE. Далее через определенный промежуток времени сушки, останавливая вакуум-выпарной аппарат из продукта, производится забор некоторой части для определения активности воды, соответствующей к этому моменту времени сушки. Эксперименты по забору части образца для изучения- a_w продолжают до тех пор, пока разница массы противни с продуктом между предыдущим взвешиванием не достигнет постоянной массы или разница должна быть не более сотой доли.

Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований активности воды в процессе сушки сортов яблок и груш приведены на рисунке 2.

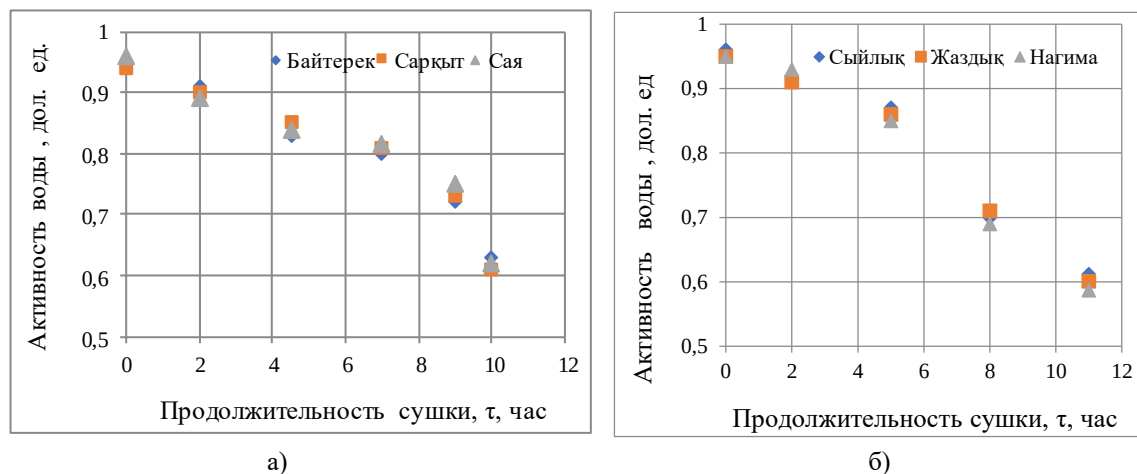


Рисунок 2. Зависимость активности воды от продолжительности сушки: а - для сортов яблок; б – для сортов груш.

Анализ рисунка 2 показывает, что в процессе сушки как яблок, так и груш показатель активности воды изменяется неоднозначно: в первые четыре часа времени сушки монотонно снижается, а в последующем сушки резко падает. Например, если для сортов яблок снижение активности воды в первые четыре часа сушки в среднем составляет 1,14-2,27 %, то для сортов груш это показатель имеет значения 1,30-3,04%. Анализ динамики изменения активности в отрезке времени от четырех часов до конца процесса сушки показывает рез-

кое снижение активности воды. Например, для яблок в отрезке времени от 6 часов до 8 часов показатель активности воды снижается на 5,36-7,59%, а в конце периода сушки его значение достигается до 22,38-25,01%, а для груш в отрезке от 6 часов до 8 часов времени сушки активность воды снижается на 6,57-9,86%, а в последующие отрезки времени уменьшается на 14,75-20,44%.

Зависимость активности воды от продолжительности сушки наилучшим образом описывается уравнением следующего вида:

$$a_w = A \cdot \tau^5 + B \cdot \tau^4 + C \cdot \tau^3 + D \cdot \tau^2 + E \cdot \tau + K \quad (1)$$

Числовые значения коэффициентов А, В, С, D, Е и К приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Числовые значения коэффициентов А, В, С, D, Е и К

Продукт	Значений коэффициентов						Достоверность аппроксимации R ²
	A	B	C	D	E	K	
яблоки							
Байтерек	-4·10 ⁻⁵	2·10 ⁻⁴	-5·10 ⁻³	0,019	-0,057	0,96	1,0
Саркыт	-3·10 ⁻⁵	9·10 ⁻⁴	3·10 ⁻³	-0,007	-0,027	0,94	1,0
Сая	-2·10 ⁻⁵	2·10 ⁻⁴	0,008	0,035	-0,022	0,95	0,996
груши							
Сыйлык	0	9·10 ⁻⁵	-1·10 ⁻³	0,003	-0,011	0,95	0,997
Жаздык	0	0	-3·10 ⁻³	0,016	-0,41	0,95	0,985
Нагима	0	0	-3·10 ⁻³	0,020	-0,046	0,96	0,995

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что когда из продукта удаляется свободно-связанная влага, изменение активности воды принимает монотонно снижающий характер. После достижения критической влажности $W_{кр}$, и до завершения периода падающей сушки, активность воды имеет нелинейный ломаный характер.

Заключение, выводы

Исследованиями установлено, что во всех исследованных сортах яблок и груш наблюдается следующая закономерность: в первые четыре часа времени сушки показатель активности воды монотонно снижается, а в последующее время сушки резко падает. Такая закономерность объясняется тем, что после четырех часов времени сушки из продукта постепенно удаляется часть оставшейся слабосвязанной влаги, а затем связанная влага.

Исследованиями установлено, что в процессе сушки фруктов активность воды, характеризующая свойства продукта, снижается: для сортов яблок от 1,0 до $0,62 \pm 0,01$, для сортов груши этот показатель уменьшается от 1,0 до $0,65 \pm 0,04$.

Благодарность, конфликт интересов (финансирование)

Авторы выражают признательность за финансовую поддержку Министерству сельского хозяйства Республики Казахстан программно-целевого финансирования (BR-10764977) и директору ТОО «Асыл Арман Казахстан» Архабаевой Алме Нураловне за софинансирование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития плодового и сох-ранения биоразнообразия экосистем дикопло-довых видов на юге и юго-востоке Казахстана // Рекомендации Казахского НИИ плодового и ви-ноградства. – Алматы, 2015. – 45 с.

2. Шалтумаев Т.Ш., Могильный М.П. Использо-вание показателя «активность воды» при определении безопасности бисквитных продук-тов//Известия вузов пищевая технология, 2010. - № 1. - С. 93-96

3. Моргунова А.В. Изучение показателя ак-тивности воды в замороженных мясопродуктах // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 43. - № 4. - с. 50-56.

4. Цуканов М.Ф., Черноморец А.Б. Техно-логические аспекты показателя «активность во-ды» и его роль в обеспечении качества продук-ции общественного питания//Технико-техно-логические проблемы сервиса, 2010. - №1. - с. 58-63

5. Фатьянов Е.В., Алейников А.К., Евтеев А.В. Активность воды в пищевых продук-тах//Сборник статей XII Национальной научно-практической конференции «Технологии и про-дукты здорового питания», г. Саратов, 17–18 де-кабря 2020 г. - с. 688-695.

6. Ермолаев В.А, Шушпанников А.Б. Ис-следование показателя активности воды сухих молочных продуктов//Научный журнал « Техника и технология пищевых производств», Кем ГУ, 2014г. - с.56-59.

7. Герасимов Д.В. Исследование методов обработки воды и водной составляющей восста-новленных молочных продуктов и их влияние на показатель активности воды/ Д.В. Герасимов, Е.П. Сучкова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых произ-водств», 2013. - №2. - с.36-41.

8. Молибога Е.А. Показатель активности во-ды как предмет управления качеством//Техниче-ские науки, ФГОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет» 2021. - №4. - с. 102-105

9. Тарасенко Т.А., Євлаш В.В. и др. Теоре-тичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів //Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького, Том 17, № 4 (64). – 2015. - с.148-154.

10. Алексеев Г.В, Егорова О.А., Леу А.Г., Дерканосова А.А. Особенности сушки порошко-вых пищевых продуктов в псевдооживленном режиме //Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2017, Т. 5. - № 4. - с. 34–40.

11. Семенов Г.В. Краснова И.С. Петков И.И. Выбор режимных параметров вакуумной сублимационной сушки сухих термолабильных материалов с заданным уровнем качества // Вестник МАХ № 1, 2017. - с. 18-24.

12. Кольцов Р.П. Особенности вакуумной сушки плодов и овощей // Наука и образование Ми-чуринский государственный аграрный университет Т 5, № 2. – 2022. - с. 159-163.

13. Дикий Н.П. и др. Некоторые особенности термовакуумной сушки // Вопросы атомной науки и техники. 2007, № 4. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (16). - с. 53 – 57.

14. Махамбетов Э.М., Ворошилин Р.А. Способы сушки пищевых продуктов // Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство. Материалы V всероссийской научно-практической конференции. Благовещенск, 2022г. - с. 116-121.

15. Цапенко Л.А., Казанцева Е.С. Способы сушки плодов и овощей // Молодежь и Наука. Уральский государственный аграрный университет 2019. - № 1. – с. 48-51.

REFERENCES

1. Strategiya razvitiya plodovodstva i sohraneniya bioraznoobraziya ekosistem dikoplodovykh vidov na yuge i yugo-vostoke Kazakhstana [Strategy for the development of fruit growing and conservation of biodiversity of ecosystems of wild fruit species in the south and southeast of Kazakhstan] // Rekomendatsii Kazakhskogo NII plodovodstva i vinogradarstva. – Almaty, 2015. – 45 p.s.

2. Shaltumayev T.Sh., Mogil'nyy M.P. Ispol'zovanie pokazatelya «aktivnost' vody» pri opredelenii bezopasnosti biskvitnykh produktov [The use of the "water activity" indicator in determining the safety of biscuit products] // Izvestiya vuzov pishchevaya tekhnologiya, 2010, № 1, S. 93-96 (In Russian).

3. Morgunova A.V. Izuchenie pokazatelya aktivnosti vody v zamorozhennykh myasoproduktakh [The study of the indicator of water activity in frozen meat products] // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2016. T. 43. № 4, str.50-56 (In Russian).

4. Cukanov M.F., Chernomorec A.B. Tekhnologicheskie aspekty pokazatelya «aktivnost' vody» i ego rol' v obespechenii kachestva produktsii obshchestvennogo pitaniya [Technological aspects of the indicator "water activity" and its role in ensuring the quality of catering products] // Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa 2010 №1 S. 58-63 (In Russian)

5. Fat'yanov E.V., Alejnikov A.K., Evteev A.V. Aktivnost' vody v pishchevykh produktakh [Water activity in foods] // Sbornik statej XII Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tekhnologii i produkty zdorovogo pitaniya», g. Saratov, 17–18 dekabrya 2020 g., S. 688-695 (In Russian).

6. Ermolaev V.A., Shushpannikov A.B. Issledovanie pokazatelya aktivnosti vody suhih molochnykh

produktov [Study of water activity index of dry dairy products] // Nauchnyy zhurnal « Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv» Kem GU, 2014g, S.56-59 (In Russian)

7 Gerasimov D.V. Issledovanie metodov obrabotki vody i vodnoj sostavlyayushchej vosstanovlennykh molochnykh produktov i ih vliyaniya na pokazatel' aktivnosti vody [Investigation of water treatment methods and the water component of reconstituted dairy products and their influence on the water activity index] // D.V. Gerasimov, E.P. Suchkova // Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv», 2013. - №2. S.36-41 (In Russian).

8. Moliboga E.A. Pokazatel' aktivnosti vody kak predmet upravleniya kachestvom [Water activity indicator as a subject of quality management] // Tekhnicheskie nauki, FGOU VPO «Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet» 2021, №4, S. 102-105 (In Russian).

9. Tarasenko T.A., Cylash V.V. i dr. Teoretichne doslidzhennya sposobiv sushinnya ovochiv ta fruktiv [Teoretichne doslidzhennya sposobiv sushinnya ovochiv ta fruktiv] // Naukovij visnik LNUVMBT imeni S.Z. Izhic'kogo Tom 17 № 4 (64), 2015 str.148-154 (In Russian).

10. Alekseev G.V., Egorova O.A., Leu A.G., Derkanosova A.A. Osobennosti sushki poroshkovykh pishchevykh produktov v psevdoozhizhennom rezhime [Features of Drying Powdered Food Products in Fluidized Mode] // Vestnik YUUGU. Seriya «Pi-shchevye i biotekhnologii». 2017. T. 5, № 4. S. 34–40 (In Russian).

11. Semenov G.V. Krasnova I.S. Petkov I.I. Vyb- or rezhimnykh parametrov vakuumnoy sblimatsionnoy sushki suhih termolabil'nykh materialov s zadannym urovnem kachestva [Choice of operating parameters of vacuum freeze-drying of dry thermolabile materials with a given level of quality] // Vestnik MAH № 1, 2017 str. 18-24 (In Russian).

12. Kol'cov R.P. Osobennosti vakuumnoy sushki plodov i ovoshchej [Features of vacuum drying of fruits and vegetables] // Nauka i obrazovanie Michurinskij gosudarstvennyy agrarnyy universitet T 5 № 2 2022 str.159-163 (In Russian).

13. Dikij N.P. i dr. Nekotorye osobennosti termovakuumnoy sushki [Some features of thermal vacuum drying] // Voprosy atomnoj nauki i tekhniki. 2007. № 4. Seriya: Vakuum, chistye materialy, sverhprovodniki (16), S. 53 – 57 (In Russian)

14. Mahambetov E.M., Voroshilin R.A. Sp- soby sushki pishchevykh produktov [Food drying methods] // Innovatsii v pishchevoj promyshlennosti: obra- zovanie, nauka, proizvodstvo materialy V sserossijskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Blagoveshchensk, 2022g. str.116-121 (In Russian)

15. Capenko L.A., Kazanceva E.S. Sp- soby su- shki plodov i ovoshchej [Methods for drying fruits and vegetables] // Molodezh' i Nauka. Ural'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet 2019, № 1 s 48-51 (In Russian).