



## АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ МАЛИНЫ

В.А. Ермолаев (фото)

д.т.н., доцент, доцент кафедры «Природоустройство  
и химическая экология»

М.А. Яковченко

к.х.н., доцент, заведующая кафедрой «Природоустройство  
и химическая экология»

ФГБОУ ВО Кемеровский ГСХИ, г. Кемерово

*Малина,  
сублимационная сушка,  
температура*

*Fresh raspberries,  
freeze drying,  
temperature*

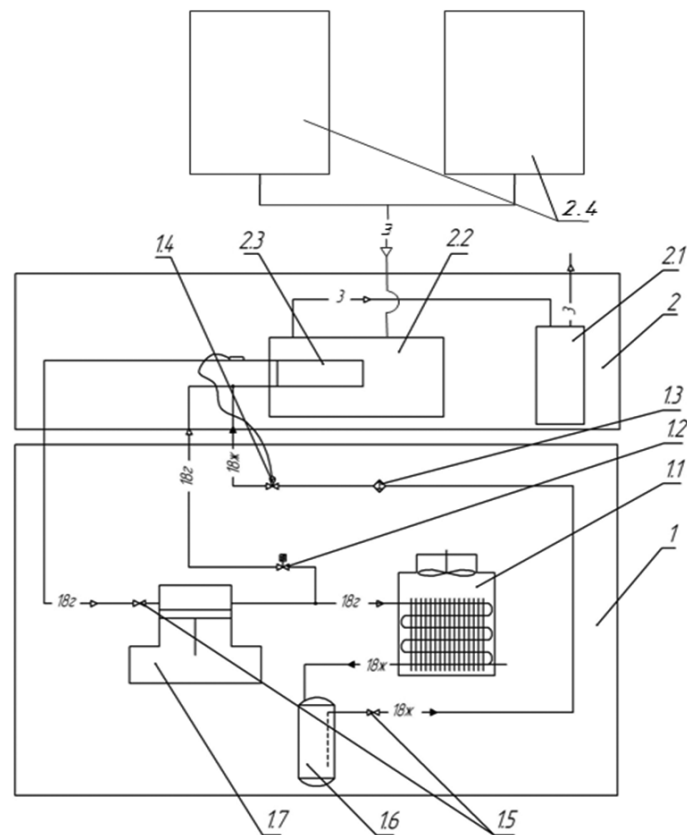
Плоды и ягоды являются ценным источником микронутриентов: витаминов, минеральных веществ и т.д. [1]. Потребление данных видов продуктов крайне важно в условиях неблагоприятной экологической обстановки и авитаминоза. Сезонность этой продукции обуславливает необходимость применения различных способов консервирования, одним из которых является сушка. Обезвоживание позволяет в значительной степени снизить скорость размножения микроорганизмов, вызывающих порчу, и тем самым существенно продлить возможные сроки хранения продукта.

Среди всех существующих способов сушки одним из наиболее перспективных является сублимационная сушка, суть которой заключается в удалении влаги при давлении ниже тройной точки воды (611 Па). В процессе понижения давления происходит замораживание влаги и ее последующее удаление путем сублимации – перехода влаги из твердого состояния в парообразное, минуя жидкую фазу. Большая часть влаги удаляется указанным способом, оставшаяся часть влаги – путем досушивания продукта при невысоких температурах – как правило, не выше +40°C. Таким образом, сушка осуществляется в условиях низких температур, и появляется возможность сохранить качественные характеристики продукта – физико-химический состав и органолептические свойства [2]. Стоит отметить высокую степень сохранности нативной формы продукта после сублимационной сушки, что является важным фактором при обезвоживании продуктов со слабой текстурой, например, ягод малины.

Целью настоящей работы являлось исследование процессов сублимационной сушки ягод малины.

### **Методика**

Для проведения экспериментальных исследований по сублимационному обезвоживанию использовалась установка, схема которой приведена на рисунке 1.



- 1 – холодильная машина; 1.1 – конденсатор; 1.2 – соленоидный клапан; 1.3 – фильтр-осушитель;  
 1.4 – терморегулирующий клапан; 1.5 – клапан запорный; 1.6 – ресивер; 1.7 – компрессор;  
 2 – вакуумная установка; 2.1 – вакуумный насос; 2.2 – десублиматор; 2.3 – испаритель десублиматора;  
 2.4 – сушильные камеры.

Рисунок 1 – Принципиальная схема сублимационной сушильной установки

Продукт укладывают на поддоны в камеры, которые герметично закрываются крышкой. Далее включают вакуум-насосы, понижающие давление в камерах ниже давления тройной точки воды, и начинается этап сублимации влаги в продукте. Влага, содержащаяся в удаляемом воздухе, десублимирует на испарителе холодильной машины. Для досушивания продукта используются инфракрасные лампы нагрева, размещенные по 4 штуки в каждой из камер.

В качестве объекта исследования выступала свежая малина (урожай 2017 г.).

#### **Результаты исследований**

Вначале исследовали процесс сушки при подборе продолжительности этапов сублимации и досушивания. Остаточное давление составляло 400 Па, температура на этапе досушивания +40°C. Продолжительность первого этапа (этапа сублимации) в различных опытах составляла 5, 6, 7 и 8 часов, после чего включались инфракрасные

лампы нагрева и осуществлялось удаление остаточной влаги в продукте.

На рисунке 2 приведены графики зависимости относительной массы продукта от времени обезвоживания.

Установлено, что время, на которое увеличивается общая продолжительность лиофилизации, почти соответствует времени увеличения этапа сублимации. Для оценки качественных характеристик полученного продукта была проведена органолептическая оценка сухих ягод малины по следующим показателям: вкус, цвет, запах и консистенция, каждый из которых оценивался по 5-балльной шкале. Результаты сведены в таблицу 1.

По результатам органолептической оценки наибольшая сумма баллов была получена при продолжительности этапа сублимации в 7–8 часов и, соответственно, наименьшем воздействии температуры на этапе досушивания. Исходя из полученных данных, оптимальная продолжительность этапа сублимации – 7 часов.



Рисунок 2 – Графики изменения относительной массы малины в процессе лиофилизации при различной продолжительности этапа сублимации

Далее проводились эксперименты по подбору температуры досушивания. Значения данного параметра варьировали в пределах от +30 до +60°C. Продолжительность сублимации при этом составляла 7 часов. В таблице 2 приведены показатели сублимационной сушки малины при различной температуре досушивания.

Как и следовало ожидать, с повышением температуры досушивания сокращается продолжительность процесса сушки, однако при этом

также снижаются качественные характеристики продукта, что подтверждается результатами органолептической оценки, что обусловлено более интенсивным температурным воздействием инфракрасных ламп нагрева.

### Выводы

Таким образом, в результате проведенной работы были установлены наиболее благоприятные режимы сублимационной сушки малины: продолжительность этапа сублимации составляет

Таблица 1 – Результаты органолептической оценки сухих ягод малины

Показатель	Продолжительность этапа сублимации, ч			
	5	6	7	8
Вкус	4	5	5	5
Цвет	4	4	4	4
Запах	4	5	5	5
Консистенция	4	4	5	5
Сумма баллов	16	18	19	19

Таблица 2 – Показатели сублимационной сушки малины

Показатель	Температура досушивания, °C			
	30	40	50	60
Продолжительность сушки, ч	10,5	9	8	7,5
Органолептическая оценка, баллы	20	19	17	15

7 часов, температура досушивания +40°C. При указанных режимах общее время обезвоживания – 9 часов, а органолептическая оценка – 19 баллов из 20. Вышеизложенные данные могут быть полезны инженерам-технологам, работникам пище-

вой промышленности и научным сотрудникам, занимающимся исследованиями в данной области. Лиофилизированные ягоды могут использоваться в производстве функциональных напитков, хлебобулочных изделий [3, 4, 5].

#### **Литература**

1. Мустафаева, Л.А. Р-витаминноактивные вещества и витамин С в свежих плодах, ягодах и в продуктах их переработки [Текст] / Л.А. Мустафаева // Химия растительного сырья. – 2014. – № 3. – С. 215–220.
2. Мякин'ков, А.Г. Сушка термолabileльных продуктов в вакууме – технология XXI века (вакуумная сублимационная сушка) [Текст] / А.Г. Мякин'ков // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2003. – № 3. – С. 923.
3. Постолова, М.А. Дикорастущие плоды и ягоды для производства лечебно-профилактических напитков [Текст] / М.А. Постолова, А.М. Попов, В.В. Гурин // Пиво и напитки. – 2004. – № 1. – С. 52–53.
4. Окара, А.И. Напитки функционального назначения из дикорастущих плодов и ягод на основе молочной сыворотки: технология и потребительские свойства [Текст] / А.И. Окара, А.В. Жебо // Товаровед продовольственных товаров. – 2013. – № 8. – С. 51–54.
5. Колотий, Т.Б. Дикорастущие плоды и ягоды – функциональные компоненты в технологии хлебопечения [Текст] / Т.Б. Колотий, Н.Н. Ковалева // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. статей по материалам III научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2017. – С. 579–582.

#### **References**

1. Mustafaeva, L.A. R-vitaminsaktivnye veshchestva i vitamin S v svezhih plodah, jagodah i v produktah ih pererabotki [Tekst] / L.A. Mustafaeva // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2014. – № 3. – S. 215–220.
2. Myakin'kov, A.G. Sushka termolabil'nyh produktov v vakuume – tehnologija XXI veka (vakuumnaja sublimacionnaja sushka) [Tekst] / A.G. Myakin'kov // Pishhevaja i pererabatyvajushhaja promyshlennost'. Referativnyj zhurnal. – 2003. – № 3. – S. 923.
3. Postolova, M.A. Dikorastushhie plody i jagody dlja proizvodstva lechebno-profilakticheskikh napitkov [Tekst] / M.A. Postolova, A.M. Popov, V.V. Gurin // Pivo i napitki. – 2004. – № 1. – S. 52–53.
4. Okara, A.I. Napitki funkcional'nogo naznachenija iz dikorastushhih plodov i jagod na osnove molochnoj syvorotki: tehnologija i potrebitel'skie svojstva [Tekst] / A.I. Okara, A.V. Zhebo // Tovaroved prodovol'stvennyh tovarov. – 2013. – № 8. – S. 51–54.
5. Kolotij, T.B. Dikorastushhie plody i jagody – funkcional'nye komponenty v tehnologii hlebopечeniya [Tekst] / T.B. Kolotij, N.N. Kovaleva // Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozjajstvennoj produkcii: sb. statej po materialam III nauchno-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, posvjashhennoj 95-letiju Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar, 2017. – S. 579–582.

## **В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ**

### **ЖУРНАЛА:**

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ В АКТИВНЫЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ОБОРОТ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**О ПЕРИОДИЧНОСТИ ЗАМЕНЫ МАСЛА НА АВТОТРАКТОРНЫХ  
ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ**