

УДК 663.252.1

АНАЛИЗ СПОСОБОВ СУШКИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СУШЕНОЙ ВИНОГРАДНОЙ ВЫЖИМКИ

В. А. Потапов

Доктор технических наук, профессор*

E-mail: potapov@bigmir.net

Е. Н. Якушенко

Старший преподаватель*

E-mail: papelats@ukr.net

М. В. Жеребкин

Кандидат технических наук, ассистент*

E-mail: zherebkin.maxim@gmail.com

*Кафедра холодильной и торговой техники

Харьковский государственный

университет питания и торговли

ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051

У статті проведено аналіз існуючих способів сушіння рослинної си-ровини. Запропоновано математичну модель дозволяє прогнозувати зміну якості продукту в процесі сушіння. Результати досліджень дозволяють рекомендувати сушку в масообмінних модулях з кондуктивним підведенням теплоти від внутрішнього нагрівача, що забезпечує мінімальні втрати вітаміну С в сушеній виноградної вичавці на рівні 3...8 %

Ключові слова: сушіння, масообмінний модуль (МОМ), кондуктивний на-грівач, вітамін С

В статье проведен анализ существующих способов сушки растительного сырья. Предложена математическая модель позволяющая прогнозировать изменение качества продукта в процессе сушки. Результаты исследований позволяют рекомендовать сушку в массообменных модулях с кондуктивным подводом теплоты от внутреннего нагревателя, обеспечивающую минимальные потери витамина С в сушеной виноградной выжимке на уровне 3...8 %

Ключевые слова: сушка, массообменный модуль (МОМ), кондуктивный нагреватель, витамин С

1. Введение

Проблема производства продуктов питания, обогащенных различными биологическими активными добавками, чрезвычайно актуальна для Украины, которая оказалась в настоящее время в условиях экономического и экологического кризиса. Это привело к увеличению заболеваемости населения, причиной которого в значительной степени является существование деформации пищевых рационов. В данное время на Украине и странах СНГ отмечается высокий уровень потребления населением углеводов и жиров, а потребление биологически активных веществ (БАВ), в особенности витаминов, в сравнении с развитыми странами находится на довольно низком уровне (приблизительно 50 %) [1].

2. Анализ исследований и публикаций

В мировой практике для иммунопрофилактики населения эффективно используются натуральные пищевые добавки из растительного сырья для витаминизации продуктов питания [2].

В Украине ассортимент пищевых добавок из растительного сырья, являющегося источником витаминов, биологически активных веществ, клетчатки, пектина ограничен в связи с отсутствием эффективных методов его переработки, позволяющих максимально сохранить качество исходного сырья [3].

3. Формирование целей и задач

Одним из способов обогащения рациона питания является использование порошков полученных различными способами сушки. Порошки позволяют существенным образом расширить пищевые, ресурсы, значительно улучшить ассортимент новых видов пищевых изделий, в которых в концентрированном виде сохранены все ингредиенты, входящие в состав исходного сырья. Они успешно могут использоваться в кондитерских, хлебобулочных, молочных продуктах и пищевых концентратах.

В связи с этим выбор рационального способа сушки для получения порошков должен делаться на основе технических, технологических и экономических показателей. Основными способами сушки на сегодняшний день являются: конвективный, радиационный, микроволновый, и сублимационный.

В работах ученых Харьковского университета питания и торговли показано, что на сегодняшний день перспективным способом является сушка в массообменных модулях (МОМ) с кондуктивным подводом теплоты, которая позволяет получать высокопористые, быстровосстанавливаемые сушеные продукты при высоких показателях экономичности и качества [4 – 5]. Уменьшение поверхности массообмена в сочетании с теплоподводом через твердую стенку МОМ создает условия, при которых скорость испарения влаги в продукте превышает скорость отвода ее через массообменную поверхность, что приводит к образованию пористой структуры и резкой интенсификации

процесса. Это позволило сократить продолжительность сушки в 1,5...2 раза, уменьшить энергозатраты в 1,5...3 раз по сравнению с конвективной и 5...6 раз с сублимационной. Показатели качества сушеного продукта: восстанавливаемость, конечное влагосодержание, консистенция, сохранность биологически активных веществ, витаминов и минеральных веществ приближается к сублимационной сушке.

В табл. 1 приведены сравнительные характеристики основных способов сушки.

Таблица 1

Сравнительная характеристика различных способов сушки

№ п/п	Наименование показателей	Способы сушки				
		Инфракрасными лучами	Конвективный	Сублимационный	Токами СВЧ	Сушка в МОМ
1	Продолжительность сушки, часов	до 4	8-10	10-20	до 4	1 – 1.5
2	Удельная площадь по испаряемой влаге, м ² /кг	0.07	0.07	0.26	0.18	0.04
3	Потери БАВ	10–20 %	40–60 %	5–10 %	18–20 %	5–10 %
4	Восстанавливаемость	80–90 %	60–70 %	85–95 %	85–95	90–95 %
5	Остаточная влажность, %	3–4	8.0	3.5	2.5–4	2–3
6	Экологическая безопасность	безопасен	безопасен	опасен (утечка хладонов)	опасен (СВЧ излучение)	безопасен
7	Срок хранения, год.	более 1	0.3–0.5	более 1	более 1	более 1

Как видно из табл. 1, по комплексу показателей способ сушки в массообменных модулях с кондуктивным подводом тепла превосходит остальные методы сушки: он характеризуется небольшими энергозатратами, сравнимыми с СВЧ-сушкой; высоким качеством готового продукта, сравнимым с сублимационной сушкой; экологической безопасностью и простотой конструктивной реализации, сравнимой с конвективными сушилками.

4. Экспериментальные данные и их обработка

Объектом исследования является процесс сушки виноградных выжимок в МОМ с регулируемой поверхностью массообмена и кондуктивным подводом теплоты. МОМ размещается в сушильной камере экспериментального стенда [6].

В процессе проведения экспериментов исследовались модули, которые отличались расположением и конструкцией нагревателя: внутренний плоский нагреватель (ВПН); внутренний трубчатый нагреватель

(ВТН); нагреватель, который расположен на массообменной поверхности (ППН).

Определяющими факторами, влияющими на процесс сушки, принимались: температура нагревателя, температура сушильного агента, скорость сушильного агента, ширина зазора, толщина МОМ.

В результате экспериментов изучалось: кинетика сушки, кинетика температуры материала, потери витамина С.

Известно, что на качество сушеного продукта влияют химические и биохимические реакции в процессе сушки, которые приводят к изменению пищевой и биологической ценности сырья. Зная кинетику протекания этих реакций, можно прогнозировать потери биологически активных веществ. В монографии проф. Потапова В. А. [7] была предложена методика определения эффективных констант химических реакций в процессе сушки и получены уравнения, описывающие кинетику соответствующих реакций. Относительные потери БАВ в процессе сушки описываются следующими уравнениями [7]:

$$\Delta n_{\alpha}^* = 1 - \exp \left[-\tilde{\kappa}_{\alpha} \sqrt{\bar{T}} \cdot \tau_c \cdot \exp \left(-\text{Bo}_{\alpha}^0 \frac{T_0}{\bar{T}} \right) \right], \quad (1)$$

где Δn_{α}^* - относительные потери БАВ в продукте после сушки;

$\Delta n_{\alpha}^* = (n_{\alpha 0} - n_{\alpha k}) / n_{\alpha 0}$ ($n_{\alpha 0}$, $n_{\alpha k}$) - начальное и конечное содержание БАВ в продукте; τ_c - продолжительность процесса сушки, с; $\tilde{\kappa}_{\alpha}$ - эффективный частотный фактор для химической реакции с определенным БАВ, с⁻¹; \bar{T} - средняя температура продукта за весь период сушки; $\text{Bo}_{\alpha}^0 = U_{\alpha} / R_G T_0$ - фактор Больцмана для реакции с определенным БАВ при температуре продукта $T_0 = 293$ К; R_G - универсальная газовая постоянная, Дж/(моль×К); U_{α} - энергия активации химической реакции с определенным БАВ, Дж/моль;

Уравнение (1) позволяет при наличии экспериментальных данных о потерях БАВ в зависимости от средней температуры продукта и продолжительности сушки определить константы химической реакции $\tilde{\kappa}_{\alpha}$, Bo_{α}^0 .

На основе анализа данных об изменении содержания БАВ в процессе сушки растительного сырья была установлена корреляция между константами реакции в виде [7]:

$$\tilde{\kappa}_{\alpha} = 6,95 \cdot 10^{-9} (\text{Bo}_{\alpha}^0)^{7,8}, \quad (2)$$

которая позволяет, на основании данных по потерям БАВ при одной температуре, определить фактор Больцмана Bo_{α}^0 и в дальнейшем, с использованием уравнений (1) – (2), прогнозировать изменение качества сырья в процессе сушки при других температурах.

Таким образом, определив в эксперименте относительные потери БАВ Δn_{α}^* , начальную T_0 , и среднюю температуру продукта \bar{T} в процессе сушки, а также продолжительность процесса сушки τ_c , можно рассчитать фактор Больцмана и, соответственно, энергию активации химической реакции, вызывающей изменение содержания БАВ в процессе сушки.

Полученные данные о константах реакции для определенной температуры сушки позволяют про-

гнозировать изменение содержания БАВ для другой температуры по следующему уравнению:

$$\Delta n_{\alpha}^*(\bar{T}) = 1 - \exp \times \left[-5,634 \cdot 10^{-3} \tau_c \sqrt{\frac{\bar{T}}{T_0}} \exp \left[\text{Bo}_{\alpha}^0 \left(0,488 - \frac{T_0}{\bar{T}} \right) \right] \right]. \quad (3)$$

Полученная модель изменения качества продукта была использована нами для поиска рациональных режимов сушки виноградной выжимки в МОМ с кондуктивным теплоподводом [8].

Поскольку среднюю температуру продукта за весь период сушки определять экспериментально сложно, то нами была найдена эмпирическая корреляция между режимом сушки и средней температурой продукта в МОМ. Полученные таким образом данные о потерях витамина С были обобщены с помощью математической модели, найденной методом анализа размерностей

$$\Delta n_{\text{C}}^* = 100 - A\Theta^a \text{Re}^b, \quad (4)$$

где Δn_{C}^* - относительные потери витамина С в процессе сушки, %; Θ - безразмерная средняя температура нагреватель-сушильный агент $\Theta = (T_c + T_n) / 2T_0$, T_c - температура сушильного агента, К; T_n - температура нагревателя, К; Re - число Рейнольдса, где за характерный размер принят эквивалентный диаметр канала для сушильного агента над массообменным модулем.

На рис. 1 представлен обобщенный результат этих исследований, сгруппированный для двух исследованных случаев: сушильный агент без подогрева (при комнатной температуре) и сушильный агент с подогревом до температуры 90 °С. Сплошные линии построены в диапазоне чисел Рейнольдса $3,4 \cdot 10^3 \dots 3,4 \cdot 10^4$.

Полученные зависимости подтверждают использованную для анализа модель кинетики химических реакций (4) в процессе сушки – увеличение средней температуры нагреватель-сушильный агент увеличивает потери БАВ, вызванные ростом скорости химической реакции, а увеличение скорости сушильного агента –

уменьшает, что объясняется уменьшением продолжительности процесса сушки, а, значит, и продолжительности соответствующих химических реакций.

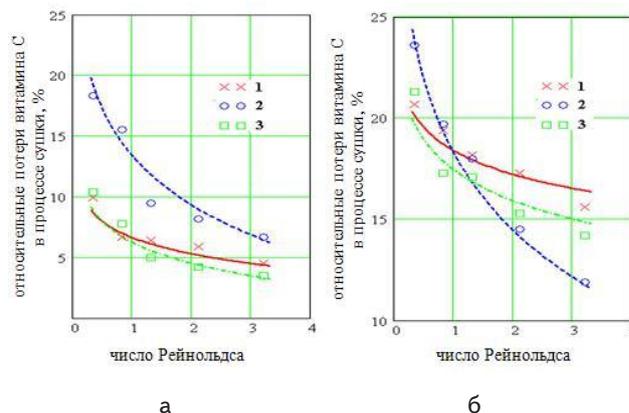


Рис. 1. Потери витамина С при сушке виноградной выжимки в ТМОМ в зависимости от температуры и скорости сушильного агента: а – $T_c=293$ К, $T_n=307$ К; б – $T_c=327$ К, $T_n=307$ К; 1 – ВПН; 2 – ППН; 3 – ВТН

Полученные зависимости показывают, что минимум потерь аскорбиновой кислоты обеспечивает МОМ с внутренним кондуктивным нагревателем и отсутствием дополнительного подогрева сушильного агента во внешнем калорифере [9 – 10]. Потери аскорбиновой кислоты в этом случае составляют 3...8 %, а при использовании сушильного агента с подогревом до 90 °С - 12...20 %.

5. Выводы

Таким образом, проведенный анализ и результаты исследований способов сушки растительного сырья для получения порошков позволяют рекомендовать использование сушки в массообменных модулях с кондуктивным подводом теплоты от внутреннего нагревателя, который обеспечивает минимальные потери витамина С в сушеной виноградной выжимке на уровне 3...8 %.

Литература

1. Позняковский, В. М. БАДы в производстве пищевых продуктов: новые направления [Текст] / В. М. Позняковский, В. В.Трихина, А. Н. Австриевских // Пищевые ингредиенты, сырьё и добавки. 2000. - № 1. - С. 50-52.
2. Міністерство аграрної політики та продовольства України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.minagro.gov.ua>.
3. Воробець, Б. Ю. Сучасний стан та перспективи розвитку виноградарства в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.bsfa.edu.ua/files/konf/vorobec_popova2._pdf.pdf.
4. Погожих, Н. И. Научные основы теории и техники сушки пищевого сырья в массообменных модулях : автореф. дисс. на соискание научн. степени докт. техн. наук : 05.18.12 «Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств» / Погожих Николай Иванович ; ХГУПТ. – Харьков, 2002.– 34 с
5. Якушенко, Е. М. Спосіб підвищення енергоефективності ЗТП-сушіння [Текст] / В. О. Потапов, Е. М. Якушенко // Стратегія якості в промисловості і освіті: V Міжнарод. конф., 6–13 червня 2009 р. : тези доповідей – Варна, 2009. – С. 578-581.
6. Якушенко, Е. Н. Влияние конструкции внутренних нагревателей на энергоэффективность процесса сушки в тепломассообменных модулях [Текст] / Е. Н. Якушенко, В. А. Потапов // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка

- и термовлажностная обработка материалов) СЭТТ-2001 : 4-я Международная науч.-практ. конф., 20-23 сентября 2011 г. : тезисы докладов – М.: МГАУ, 2011. – С. 316-323.
7. Потапов, В. А. Кинетика сушки: анализ и управление процессом: Монография / В.А. Потапов / Харк. гос. ун-т питания и торговли. – Харьков, 2009. - 250 с.
 8. Якушенко, Е. Н. Кинетика явлений переноса при сушке пищевого сырья [Текст] / Е. Н. Якушенко, В. А. Потапов // Нестационарные, энерго- и ресурсосберегающие процессы и оборудование химической, нано- и биотехнологии (НЭРПО-2011) : 2-я Международная науч.-практ. конф., 12-14 апреля 2011 г. : тезисы докладов – М.: МГОУ, 2011. – С. 198-203.
 9. Yakushenko, E. Effect of pre-heating of the material on the efficiency of the drying process [Текст] / E. Yakushenko, V. Potapov // The Second North and East European Congress on Food NEEFood – 2013; 26 – 29 May 2013, Kyiv, Ukraine. – С. 51.
 10. Yakushenko, E. Optimization of energy consumption for the drying process with pre-heating of the material [Текст] / E. Yakushenko, V. Potapov // Sixth Nordic Drying Conference; June 5 to 7, 2013 – Copenhagen, Denmark. С. 56.

Стаття присвячена проблемі визначення і дослідження пестицидів. Показано необхідність здійснення моніторингу та оперативного реагування на критичні точки вмісту пестицидів в олійних культурах та продуктах їх переробки. Досліджено розподіл залишкових кількостей металаксилу, імідаклоприду та тіаклоприду в насінні соняшнику, олії пресовій нерафінованій, макусі, олії екстракційній та шроті

Ключові слова: пестициди, проблема, критичні точки, моніторинг, олійні культури, рослинні олії, макуха, шрот

Статья посвящена проблеме определения и исследования пестицидов. Показана необходимость осуществления мониторинга и оперативного реагирования на критические точки содержания пестицидов в масличных культурах и продуктах их переработки. Исследовано распределение остаточных количеств металаксилу, имидаклоприда и тиаклоприда в семенах подсолнечника, масле пресовом нерафинированном, жмыхе, масле экстракционном и шроте

Ключевые слова: пестициды, проблема, критические точки, мониторинг, масличные культуры, растительные масла, жмых, шрот

УДК 664:665.1/7:539:542/543

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ І РОЗПОДІЛУ ПЕСТИЦИДІВ В ОЛІЯХ, МАКУСІ ТА ШРОТІ

І. В. Левчук

Кандидат технічних наук, заступник начальника науково-методичної лабораторії*
E-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

М. І. Осейко

Доктор технічних наук, професор,
Кафедра технології жирів та парфумерно-косметичних продуктів
Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська 68, м. Київ-33, Україна, 01601
E-mail: nikios@ukr.net

В. А. Кіщенко

Кандидат технічних наук,
начальник науково-методичної лабораторії*
E-mail: kishchenko.vl@gmail.com

О. А. Литвиненко

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Кафедра технології жирів та продуктів бродіння
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002
E-mail: ealitivnenko@yandex.ua

*Науково-методична лабораторія хроматографічних досліджень
ДП «Укрметртестстандарт»
вул. Метрологічна, 4, м. Київ, Україна, 03143

1. Вступ

Соняшник – основна олійна культура в Україні та друга за популярністю (після пшениці) культура, у вирощуванні якої зайнята найбільша кількість суб'єктів сільськогосподарської діяльності. По виробництву насіння соняшнику Україна займає третє місце у світі, поступаючись лише Аргентині та Росії. Останнім ча-

сом насіння соняшнику стало одним з високоліквідних товарів українського ринку, що суттєво впливає на рентабельність агропромислового комплексу [1]. Однак, враховуючи кількість хімічних препаратів, які застосовуються в нашій країні при вирощуванні насіння олійних культур, значний інтерес представляє дослідження вмісту пестицидів у готовій та побічній продукції олієжирової галузі [2 – 8]. Тому питання