



## ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СУШКЕ СОРТОВ БОЯРЫШНИКА

<sup>1</sup>И.В. Дубковецкий, <sup>1</sup>И.Ф. Малежик, <sup>2</sup>Я.В. Евчук

<sup>1</sup>Национальный университет пищевых технологий, Киев

<sup>2</sup>Уманский национальный университет садоводства, Умань

## THE STUDY OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN DRYING VARIETIES OF HAWTHORN

<sup>1</sup>I.V. Dubkovetsky, <sup>1</sup>I.F. Malezhyk, <sup>2</sup>YA.V. Evchuk

<sup>1</sup>National University of Food Technologies, Kiev

<sup>2</sup>Umansky National University of Horticulture, Uman

### Abstract

*The problems of improving the quality of dried products by reasonably matched biologically valuable raw fruit - fruit of the hawthorn. The results of changes in the chemical composition in the process of convective drying, microwave and conduction method depending on the duration and temperature of the coolant and optimum conditions of drying fruit.*

**Keywords:** *dried hawthorn, carotene, ascorbic acid, polyphenolic compounds*

### Введение

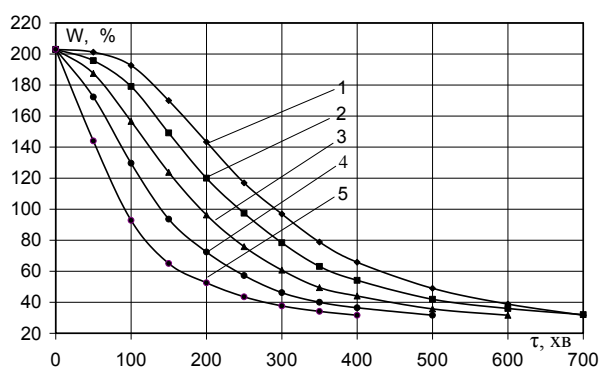
При разработке технологического процесса производства сушеных продуктов с помощью различных методов обезвоживания, прежде всего необходимо установить технологические параметры и оптимальные режимы процесса, при котором максимально сохраняются первоначальные вкусовые и питательные свойства исходного сырья. Малораспространенные лекарственное сырье, в частности боярышник является перспективной для производства продуктов специального назначения с повышенным содержанием биологически активных веществ из обладающие антиоксидантными свойствами. Цель нашей работы заключалась в разработке технологического процесса производства сушеных продуктов с помощью различных методов обезвоживания, прежде всего необходимо установить технологические параметры и оптимальные режимы процесса.

Для сушеных плодов боярышника решающими показателями, которые влияют на качественные показатели готового

продукта, являются такие биологически активные вещества как углеводы, аскорбиновая кислота, каротин, пектиновые вещества и полифенольные соединения. Учеными в области медицины доказано, что важный патогенетический фактор процесса старения, мутагенеза, развития ряда тяжелых заболеваний, зависит от избыточного образования в организме активных форм кислорода, который получил название оксидантного стресса. Для поддержания гомеостаза в клетках и защиты биологических систем важные антиоксидантные системы защиты организма. Для нормализации их функции необходимо, чтобы в организм поступал широкий набор биоантиоксидантов, что улучшило бы состояние здоровья населения [1]. Антиоксиданты - важные компоненты питания, которые предупреждают образование свободных радикалов, уменьшают их действие, участвуют в их инактивации, замедляют общие процессы старения, предупреждают развитие хронических заболеваний. Установлено [2], что наиболее эффективными являются

антиоксидантните комплекси природного происхождения, к которым относят и боярышник.

Кривые сушки (фиг. 1) характеризуют изменение интегрального влагосодержания  $W$  в зависимости от времени. Отсюда видно, что с ростом температуры теплоносителя длительность процесса сушки сокращается на незначительную величину для достижения конечной величины влагосодержания  $W_c = 31,6\%$ . Из рисунка видно, что период прогрева боярышника, с ростом температуры теплоносителя с 60 до 100 °C соответственно уменьшается с 50 до 5 минут. Период постоянной скорости сушки наблюдается в первой критической точке.



**Фиг.1.** Кривые конвективной сушки боярышника сорта Шамиль при температурах, °C: 1 – 60, 2 – 70, 3 – 80, 4 – 90, 5 – 100.

Аппроксимируя данные первого периода конвективной сушки, вывели уравнения, подчиняющиеся линейному закону.

Для температур теплоносителя:

$$60\text{ °C} - W = -0,508\tau + 245 \text{ при } R^2 = 0,997;$$

$$70\text{ °C} - W = -0,511\tau + 225 \text{ при } R^2 = 0,996;$$

$$80\text{ °C} - W = -0,613\tau + 218 \text{ при } R^2 = 0,99;$$

$$90\text{ °C} - W = -0,787\tau + 211 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

$$100\text{ °C} - W = -1,1\tau + 202 \text{ при } R^2 = 0,99,$$

где  $W$  - влагосодержание,%;  $\tau$  - время, мин;  $R^2$  - коэффициент корреляции.

Аппроксимируя данные второго периода конвективной сушки, вывели уравнения, подчиняющиеся степенному закону.

$$60\text{ °C} - W = 148472 \tau^{-1,29} \text{ при } R^2 = 0,99;$$

$$70\text{ °C} - W = 39719 \tau^{-1,1} \text{ при } R^2 = 0,972;$$

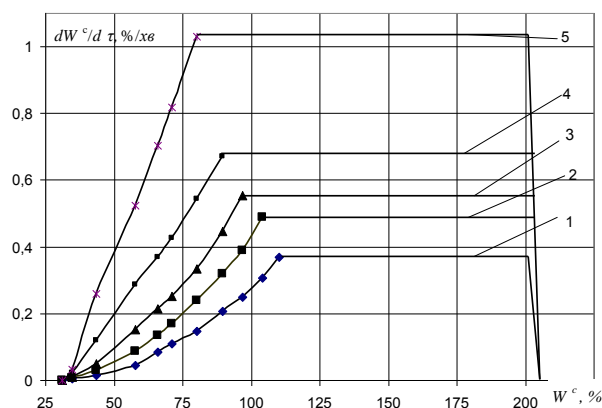
$$80\text{ °C} - W = 22990 \tau^{-1,04} \text{ при } R^2 = 0,98;$$

$$90\text{ °C} - W = 10187 \tau^{-0,94} \text{ при } R^2 = 0,984;$$

$$100\text{ °C} - W = 3343 \tau^{-0,78} \text{ при } R^2 = 0,97,$$

где  $W$  - влагосодержание, %;  $\tau$  - время, мин;  $R^2$  - коэффициент корреляции.

В результате обработки кривых конвективной сушки полученные зависимости скорости сушки боярышника Шамиль от влагосодержания (фиг. 2), позволяющие проанализировать характерные особенности боярышника. При выводе уравнения кинетики сушки из экспериментальных зависимостей  $dW/d\tau$  установили, что на первой стадии скорость сушки можно приближенно считать постоянной. С повышением температуры теплоносителя она возрастает от 0,37 кг / (кг • мин) (для 60 °C) до 1,03 кг / (кг • мин) (для 100 °C).



**Фиг.2.** Кривые конвективной скорости сушки боярышника сорта Шамиль при температурах, °C: 1 – 60, 2 – 70, 3 – 80, 4 – 90, 5 – 100.

Проанализировав второй период конвективной сушки вывели аппроксимационные уравнения при температурах:

$$60\text{ °C} - dW/d\tau = 0,00005W^2 - 0,0028W + 0,038 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

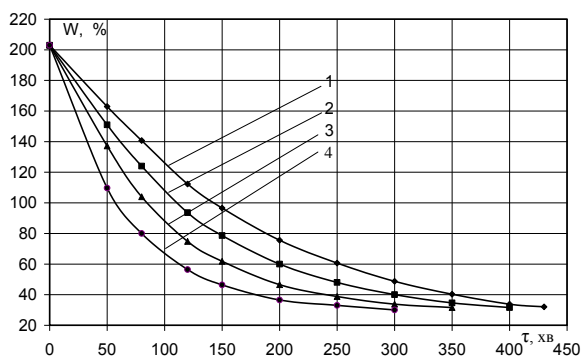
$$70\text{ °C} - dW/d\tau = 0,00007W^2 - 0,0033W + 0,034 \text{ при } R^2 = 0,95;$$

$$80\text{ °C} - dW/d\tau = 0,00007W^2 - 0,0012W - 0,0345 \text{ при } R^2 = 0,95;$$

90 °C –  $dW / d\tau = 0,00003W^2 + 0,008W - 0,28$  при  $R^2 = 0,92$ ;

100 °C –  $dW / d\tau = 0,0004W^2 + 0,017W - 0,57$  при  $R^2 = 0,92$ .

Из рисунка отсутствует период прогрева боярышника, а наблюдается период устойчивой (первый период) и убывающей (второй период) скорости сушки. На фиг. 3. представлены кривые сушки плодов боярышника сорта Шамиль с использованием токов высокой частоты. Сушка осуществлялась при четырех уровнях использования номинальной мощности магнетрона - 300, 500, 700 и 1000 Вт. Из графиков видно, что процесс сушки плодов боярышника зависит от уровня магнетрона. Так, при мощности магнетрона 300 Вт сушки боярышника с начальным влажностью 550% до конечного 24% проходил в течение 50 мин. Начиная с мощностей магнетронов 500, 700 и 1000 Вт процесс сушки проходил, соответственно, 37, 28 и 20 мин. Таким образом, длительность процесса сушки уменьшается с повышением магнетрона до максимальной мощности (1000 Вт) в 1,6 раза.



**Фиг.3.** Кривые микроволновой сушки боярышника сорта Шамиль при мощности магнетрона, Вт: 1 – 300, 2 – 500, 3 – 700, 4 – 1000.

Аппроксимируя данные первого периода микроволновой сушки, вывели уравнения, подчиняются линейному закону. Для мощности магнетрона:

300 Вт –  $W = -0,756\tau + 202$  при  $R^2 = 0,98$ ;

500 Вт –  $W = -0,915\tau + 200$  при  $R^2 = 0,99$ ;

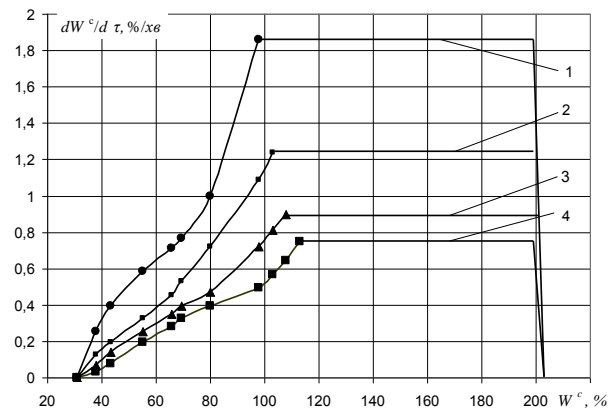
700 Вт –  $W = -1,246\tau + 202$  при  $R^2 = 0,99$ ;

1000 Вт –  $W = -1,87\tau + 203$  при  $R^2 = 0,98$ ,

где  $W$  - влажность, %;  $\tau$  - время, мин;  $R^2$  - коэффициент корреляции.

Аппроксимируя данные второго периода микроволновой сушки, вывели уравнения, подчиняющиеся логарифмическому закону.  
300 Вт –  $W = -64,2 \ln(\tau) + 417,25$  при  $R^2 = 0,99$ ;  
500 Вт –  $W = -52,4 \ln(\tau) + 340,8$  при  $R^2 = 0,98$ ;  
700 Вт –  $W = -49 \ln(\tau) + 312$  при  $R^2 = 0,98$ ;  
1000 Вт –  $W = -44,8 \ln(\tau) + 278$  при  $R^2 = 0,96$ ,

В результате обработки кривых микроволновой сушки полученные зависимости скорости сушки боярышника Шамиль от влажности (фиг. 4), позволяющие проанализировать характерные особенности боярышника. При выводе уравнения кинетики сушки из экспериментальных зависимостей  $dW / d\tau$  установили, что на первой стадии скорость сушки можно приближенно считать постоянной. С повышением температуры теплоносителя она возрастает от 0,75 кг / (кг • мин) (для 300 Вт) до 1,86 кг / (кг • мин) (на 1000 Вт).



**Фиг.4.** Кривые скорости микроволновой сушки боярышника сорта Шамиль при мощности магнетрона, Вт: 1 – 300, 2 – 500, 3 – 700, 4 – 1000.

Аппроксимируя данные второго периода скорости микроволновой сушки, вывели аппроксимационные уравнения, при мощности магнетрона:

300 Вт –  $dW / d\tau = 0,00002W^2 - 0,0063W - 0,213$  при  $R^2 = 0,99$ ;

500 Вт –  $dW / d\tau = 0,00004W^2 - 0,0054W - 0,19$  при  $R^2 = 0,98$ ;

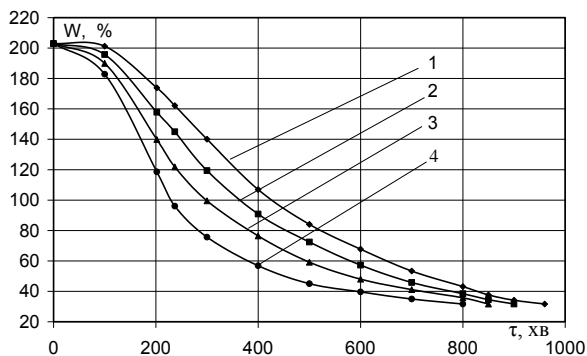
700 Вт –  $dW / d\tau = 0,0001W^2 - 0,0028W - 0,148$  при  $R^2 = 0,99$ ;



$1000 \text{ Вт} - dW / d\tau = 0,0002W^2 - 0,0051W + 0,068$  при  $R^2 = 0,98$ ,

На фиг. 5. представлены кривые кондуктивной сушки плодов боярышника сорта Шамиль при температурах теплоносителя в диапазоне 60 ... 90 °С. Из рисунка видно, что период прогрева боярышника, с ростом температуры теплоносителя с 60 до 100 °С соответственно уменьшается с 50 до 5 минут. Период постоянной скорости сушки наблюдается в первой критической точке. Аппроксимируя данные первого периода кондуктивной сушки, вывели уравнения, подчиняются линейному закону. Для температур теплоносителя:

$$\begin{aligned} 60 \text{ }^\circ\text{C} - W &= -0,318\tau + 236 \text{ при } R^2 = 0,997; \\ 70 \text{ }^\circ\text{C} - W &= -0,354\tau + 229 \text{ при } R^2 = 0,986; \\ 80 \text{ }^\circ\text{C} - W &= -0,459\tau + 234 \text{ при } R^2 = 0,98; \\ 90 \text{ }^\circ\text{C} - W &= -0,63\tau + 246 \text{ при } R^2 = 0,98, \end{aligned}$$



**Фиг.5.** Кривые кондуктивной сушки боярышника сорта Шамиль при температурах, °С: 1 – 60, 2 – 70, 3 – 80, 4 – 90.

Аппроксимируя данные первого периода кондуктивной сушки, вывели уравнения, подчиняются логарифмическому закону.

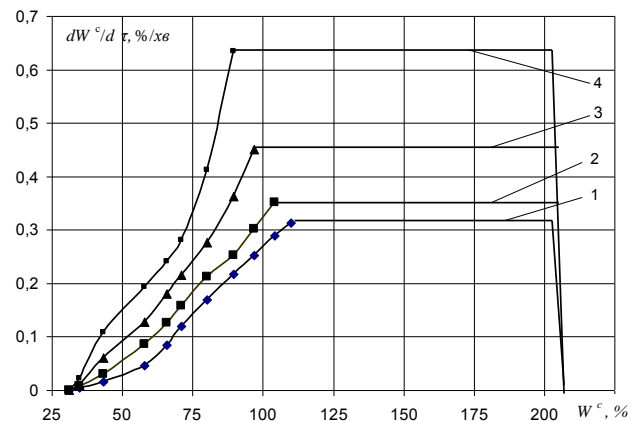
$$\begin{aligned} 60 \text{ }^\circ\text{C} - W &= -93,26 \ln(\tau) + 667 \text{ при } R^2 = 0,99; \\ 70 \text{ }^\circ\text{C} - W &= -84 \ln(\tau) + 600 \text{ при } R^2 = 0,98; \\ 80 \text{ }^\circ\text{C} - W &= -74 \ln(\tau) + 524 \text{ при } R^2 = 0,98; \\ 90 \text{ }^\circ\text{C} - W &= -60,5 \ln(\tau) + 427 \text{ при } R^2 = 0,94, \end{aligned}$$

В результате обработки кривых кондуктивной сушки полученные зависимости скорости сушки боярышника Шамиль от влагосодержания (фиг. 6), позволяющие проанализировать характерные особенности боярышника. При выводе

уравнения кинетики сушки из экспериментальных зависимостей  $dW / d\tau$  установили, что на первой стадии скорость сушки можно приближенно считать постоянной. С повышением температуры теплоносителя она возрастает от 0,313 кг / (кг • мин) (для 60 °С) до 0,64 кг / (кг • мин) (для 90 °С).

Проанализировав второй период кондуктивной сушки вывели аппроксимационные уравнения при температурах:

$$\begin{aligned} 60 \text{ }^\circ\text{C} - dW / d\tau &= 0,00003W^2 + 0,0001W - 0,038 \text{ при } R^2 = 0,98; \\ 70 \text{ }^\circ\text{C} - dW / d\tau &= 0,00003W^2 + 0,0011W - 0,065 \text{ при } R^2 = 0,97; \\ 80 \text{ }^\circ\text{C} - dW / d\tau &= 0,00005W^2 - 0,00005W - 0,0467 \text{ при } R^2 = 0,95; \\ 90 \text{ }^\circ\text{C} - dW / d\tau &= 0,0001W^2 - 0,0072W + 0,109 \text{ при } R^2 = 0,92, \end{aligned}$$

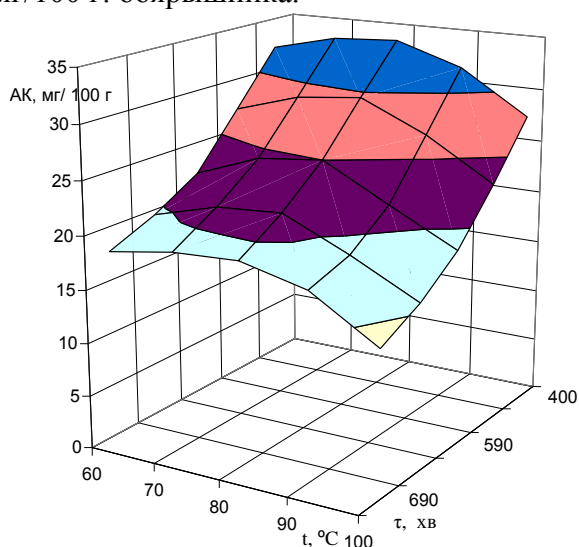


**Фиг.6.** Кривые скорости кондуктивной сушки боярышника сорта Шамиль при температурах, °С: 1 – 60, 2 – 70, 3 – 80, 4 – 90.

Важным критерием ценности плодов боярышника является наличие в них антиоксидантных веществ, одним из которых является аскорбиновая кислота (витамин С). Известно, что она обладает специфическими антирадиационными и противоокислительными свойствами, положительно действует на центральную нервную систему [3]. Известно, что аскорбиновая кислота активно участвует в различных обменах веществ и определяет их исключительно широкий спектр действия и множество показаний к применению

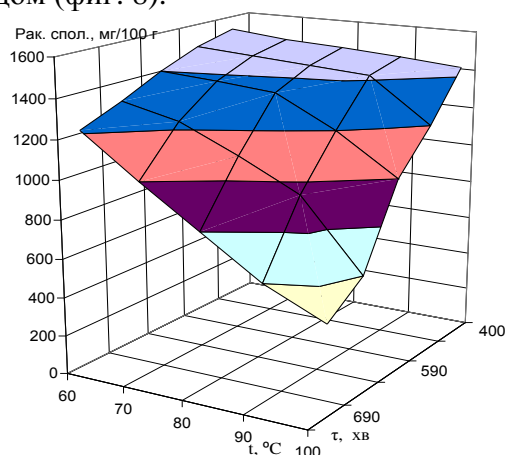
здоровыми и больными людьми. Она имеет сильные восстанавливающие свойства, а образованная при ее окислении дегидроаскорбиновая кислота прямопропорционально связана с антиоксидантными свойствами этого компонента [4]. Аскорбиновая кислота относится к водорастворимым веществам (витаминам), но под действием любой тепловой обработки, в том числе при сушке, быстро окисляется. Известно, что плоды боярышника перерабатываются в течение длительного времени после сбора урожая. В связи с чем остро встал вопрос изучения сохранности витамина С в плодах после процесса переработки. В проведенных экспериментальных исследованиях при различных температурах и способах сушки, а также в заданном интервале времени, исследовали изменение содержания аскорбиновой кислоты, как наиболее термолабильного показателя витаминной ценности боярышника.

Как видно из фиг. 7, снижение содержания аскорбиновой кислоты происходит как при увеличении температуры теплоносителя так и при увеличении продолжительности сушки от 34 до 13,6 мг/100 г боярышника.



**Фиг.7.** Содержание аскорбиновой кислоты в плодах боярышника сорта Шамиль, высушенных конвективным методом, мг/100 г.

Известно [2], что полифенолы являются активными метаболитами и играют важную роль в различных физиологических функциях, в том числе устойчивость к инфекционным заболеваниям. От содержания полифенолов зависит окраска, аромат и вкус плодов. Нами установлена зависимость общего количества полифенолов в плодах боярышника сорта Шамиль, высушенных конвективным методом (фиг. 8).

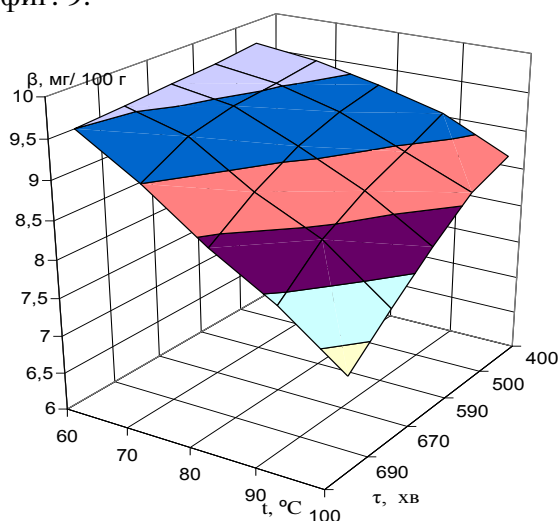


**Фиг.8.** Содержание количества полифенолов в плодах боярышника сорта Шамиль, высушенных конвективным методом, мг/100 г.

Снижение содержания полифенолов происходит как при увеличении температуры теплоносителя так и при увеличении продолжительности сушки от 1530 до 462 мг/100 г боярышника.

Одним из главных компонентов сырья, что придает ей физиологической ценности, являются каротиноиды. Каротиноиды - наиболее распространенный класс природных пигментов, которые относятся к тетротирпенов. В дикорастущих редких представителях плодовых, каротиноиды находятся в виде провитамина А, который еще называют β - каротином. Эти пигменты обладают антиоксидантными и радиопротекторными свойствами, имеют большое влияние на организм человека, в частности, защищают кожу от заболеваний раком. Дефицит каротина в рациональном питании в Украине составляет 40% (по данным ВОЗ). Поэтому крайне важным является использование природных

источников, богатых каротином, для получения лекарственных препаратов и лечебно - профилактических продуктов. Установлено, что плоды дикорастущих сортов боярышника имеют в своем составе достаточно большое количество каротина. Результаты исследования изменения содержания каротина в плодах боярышника в процессе действия различных температур и разной продолжительности во время сушки конвективным методом, представлены на фиг. 9.



**Фиг.9. Содержание каротина в плодах боярышника сорта Шамиль, высушенных конвективным методом, мг/100 г.**

Снижение содержания каротина происходит при увеличении температуры теплоносителя и при увеличении продолжительности сушки от 9,7 до 7,25 мг/100 г. боярышника.

По плану полного 3-х факторного эксперимента были проведены опыты, в ходе которых определяли содержание аскорбиновой кислоты, содержание общего количества полифенольных соединений, содержание каротина в плодах боярышника сорта «Шамиль» после сушки конвективным методом, а также содержание витаминов и общего количества полифенольных соединений от времени хранения в картонно-бумажной таре в течение двенадцати месяцев.

В связи с тем, что зависимости содержания аскорбиновой кислоты  $X_1$ ,

содержание полифенольных соединений  $X_2$  и каротина  $X_3$  от температуры носят нелинейный характер и могут быть представлены в виде уравнения  $Y=A \cdot X_1^{n1} \cdot X_2^{n2} \cdot X_3^{n3}$ , то наиболее целесообразно показатели степени в уравнениях определять с помощью метода планирования эксперимента, при котором одновременно варьируются логарифмы всех независимых переменных. Для расчета коэффициентов регрессии линейных уравнений были составлены матрицы планирования и осуществлена обработка и проверка адекватности полученных уравнений, имеют вид:

$$AK = 24,6 t^{-1,0804} \cdot \tau_1^{-1,1646} \tau_2^{-1,4805} t \tau_1^{-2,0969}$$

$$П = 839,1369 t^{-1,0245} \cdot \tau_1^{-1,0558} \tau_2^{-1,7848}$$

$$\beta = 8,47 t^{-1,0041} \cdot \tau_1^{-1,0025} \tau_2^{-1,5171}$$

### Заключение

1. Доказано, что параметром качества сушки при интенсивном обезвоживании с использованием высоких температур сушильного агента является сохранение термолабильных витаминов, основное влияние на которые имеет температура.

2. Определены предельно допустимые температуры и продолжительности процесса сушки, которые обеспечивают сохранность витаминной ценности и цветовой гаммы готовой продукции.

3. Установлено значительное антиоксидантное свойство плодов боярышника и продуктов его переработки, указывает на перспективу их использования в качестве естественных антиоксидантов и производстве продуктов функционального назначения.

### Литература

1. Скорикова Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов / Ю.Г. Скорикова. - М.: Пищевая промышленность, 1973. - 203 с.

2. Мурадов М.С. Изучение свойств полифенольных соединений плодов бузины и боярышника / М.С. Мурадов, Т.Н. Даудова, Л.А. Рамазанова // Материалы всерос.науч.-практ. конф. «Химия и технологии в



медицине». - Махачкала; ДГУ, 2001. - С. 214-216.

3. Рязанова О.А. Биохимический состав ягод боярышника, произрастающего в Кемеровской области / А.А. Рязанова, Ю.В. Третьякова / / Хранение и переработка сельхозсырья. - 2005. - № 6. - С. 56-57.

4. Гудковский В.А. Антиокислительные (целебные) свойства плодов и ягод и прогрессивные методы их хранения / В.А. Гудковский / / Хранение и переработка сельхозсырья. - 2001. - № 4. - С.13-19.