

«Победа», 2012. – С. 77–78, 82–84, 412.

18. Созинов, О. В. Сезонная и годовичная изменчивость содержания биологически активных веществ в коре *Salix viminalis* (Salicaceae) в Беларуси / О. В. Созинов, Н. А. Кузьмичева // Растительные ресурсы. – 2016. – Т. 52, вып.4. – С. 610–619.

Адрес для корреспонденции:

210009, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
УО «Витебский государственный ордена
Дружбы народов медицинский университет»,
кафедра фармакогнозии с курсом ФПК и ПК,
тел. раб.: 8 (0212) 64-81-78,
e-mail: kuzm_n-a@mail.ru,
Кузьмичева Н. А.

Поступила 07.02.2020 г.

УДК 615.322:581.19

Е. К. Минькевич¹, Н. В. Корожан², Г. Н. Бузук²

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СУШКИ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ЦВЕТОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЫРЬЯ

¹РУП «БЕЛФАРМАЦИЯ», г. Минск, Республика Беларусь

²Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,
г. Витебск, Республика Беларусь

Цель – изучить влияние условий сушки на содержание фенольных соединений и цветочные параметры листьев березы.

Установлено, что изменение температуры сушки листьев березы практически не влияет на содержание суммы фенольных соединений: значимые различия отмечены только для лекарственного растительного сырья, подвергшегося сушке при температуре 40 °С.

*В то же время повышение температуры сушки приводит к нелинейным изменениям цветовых параметров листьев березы: цветового канала **a** и «необычных» соотношений каналов для Lab цветового пространства (**Lab1**, **Lab2**, **Lab3**) в сторону снижения, цветового тона **H** и цветового канала **H2** – в сторону увеличения. Для других цветовых параметров достоверные связи не обнаружены.*

*Между содержанием фенольных соединений в листьях березы и такими параметрами, как насыщенность **C**, цветовые каналы **B**, **b**, **S** имеются высокие уровни связи, близкие к линейным. Это позволяет по цветовым параметрам листьев березы прогнозировать возможное изменение содержания фенольных соединений.*

Ключевые слова: листья березы, сушка, фенольные соединения, цветовые параметры.

ВВЕДЕНИЕ

Интерпретация цифровых изображений и оценка цветовых параметров являются перспективным, развивающимся направлением в анализе растений, растительного покрова и лекарственного растительного сырья (ЛРС). В настоящее время разработаны методики определения цветовых параметров, позволяющие провести мониторинг состояния растений и спрогнозировать урожайность, выявить заболевания растений, определить состав ЛРС или сбора, оценить изменчивость качества

сырья по критерию «цвет» при хранении [1–4].

Также было показано, что, используя цветовые параметры, можно определять содержание различных групп красящих и биологически активных веществ (БАВ) в ЛРС методом денситометрии, в том числе с применением сканера [5–8].

В настоящее время также возрастает интерес к исследованиям, направленным на установление связей цветовых параметров с другими показателями качества сырья, в том числе с содержанием действующих веществ. При этом определено, что

наибольшее число таких связей выявлено для листьев, наименьшее – для корневищ с корнями [9–10].

Целью данной работы является изучение влияния условий сушки на содержание фенольных соединений и цветовые параметры листьев березы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования использовали легкодоступный вид ЛРС – листья березы. ЛРС было заготовлено в 2018 году в г. Столине Брестской области.

Сушку листьев березы осуществляли не позднее, чем через 1 час после заготовки, раскладывая тонким слоем (не более 5 мм). Для сушки использовали электросушилку River KYS-329B при температуре 35, 40, 50, 60 и 70 °С. Для сравнения использовали листья березы, подвергшиеся естественной сушке (тонким слоем не более 5 мм при температуре 20 ± 2 °С). Сырье считали высушенным, если листья растерлись между пальцами.

Так как основной группой действующих веществ листьев березы, обеспечивающей широкий спектр фармакологической активности данного вида ЛРС, являются флавоноиды, а также в связи с высоким содержанием хлорогеновой и других органических кислот [11–12] в эксперименте определяли сумму фенольных соединений.

Содержание фенольных соединений устанавливали с помощью методики

определения полифенольных соединений общей статьи «Определение дубильных веществ» Государственной фармакопеи Республики Беларусь [13]. Для получения исследуемых экстрактов использовали листья березы, измельченные до размера частиц 1 мм. В качестве экстрагента применяли спирт *P* 70 % (об/об). Соотношение сырья и экстрагента составляло 1 : 40, время экстракции на водяной бане – 15 мин. Содержание суммы полифенольных соединений рассчитывали в пересчете на галловую кислоту.

Для определения цветовых характеристик сырья порошки помещали в пластиковый планшет с контейнерами диаметром 3 см, выравнивали поверхность и слегка уплотняли постукиванием по дну планшета, а затем сканировали в затемненном месте на планшетном сканере EPSON Perfection 1270 (RGB, 24 bit, 400 dpi) при открытой крышке. Обработку результатов проводили с использованием компьютерной программы ImageJ.

Полученные **RGB** (Red-Green-Blue) изображения конвертировали в цветовую модель **Lab** (Lightness - **a** (green-red) – **b** (cyan-yellow) и **HSI** (Hue-Saturation-Intensity) (рисунок 1).

Из каждого изображения выделяли равные по площади фрагменты, для которых затем рассчитывали средние значения интенсивности отдельно по **R**, **G**, **B**, **L**, **a**, **b** и **H2**, **S**, **I** каналам для **RGB**, **Lab** и **HIS** цветовых моделей соответственно.

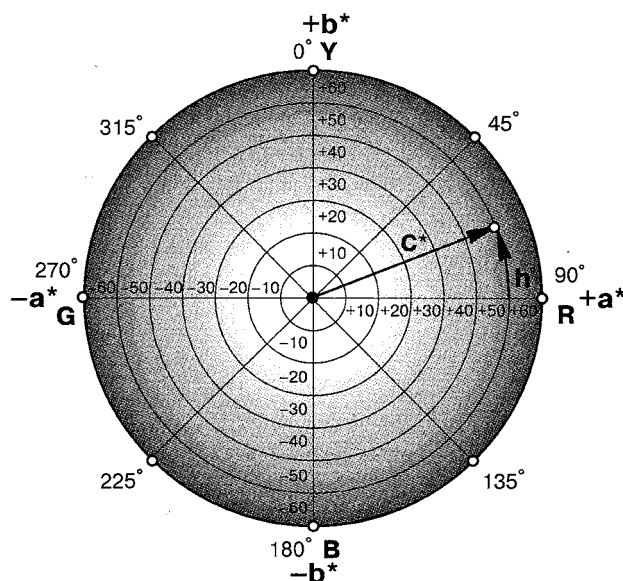


Рисунок 1. – График цветового пространства **Lab** в полярных координатах [14]

Кроме того, для модифицированной модели **CIE Lab** путем трансформации координат цветности из прямоугольной в полярные координаты рассчитывали цветовой тон (**H**) и насыщенность (**C**) по уравнениям 1 и 2.

$$H = (180/\pi) \cdot \tan^{-1}(b/a) \quad (1)$$

$$C = (a^2 + b^2)^{0.5} \quad (2)$$

Также были рассчитаны некоторые «необычные» соотношения каналов для **Lab** цветового пространства (уравнения 3–6) [15].

$$Lab1 = a \cdot b \quad (3)$$

$$Lab2 = a/b \quad (4)$$

$$Lab3 = 1000 \cdot a/(L+b) \quad (5)$$

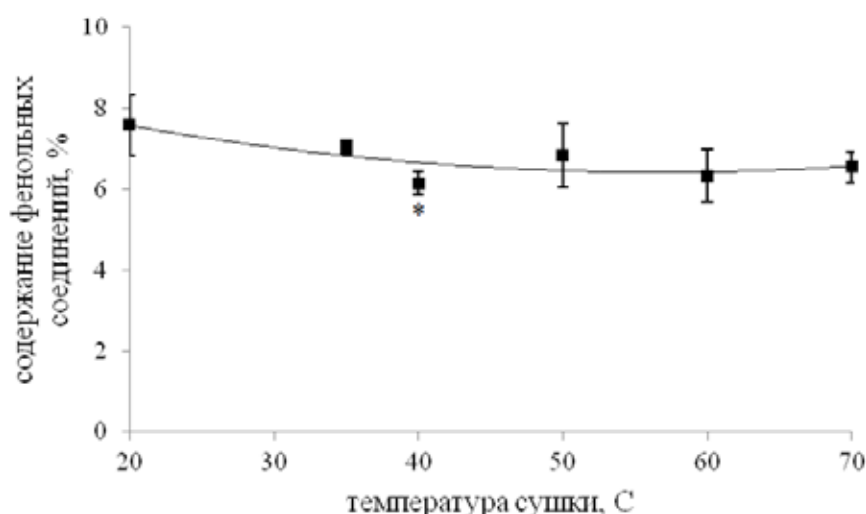
$$Lab4 = 2000 \cdot a/(L \cdot b) \quad (6)$$

Используя в качестве независимых переменных содержание фенольных соединений и температуру сушки, а в каче-

стве зависимых – средние значения для **R**, **G** и **B**, **L**, **a**, **b**, **H** и **C**, **H2**, **S**, **I** каналов и их отношений, рассчитывали уравнения регрессии для полиномов первой и второй степени. Об адекватности полученных уравнений регрессии судили по величине и достоверности коэффициента детерминации **D** ($pval < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Некоторые исследования уже оценивали влияние условий сушки на содержание БАВ в листьях березы. Однако они больше касались сравнения различных видов сублимационной сушки и естественной сушки [12, 16]. В нашей работе использована воздушная сушка при различных температурах. В таких условиях содержание суммы фенольных соединений в листьях березы, высушенных при температуре 40 °С, было значительно ниже, чем в лекарственном растительном сырье, подвергнутому естественной сушке. Значимых различий в содержании суммы фенольных соединений между естественной сушкой и сушкой при других температурах не выявлено (рисунок 2).



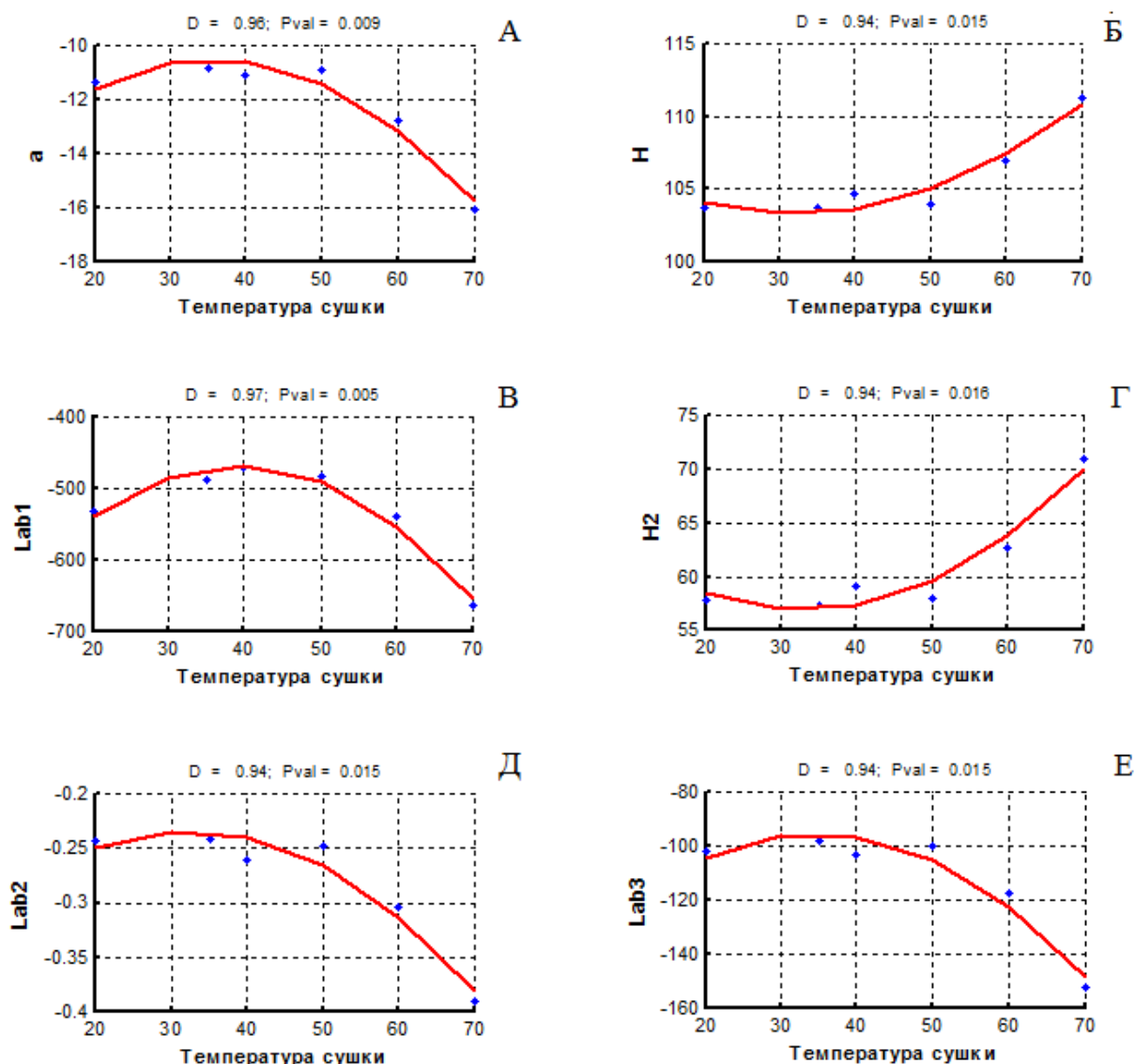
(* – статистически значимое различие)

Рисунок 2. – Зависимость содержания фенольных соединений от температуры сушки

Вторым важным критерием качества ЛРС является его цвет. Было замечено, что повышение температуры сушки несколько изменяет цвет листьев березы, придавая ему коричневые оттенки различной степени выраженности. Для количественной оценки связи изменения цвета исследуемого ЛРС в зависимости от температуры

сушки определяли параметры каналов в **RGB**, **Lab** и **HSI** цветовом пространстве, а также «необычные» отношения **Lab** каналов. Полученные данные представлены на рисунке 3.

Как видно из представленных на рисунке 3 данных, с повышением температуры сушки цветовые параметры листьев



А – канал *a* модели Lab, Б – цветовой тон *H*, В – соотношение каналов Lab1, Г – канал *H2* модели HIS, Д – соотношение каналов Lab2, Е – соотношение каналов Lab3

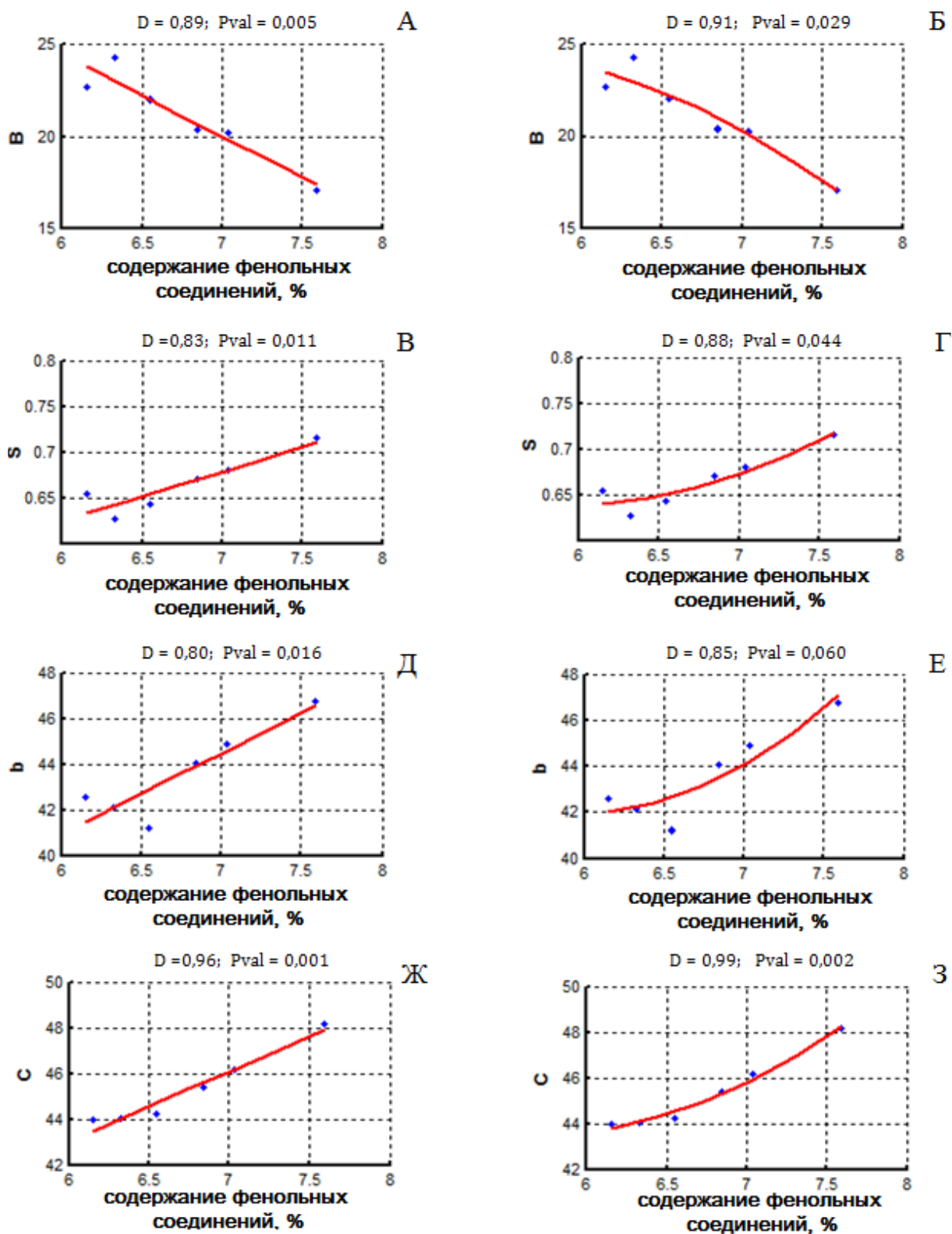
Рисунок 3. – Зависимости цветовых параметров порошка листьев березы от температуры сушки

березы изменяются нелинейно: **a**, **Lab1**, **Lab2**, **Lab3** в сторону снижения, в то время как **H** и **H2** – в сторону увеличения. Для других цветовых параметров достоверные связи не обнаружены.

Для определения возможной связи между цветовыми параметрами листьев березы, высушенных при различных температурах, и содержанием в них фенольных соединений (%) также были рассчитаны уравнения регрессии и построены графики линейной зависимости и полинома второй степени. Результаты с наибольшим значением коэффициента детерминации представлены на рисунке 4.

Из представленных на рисунке 4 данных видно, что между содержанием фенольных соединений в листьях березы и насыщенностью *S* имеется сильная линейная зависимость ($D = 0,96$, $pval = 0,001$). Кроме того, высокие уровни связи, близкие к линейным, выявлены между содержанием фенольных соединений и такими цветовыми параметрами листьев березы, как **B**, **b**, **S**.

Это обстоятельство позволяет по цветовым параметрам растительного сырья после сушки прогнозировать изменение содержания в нем фенольных соединений.



А – линейная зависимость канала В модели RGB; Б – полиномиальная зависимость канала В модели RGB;
 В – линейная зависимость канала S модели HIS; Г – полиномиальная зависимость канала S модели HIS;
 Д – линейная зависимость канала b модели Lab; Е – полиномиальная зависимость канала b модели Lab;
 Ж – линейная зависимость насыщенности C; З – полиномиальная зависимость насыщенности C
 Рисунок 4. – Зависимости цветовых параметров порошка листьев березы от содержания фенольных соединений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что изменение температуры сушки листьев березы влияет на содержание суммы фенольных соединений и цветовые параметры данного вида лекарственного растительного сырья.

Содержание суммы фенольных соединений в листьях березы, высушенных при температуре 40 °С, было значимо ниже, чем в ЛРС, подвергшемся естественной сушке. Значимых различий в содержании суммы фенольных соединений между естественной сушкой и сушкой при температурах 35 и 50–70 °С не выявлено. С повышением температуры сушки цветовые параметры листьев березы **a**, **Lab1**, **Lab2**, **Lab3**, **H** и **H2** изменяются нелинейно; для других цветовых параметров достоверные связи не обнаружены.

Между содержанием фенольных соединений в листьях березы и насыщенностью **C** имеется сильная линейная зависимость ($D = 0,96$, $pval = 0,001$); высокие уровни связи, близкие к линейным, выявлены также между содержанием фенольных соединений и такими цветовыми параметрами листьев березы, как **B**, **b**, **S**.

Таким образом, по цветовым параметрам листьев березы возможно прогнозировать изменение содержания в них фенольных соединений.

SUMMARY

E. K. Minkevich, N. V. Karazhan,
G. N. Buzuk

INFLUENCE OF DRYING CONDITIONS OF BIRCH LEAVES ON THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS AND COLOR PARAMETERS OF RAW MATERIAL

The aim is to study the effect of drying conditions on the content of phenolic compounds and color parameters of birch leaves.

It was found that change in the temperature of drying birch leaves practically does not affect the content of the sum of phenolic compounds: significant differences are marked only for medicinal plant raw material dried at the temperature of 40 °C.

At the same time the increase in the drying temperature leads to nonlinear changes in the color parameters of birch leaves: color channel “**a**” and “unusual” channel ratios for Lab color space (**Lab1**, **Lab2**, **Lab3**) downwards

and color tone **H** and color channel **H2** – upwards. There are no reliable relationships for other color parameters.

There are high levels of relationship close to linear ones between the content of phenolic compounds in birch leaves and such parameters as saturation **C**, color channels **B**, **b** and **S**. This allows to predict a possible change in the content of phenolic compounds by the color parameters of birch leaves.

Keywords: birch leaves, drying, phenolic compounds, color parameters.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буре, В. М. Анализ характеристик цвета растений по аэрофотоснимкам с различными факторами качественных показателей / В. М. Буре, Е. В. Канат, О. А. Митрофанова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2017. – № 3 (13). – С. 278–285.

2. Денисюк, В. С. Алгоритмы выделения особенностей на изображениях с целью классификации заболеваний растений / В. С. Денисюк // Конструирование и оптимизация параллельных программ. – Новосибирск: Ин-т систем информатики имени А. П. Ершова СО РАН, 2008. – С. 71–82.

3. Иванкова, М. Н. Изучение динамики цветовых параметров порошкового лекарственного растительного сырья при длительном хранении / М. Н. Иванкова, Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2013. – № 2 (60). – С. 34–39.

4. Вернигорова, М. Н. Цветометрическая методика определения компонентного состава порошков травы череды трехраздельной (*Bidens tripartita* L.) / М. Н. Вернигорова, Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2013. – № 4 (62). – С. 28–33.

5. Герасимов, А. В. Применение программы «Colors» для определения цветовых параметров растительного сырья / А. В. Герасимов, Я. С. Бурягина // Материалы Всероссийского семинара «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья», 28–29 марта 2002 г. – Барнаул. – 2002. – С. 126–129.

6. Ёршик, О. А. Применение сканера и компьютерных программ цифровой обработки изображений для количественного определения фенольных соединений корневищ с корнями сабельника болотного /

О. А. Ёршик, Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2008. – № 4. – С. 6–12.

7. Погоцкая, А. А. Применение сканера и компьютерных программ цифровой обработки изображений для количественного определения алкалоидов в листьях маклейи сердцевидной / А. А. Погоцкая, Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2009. – № 4. – С. 32–38.

8. Корожан, Н. В. Разработка методики количественного определения дубильных веществ в лекарственном растительном сырье денситометрическим методом / Н. В. Корожан, Т. А. Галаницкая // Сборник научных работ студентов Республики Беларусь «НИРС-2011». – 2012. – С. 341–342.

9. Ёршик, О. А. Взаимосвязь содержания проантоцианидинов, фенольных соединений с цветовыми параметрами листьев, корневищ с корнями сабельника болотного при ускоренном старении / О. А. Ёршик, Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2009. – № 1. – С. 28–41.

10. Погоцкая, А. А. Изменчивость алкалоидного состава листьев маклейи сердцевидной (*Macleaya Cordata*) в процессе ускоренного старения / А. А. Погоцкая, Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2010. – № 3 (49). – С. 40–48.

11. Antioxidant Activity of Dry Birch (*Betula Pendula*) Leaves Extract / D. Penkov [et al]. // Folia Med (Plovdiv). – 2018. – Vol. 4, Is. 60. – P. 571–579.

12. Keinanen, M. Effect of Sample Preparation Method on Birch (*Betula pendula* Roth) Leaf Phenolics / M. Keinanen, R. Julkunen-

Tiitto // J. Agric. Food Chem. – 1996. – Vol. 44. – P. 2724–2727.

13. Государственная фармакопея Республики Беларусь (ГФ РБ II): Разработана на основе Европейской фармакопеи. В 2 т. Т. 1. Общие методы контроля лекарственных средств / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Шерякова. – Молодечно: Тип. «Победа», 2012. – 1220 с.

14. Домасев, М. В. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения / М. В. Домасев, С. П. Гнатюк // СПб.: Питер, 2009. – 224 с.

15. Usual and unusual CIELAB color parameters for the study of peat organic matter properties: Tremoal do Pedrido bog (NW Spain) / P. Sanmartín [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: 23rd Congress of the International Commission for Optics (ICO 23). – 2015. – P. 1–8.

16. Tegelberg, R. Dry-air drying at room temperature – a practical pre-treatment method of free leaves for quantitative analyses of phenolics? / R. Tegelberg, V. Virjamo, R. Julkunen-Tiitto // Phytochemical analysis. – 2018. – Vol. 29, Is. 5. – P. 493–499.

Адрес для корреспонденции:

210009, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
УО «Витебский государственный ордена
Дружбы народов медицинский университет»,
декан фармацевтического факультета,
тел. раб.: 8 (0212) 60 14 05,
Корожан Н. В.

Поступила 21.02.2020 г.