

УДК 661.162.63:001.891.5

Експериментальні дослідження процесів сушіння лікарських рослин

Д. В. Гузик¹, О.Б. Борщ², А. В. Рибалка³

¹к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна, guzkd64@ukr.net

²к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна, borshtch@ukr.net

³магістрант, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна, toha.rubalka@gmail.com

Анотація. Розглянуто проблеми сушіння та зберігання лікарської рослинної сировини. Показано, що сушіння є найбільш простим і економічним методом консервування лікарської сировини, що забезпечує збереження біологічно активних речовин. Зроблено аналіз останніх досліджень та публікацій, що були присвячені розгляду теоретичних і практичних аспектів розвитку сушіння лікарських рослин і висвітлені в працях як вітчизняних так і зарубіжних вчених. Наведені головні вимоги до сушильних установок. Розглянуто способи сушіння лікарської рослинної сировини. Сформульовані цілі і необхідність проведення експериментів щодо дослідження впливу змін температури повітря і швидкості його руху на процес сушіння. Визначені головні умови отримання на виході якісної сировини за короткий проміжок часу з мінімальними енерговитратами. Представлено конструкцію камерної конвективної сушарки в якій проводилися досліді в лабораторії кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Наведено результати її перевірки на аеродинамічні та теплотехнічні показники. Проведені досліді з сушіння кропиви, їхній аналіз та порівняння. Обрано найбільш доцільний варіант сушіння кропиви. Зроблені основні висновки за результатами проведених експериментів. Показано необхідність і перспективи подальших досліджень з сушіння лікарських рослин.

Ключові слова: природне сушіння, конвективне сушіння, сушильна камера, лікарська рослинна сировина.

Вступ. Протягом останніх років має місце тенденція до зростання попиту споживачів на лікувально-профілактичні засоби природного походження. Більша частина лікарської рослинної сировини використовується в медицині та в інших галузях промисловості у висушеному вигляді. У зв'язку з цим постає проблема сушіння та зберігання лікарської рослинної сировини.

Актуальність дослідження. Процес сушіння використовується як найбільш простий і економічний метод консервування лікарської сировини, що забезпечує збереження біологічно активних речовин. Також це дає змогу збільшити термін придатності продукції та дозволяє зменшити об'єми приміщень для її зберігання. Процес сушіння потрібно проводити не пізніше ніж через 1-2 години після заготівлі сировини, що дає можливість максимально зберегти її зовнішній вигляд і корисні речовини, та не виходити за рамки рекомендованого температурного режиму.

Останні дослідження та публікації. Теоретичні й практичні аспекти розвитку сушіння лікарських рослин висвітлені в працях вітчизняних і зарубіжних вчених: І. В. Кузнєцова, Т. В. Мірзоева, Я. Д. Ярош, С. В. Філенко, О. О. Аннамухаммедова, А. О. Аннамухаммедов та інші.

До сушильних установок висувається достатньо багато вимог, а саме:

- забезпечення рівномірного сушіння та отримання високоякісної продукції у всьому об'ємі сушильної камери;
- конструкція сушарки повинна мати мінімальні габарити з мінімальними витратами на матеріал, із якого вона виготовляється;
- сушильна установка повинна бути простою в обслуговуванні;
- на процес сушіння одного кілограму сировини повинно бути затрачено мінімальну кількість енергоресурсів.

Одним з основних факторів, що характеризує сушильну установку, є рівномірність сушіння. Для зменшення тривалості процесу сушіння потрібно здійснювати процеси зовнішнього тепло- та масообміну [1, 2]. Ефективність сушильних установок залежить від таких факторів як:

- комбіновані методи енергопідведення;
- раціональне включення сушильних установок в енергетичну та теплову схеми підприємства;
- невисока температура агента сушіння;
- вибір методів та режимів сушіння;
- вибір типу установки.

При проектуванні сушильної установки

використовуються основні принципи технології сушіння. Залежно від сировини та об'ємів сушіння вибирається тип сушильної установки та здійснюється її проектування для потрібних цілей [3].

Методи сушіння лікарських рослин поділяють на дві групи: сушіння природною теплою, без штучного підігрівання (повітряно-тіньове, сонячне); сушіння зі штучним підігріванням (теплове); сушіння під вакуумом; сушіння в середовищі рідкого азоту.

Повітряно-тіньове сушіння ведеться під наметами, на пристосованих горищах, краще під залізним дахом у спеціально обладнаних приміщеннях. Головні вимоги – максимальне використання теплоти сонячних променів і сбалансована вентиляція. Місця для сушіння зазвичай обладнують стелажми з полотном або металевою сіткою. Сировину розкладають на рамках тонкими прошарками, на верхніх полицях розміщують сировину, яку необхідно висушити швидше (квітки конвалії, трава горіцвіту, сировину, яка містить глікозиди). Ефіроолійну та іншу сировину, яка для сушіння потребує низької температури, розміщують на нижніх полицях таким чином, щоб її запах не поширювався на інші види сировини.

Сонячне сушіння, яке ведеться з використанням теплоти сонячних променів, є найбільш простим, енергоощадним і доступним методом. Але при цьому руйнується хлорофіл. Тому листки набувають бурого кольору, змінюється забарвлення багатьох квітів. Хоча ці зміни не завжди супроводжуються розкладанням активних речовин, зовнішній вигляд сировини погіршується, тому листя, трави і квіти слід сушити тільки повітряно-тіньовим способом.

Сонячне сушіння використовують без шкоди для коріння, кореневищ та кори, однак треба пам'ятати, що для глікозидомістких і деяких алкалоїдомістких видів сировини воно не придатне (у кореневищах таких рослин, як скополія та жовтозілля, зменшується кількість алкалоїдів). Цей метод використовується для досушування «зернових» видів сировини.

Теплове штучне сушіння використовують для висушування різних морфологічних груп сировини. Воно забезпечує швидке зневоднення та може бути використане за будь-яких кліматичних умов. За характером завантажування і вивантажування матеріалу та умовами проведення процесу сушарки поділяють на два типи: періодичної та безперервної дії. Сушарками періодичної дії є в основному каме-

рні, парові, вогневі, сонячні та електросушарки. Сушарки безперервної дії є стрічковими [4].

Численні конструкції сушарок можуть бути поділені на сушарки стаціонарні й переносні. Переносні сушарки бувають різної конструкції. Для сушіння соковитих ягід (малини, чорниці) найбільш придатні плодо- і овочесушарки.

Розрізняють конвективне та терморадіаційне сушіння. У сушарках конвективного типу, які найбільше поширені в промисловості, сушильним агентом пропонується використовувати нагріте повітря [5]. Для теплового сушіння лікарської рослинної сировини в сілських умовах використовуються печі.

Формулювання цілей статті. Метою проведення експериментальних досліджень з лікарською рослиною (кропивою) було визначення впливу зміни температури повітря (агента сушки) та його швидкості на процес сушіння, а також отримання на виході якісної сировини за короткий проміжок часу з мінімальними енергозатратами.

Дослідна установка. Для проведення дослідження процесу сушіння використовувалася камерна конвективна сушарка, яка знаходиться в лабораторії кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Загальний вид стенду зображено на рис. 1.

Основним елементом сушарки є камера рис. 2, всередині якої розташовують сировину, що залишається нерухомою протягом всього процесу сушіння [1].

Для регулювання швидкості потоку повітря в стенді використано вентилятор Systemair KV 160 M з частотно-регульованим двигуном. Для отримання необхідної температури повітря встановлено електричний калорифер AeroStar SEH 50-25/22,5. Цей калорифер має дев'ять тенів сумарною потужністю 22,5 кВт. При дослідженнях використовувалося лише три тени потужністю по 2,5 кВт кожен.

Огороджувальні конструкції сушильної камери виготовлені з деревини та обшиті з середини фольгою, що дає змогу зменшити променеві тепловтрати. У дверцятах камери влаштоване віконце для візуального спостереження за процесом та фіксації температури в об'ємі камери. Також стенд обладнаний трьома спиртовими термометрами, які дають змогу спостерігати за температурою без порушення температурного режиму [6].



Рис. 1. Загальний вид стенду: 1 – сушильна камера, 2 – повітряний нагнітач, 3 – електричний калорифер, 4 – спиртовий термометр, 5 – частотний регулятор обертів, 6 – оглядове віконце.



Рис. 2. Камера сушіння:
1 – лампа «холодного світла», 2 – спиртовий термометр, 3 – решітка для сировини.

Дослідження температурного режиму. Метою проведених досліджень було визначення можливості регулювання кількісно-якісних показників параметрів агента сушіння, а саме температури та витрати. Перший параметр регулюється увімкненням одного, двох або трьох ТЕНів сумарною тепловою потужністю, відповідно, 2,5, 5,0 та 7,5 кВт.

Другий параметр – це витрата повітря (регулюється за рахунок зміни швидкості руху), зміна якої здійснювалася за допомогою частотного перетворювача.

На кожному етапі проводилися заміри температури при зміні витрати повітря. Сам експеримент проводився в три етапи, при увімкненні одного, двох та трьох ТЕНів, відповідно. За результатами випробувань було побудовано графік зміни температури в камері залежно від швидкості агента сушіння (рис. 3) [6]. Крім того, були проведені обстеження сушильної камери за допомогою тепловізора з метою з'ясування питання рівномірності розподілу температури на поверхні робочої частини стенду. Результати фотофіксації цих випробувань наведені на рис. 4.

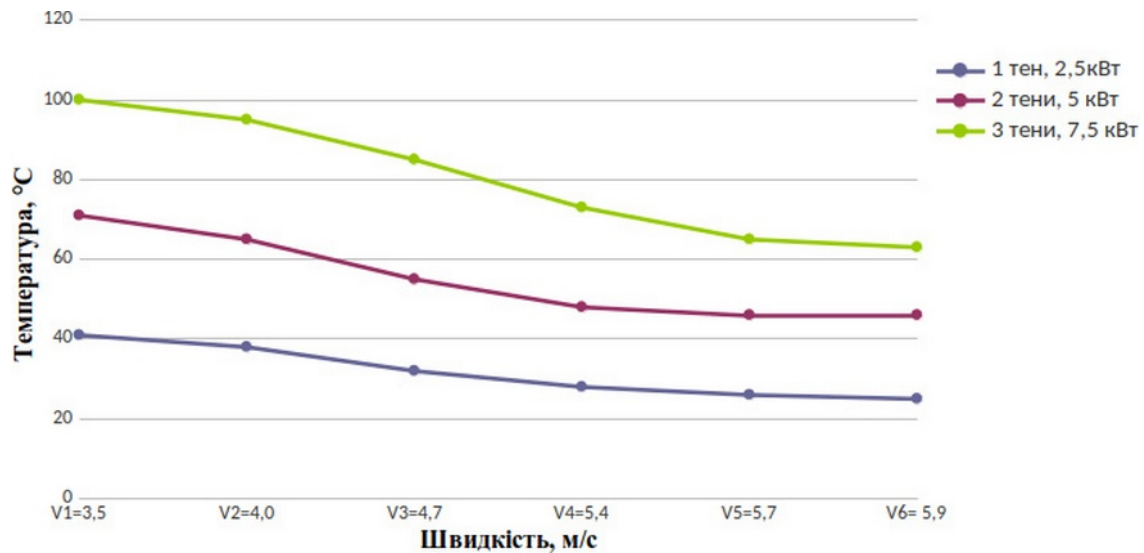


Рис. 3. Результати досліджень температурного режиму.

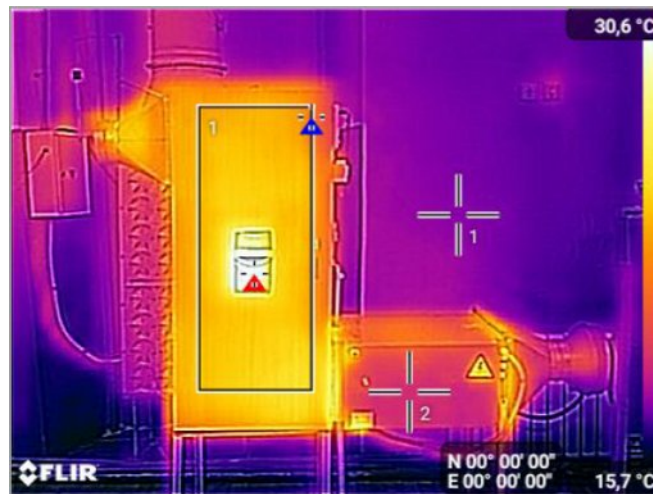


Рис. 4. Знімок стенду з тепловізора.

Дослідження аеродинамічних характеристик. Наступним кроком проводилося тестування аеродинамічних характеристик стенда з метою визначення «застійних зон».

Так, для перевірки розподілу повітряних потоків у сушильній камері були проведені лабораторні випробування з візуалізацією руху повітря через камеру. Для визначення розподілу потоків у різних площинах за висотою камери до сушильних рамок рівномірно були прикріплені короткі нитки.

Після розміщення сушильних рамок у всій висоті сушильної камери та увімкнення нагнітача через оглядове віконце були проведені візуальні спостереження з метою визначення «застійних зон» (рис. 5).

Досліди показали наявність таких зон. Для запобігання цих зон та задля рівномірного розподілу повітряних потоків у камері було встановлено шибер. Це надало можливості вирівняти епюру повітряного потоку у всій висоті

камери й одночасно проводити сушіння на всіх ярусах даного стенду [6].



Рис. 5. Зображення «Застійних зон».

Дослідження процесів сушіння. Для визначення рівня впливу швидкості потоку повітря та температури на процес сушіння було проведено ряд експериментів. Умовами кожного з експериментів були: стала теплова потужність, стала температура сушильного агента (повітря) протягом усього експерименту та однаковий проміжок часу сушіння. У результаті досліджень визначалась якість продукції і зміна її маси в часі. За основу було прийнято три години на проведення кожного досліді. Для сушіння було використано кропиву дводомну (рис. 6).



Рис. 6. Підготовка сировини для проведення експерименту.

Перші чотири експерименти були проведені при сталій тепловій потужності та температурі протягом експерименту, але при зміні швидкості повітря протягом усіх експериментів.

До початку кожного експерименту заздалегідь вмикався стенд для встановлення в сушильній камері сталого температурний режиму. Перед розміщенням в камері порції сировини її було попередньо зважено. У ході досліджень щогодини проводилося вимірювання маси сировини. Сировину на решітку було розкладено тонким шаром для більш рівномірного висушування за всією площею решітки. Отримані результати перших чотирьох досліджень (табл.) дозволяють проаналізувати протікання процесу сушіння. Для більш чіткого розуміння було побудовано загальний графік втрати маси в проміжку часу (рис. 7). При цьому масу сировини перераховано в процентному співвідношенні. За 100 % було взято початкову масу.

За графіками досліджень (рис. 7) найкра-

шим є варіант сушіння кропиви за умов досліді №1, а саме: при температурі 49°C (рекомендовано 40-60°C), та швидкості руху агента сушіння 3,7 м/с. При таких параметрах агента сушіння втрачається найбільше вологи. З точки зору технології сушіння не було виходу за межі рекомендованого температурного режиму. При проведенні всіх експериментальних досліджень витрачалася однакова кількість теплової енергії. Однак, судячи з графіка (рис. 7) близько 75 % вологи втрачається протягом першої години сушіння, а протягом 2 і 3 години втрачалася незначна кількість вологи. Отже, не доцільно проводити сушіння ще 2 години задля заощадження 2/3 теплової енергії.

За результатами проведених досліджень можна вважати, що перший дослід найбільше підходить для сушіння кропиви і з точки зору отримання якісної сировини за короткий проміжок часу з мінімальними енерговитратами.

Наступні п'ять експериментів були проведені аналогічно першим чотирьом, але в них застосовувалися два ТЕНи. При дослідженні температурних режимів сушарки було прийнято рішення не використовувати в експериментах три ТЕНи, оскільки температурний режим у камері виходив за рамки рекомендованого. Аналогічно першим дослідженням отримані дані (табл., рис. 8) дозволили зробити висновок, що при кожному досліді при застосуванні двох ТЕНів втрачається майже однакова кількість вологи. Крім того, спостерігається втрата близько 80 % вологи протягом першої години експерименту. З точки зору технології сушіння в п'ятому та шостому експериментах відбувся вихід за межі рекомендованого температурного режиму, а в сьомому, восьмому і дев'ятому досліді експерименти проходили за рекомендованої температури.

Для всіх експериментів цієї серії витрачено однакову кількість теплової енергії. У сьомому, восьмому і дев'ятому досліді близько 80 % вологи втрачається також протягом першої години сушіння. Таим чином, умови саме ці досліді забезпечують допустимі умови сушіння, оскільки не було порушення технології сушіння та отримано якісну сировину.

Висновки. Аеродинамічні випробування розробленої сушарки показують доцільність організації руху агента сушіння чітко у вертикальному напрямку (знизу догори) для запобігання утворення "застійних зон". Дослідження температурного режиму стенду показали можливість регулювання кількісно-якісних показників у досить великому діапазоні.

Таблиця 1.

Результати лабораторних досліджень										
Номер досліду		1	2	3	4	5	6	7	8	
Теплова потужність, кВт		2,5				5				
Середня температура, °С		49	46	40	39	76	65	57	51	
Швидкість, м/с		3,7	4,3	4,6	4,9	4,3	4,6	4,9	5,2	
Положення регулятора		1	2	3	4	2	3	4	5	
Маса, г	початкова	211	201	243	185	257	166	197	212	
	після 1 год.	83	115	157	106	64	47	72	59	
	після 2 год.	54	77	126	71	40	33	52	37	
	після 3 год.	42	60	98	57	33	28	43	29	

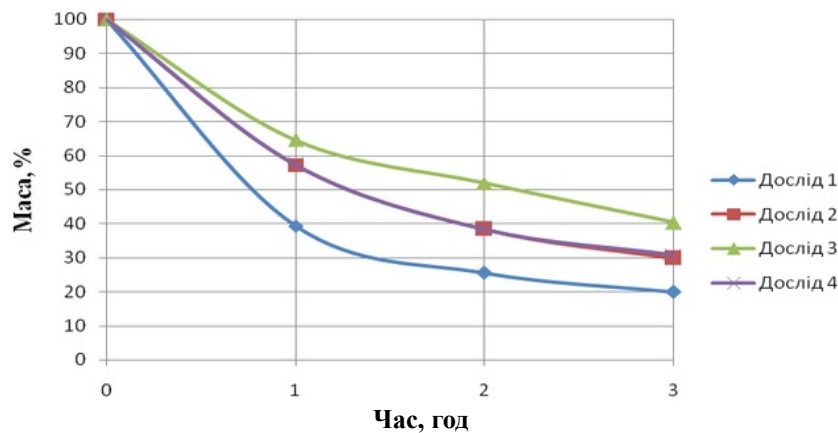


Рис. 7. Порівняльний графік втрати маси чотирьох експериментів

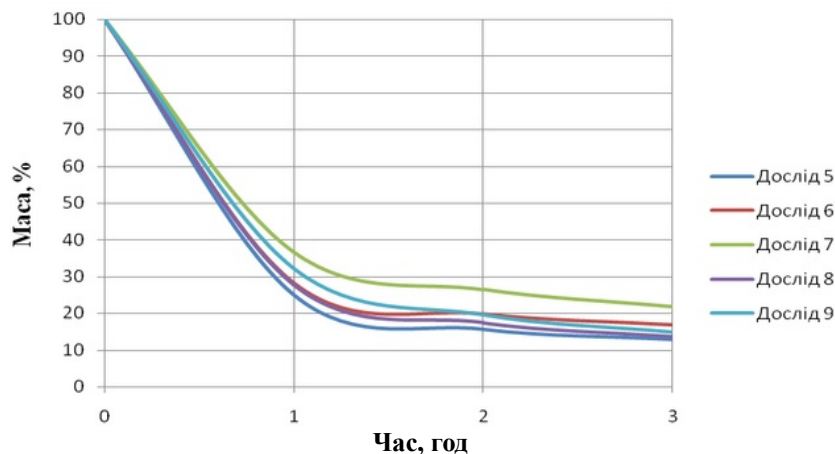


Рис. 8. Порівняльний графік п'яти експериментів

Визначений у результаті досліджень найбільш доцільний варіант сушіння кропиви дає якісну сировину за короткий проміжок часу та з мінімальними енергозатратами. Для коректного зняття показів зміни температури сировини необхідно удосконалити процес фіксації цього показника без порушення температурного режиму сушарки.

Перспективи подальших досліджень. Стенд буде вдосконалено шляхом покращення теплоізоляції сушильної камери, обладнання стенду стаціонарними вагами, щоб при зважуванні сировини щогодини не діставати її з камери [7]. Також буде розроблено комп'ютерну систему керування сушильною камерою, як наведено у [8], що зменшить трудомісткість.

Література

1. Ткаченко С. Й. Сушильні процеси та установки: навч. пос. / С. Й.Ткаченко, О. Ю. Співак. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 86 с. – URL: <http://tkachenko.vk.vntu.edu.ua/file/cda121b838067ae3ea7278d7f3afc556.pdf>
2. Borshch O. B. The non-stationary thermal mode for barrier building constructions in non-symmetric boundary conditions / O. B. Borshch, V. V. Borshch, D. V. Guzyk // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – Vol. 7, №3.2. – pp. 535-538.
3. Розробка проектів різних видів сушарок. / А.Ф. Строй, О.Б. Борщ, Р.С. Мягкохліб, Л.В. Гирман. – Каталог наукових розробок. – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – 165с.
4. Сушіння лікарської рослинної сировини. URL: <https://lifelib.info/botany/pharmaceutical/3.html>.
5. Тарасенко Т. А. Теоретичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів / Т. А. Тарасенко, В. В. Євлаш, О. В. Неміріч, О. М. Вашека, А. В. Гавриш, О. І. Кравченко // *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. – Том 17 № 4 (64). – 2015. – с. 148-158.
6. Гузик Д. В. Експериментальні випробування лабораторного стенда для дослідження процесів сушіння / Д. В. Гузик, М. П. Єршов // *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник*. – Вип. 27. – 2018. – с. 52-60.
7. Гузик Д. В. Лабораторні дослідження процесів сушіння лікарських трав при застосуванні примусової конвекції. Тези 71-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів (Полт НТУ 22 квітня – 17 травня 2019 р.) / Д. В. Гузик, А. В. Рыбалка. – 2019. – Том 2. – С. 180-181.
8. Комп'ютерна система керування сушильною камерою. URL: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/541/524>.

References

1. Tkachenko S. I., Spivak O. Yu. *Sushylni protsesy ta ustanovky*. VNTU, 2009. URL: <http://tkachenko.vk.vntu.edu.ua/file/cda121b838067ae3ea7278d7f3afc556.pdf>
2. Borshch O. B., Borshch V. V., Guzyk D. V. “The non-stationary thermal mode for barrier building constructions in non-symmetric boundary conditions.” *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7, №3.2. pp. 535-538.
3. Stroi A. F., Borshch O. B., Miahkokhlib R. S., Hyrman L. V. *Rozrobka proektiv riznykh vydiv susharok*. Katalog naukovykh rozrobok. PoltNTU, 2011. 165 p.
4. *Sushinnia likarskoi roslynnoi syrovyny*. URL: <https://lifelib.info/botany/pharmaceutical/3.html>.
5. Tarasenko T. A., Yevlash V. V., Niemirich O. V., Vasheka O. M., Havrysh A. V., Kravchenko O. I. “Teoretychne doslidzhennia sposobiv sushinnia ovochiv ta fruktiv.” *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho*. Tom 17 № 4 (64). 2015. pp. 148-158.
6. Huzyk D. V., Yershov, M. P. “Eksperymentalni vyprobuvannia laboratornoho stenda dlia doslidzhennia protsesiv sushinnia.” *Ventyliatsiia, osviltennia ta teplohozopostachannia: naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*. 2018. Vyp. 27. pp. 52-60.
7. Huzyk D. V., Rybalka A. V. “Laboratorni doslidzhennia protsesiv sushinnia likarskykh trav pry zastosuvanni prymusovoi konveksii.” *Tezy 71-oi naukovoї konferentsii profesoriv, vykladachiv, naukovykh pratsivnykiv, aspirantiv ta studentiv (Polt NTU 22 kvitnia – 17 travnia 2019 r.)*. 2019. Tom 2. C. 180-181.
8. *Kompiuterna sistema keruvannia sushylnoiu kamerou*. URL: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/541/524>.

УДК 661.162.63:001.891.5

Экспериментальные исследования процессов сушки лекарственных растений

Д. В. Гузик¹, Е. Б. Борщ², А. В. Рыбалка³

¹к.т.н., доцент, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, guzikd64@ukr.net

²к.т.н., доцент, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, borshch@ukr.net

³магистрант, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, toha.rubalka@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены проблемы сушки и хранения лекарственного растительного сырья. Показано, что сушка является наиболее простым и экономичным методом консервирования лекарственного сырья, обеспечивающим сохранение биологически активных веществ. Сделан анализ последних исследований и публикаций, посвящённых рассмотрению теоретических и практических аспектов развития сушки лекарственных растений, которые освещены в работах как отечественных так и зарубежных авторов. Приведены основные требования к

сушильным установкам. Рассмотрены способы сушки лекарственного растительного сырья. Сформулированы цели и задания проведения экспериментов по исследованию влияния изменений температуры воздуха и скорости его движения на процесс сушки. Также определены главные условия получения на выходе качественного сырья за короткий промежуток времени с минимальными энергозатратами. Представлена конструкция камерной конвективной сушилки, в которой проводились опыты в лаборатории кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и теплоэнергетики Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка. Приведены результаты её проверки на аэродинамические и теплотехнические показатели. Проведены опыты по сушке крапивы, их анализ и сравнение. Выбран наиболее целесообразный вариант сушки крапивы. Сделаны основные выводы по результатам проведённых экспериментов. Показана необходимость и перспективы дальнейших исследований сушки лекарственных растений.

Ключевые слова: естественная сушка, конвективная сушка, сушильная камера, лекарственное растительное сырьё.

UDC 661.162.63:001.891.5

Experimental Studies of Drying Processes of Medicinal Herbs

D. V. Guzyk¹, O. B. Borshch², A. V. Rybalka³

¹ PhD, docent, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University Poltava, Ukraine, guzkd64@ukr.net

² PhD, docent, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University Poltava, Ukraine, borshch@ukr.net

³ student, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University Poltava, Ukraine, toha.rubalka@gmail.com

Abstract. In recent years, there has been a trend of increasing consumer demand for natural health remedies. Most medicinal herbs are used in medicine and other industries in the dried form. Due to this, there is a problem of the drying and storage of medicinal herbs. The article is belongs to the task of drying and storage of medicinal herbs. The relevance of drying is proved - as the most simple and economical method of preserving medicinal raw materials ensuring the conservation of biologically active substances. It also increases the shelf life of the product and reduces the storage space. The drying process should be carried out no later than one-two hours after the raw material is harvested, which makes it possible to preserve its appearance and active substances as much as possible, and does not go beyond the recommended temperature regime. The analysis of recent studies and publications devoted to the consideration of theoretical and practical aspects of the development of medicinal herb drying has been made and highlighted in the works of both domestic and foreign scientists. The main requirements for drying the herbs are given. Methods of drying medicinal herbal materials are considered. The goals and the need for experiments to study the effect of changes in air temperature and its velocity on the drying process are formulated. The main conditions for obtaining high-quality raw materials at the output for a short period of time with minimal energy consumption are determined. The design of a chamber convective dryer in which experiments were carried out in the laboratory of the Department of Heat Gas Supply, Ventilation and Heating of the Poltava National Technical Yuri Kondratiuk University is presented. The results of its verification for aerodynamic and thermal performance are presented. Carrying out experiments on drying nettles, their analysis and comparison. The most appropriate option for drying nettles was selected. The main conclusions are drawn from the results of field laboratory experiments. The necessity and prospects of further research on the drying of medicinal plants are proved.

Keywords: natural drying, convective drying, drying chamber, medicinal plant raw materials.

Надійшла до редакції / Received 05.09.2019.