

палива та енергії в цілому, і є недоцільним, оскільки енерговитрати пов'язані з внесенням подвійної норми добрив не переक्रиваються збільшенням виходу біопалива.

**Бібліографія**

1. Ганженко О.М. Цукрове сорго / О.М. Ганженко // The Ukrainian Farmer. – 2012. – № 10. – С. 42 – 44.
2. Демиденко Б. Г. Сорго / Б. Г. Демиденко – М.: Сельхозиздат, 1957. – 158 с.
3. Курило В.Л. Продуктивність сахарного сорго как сырья для производства биотоплива / В.Л. Курило, А.Н. Ганженко, Л.А. Герасименко // Сахарная свёкла. – 2013. – № 4. – С. 38 – 41.
4. Кадыров С.В. Сорго / С.В. Кадыров, В.А. Федотов, А.З. Большаков и др. – Ростов – на – Дону: Ростиздат, 2008. – 80 с.
5. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур / [За ред. В.В. Вовкодава]. – К., 2001. – 65 с. – (вип. 2).
6. Методичні рекомендації з визначення площі листової поверхні цукрового сорго / [О.М. Ганженко, В.Л. Курило, В.Л. Гамандій, О.Б. Хіврич, П.Ю. Зиков., В.М. Квак, І.Л. Шевченко, С.М. Шклярчук, В.В. Дмитрієв, Л.А. Герасименко] – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 32 с.
7. Олексенко Ю. Ф. Прогрессивная технология возделывания сорго / Ю. Ф. Олексенко. – К.: Урожай, 1986. – 80 с.
8. Тараненко В. И. Сорго как кормовая культура / В. И. Тараненко. – Харьков, 1969. – 183 с.
9. Шепель Н. А. Сорго – интенсивная культура / Н. А. Шепель. – Симферополь: Таврия, 1989. – 192 с.
10. Шорин П.М. Технология возделывания и использования сахарного сорго / П. М. Шорин. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 87 с.

**Анотація**

Наведено результати досліджень щодо впливу фону мінерального живлення та сортових особливостей на енергетичну продуктивність цукрового сорго для виробництва різних видів біопалива в умовах Центральної частини Лісостепу України. Встановлено, що  $N_{80}P_{80}K_{90}$  є найбільш ефективною нормою добрив для вирощування сорго на біопаливо.

**Ключові слова:** цукрове сорго, сорт, гібрид, мінеральні добрива, енергетична продуктивність, біопаливо, енергія.

**Аннотация**

Приведены результаты исследований влияния фона минерального питания и сортовых особенностей на энергетическую продуктивность сахарного сорго для производства различных видов биотоплива в условиях Центральной части Лесостепи Украины. Установлено, что  $N_{80}P_{80}K_{90}$  является наиболее эффективной нормой удобрений для выращивания сорго на биотопливо.

**Ключевые слова:** сахарное сорго, сорт, гибрид, минеральные удобрения, энергетическая продуктивность, биотопливо, энергия.

**Annotation**

The research results on background effect of mineral nutrition and the special features of varieties on energy productivity of sugar sorghum, which is used for production of different types of biofuel in the conditions of the Central part of the Forest-Steppe of Ukraine are given. It was established that  $N_{80}P_{80}K_{90}$  is the most effective fertilizers standard for sorghum cultivation for biofuel.

**Key words:** sugar sorghum; variety; hybrid; mineral fertilizers; energy productivity; biofuel; energy.

УДК 633.3:658.562

ББК 42.143:42.39

# КОНВЕКТИВНЕ СУШІННЯ ЛИСТКІВ СТЕВІЇ (*STEVIA REBAUDIANA BERTONI*) У ЇЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНІЙ ОБРОБЦІ

**КУЗНЕЦОВА І.В.**,  
к.т.н., старший науковий  
співробітник Інституту  
біоенергетичних культур і цукрових  
буряків НААН

**Вступ.** Перспективною культурою у світовому просторі є стевія (*Stevia rebaudiana Bertoni*), яку використовують переважно для виробництва високоінтенсивних заміників цукру. Зважаючи на її високий біологічний потенціал поступово набувають розвитку технології переробки листків стевії на концентрат. Значну частину від загальносвітового виробництва листків стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушеної сьогодні виробляє Китай (близько 70%), які не завжди відповідають світовим вимогам за показниками якості, що призводить до ускладнення та здорожчання їх переробки.

В Україні виробництво стевії та продуктів її переробки малорозвинуте. Загальна площа під плантаціями становить близько 15 га, які забезпечують за врожайності листка 2,8 т/га та збору врожаю 2 рази в рік валовий збір 84 тонни у рік, що, при вмісту речовин дитерпенових глікозидів 11,0%, становить 9,24 тонни речовин дитерпенових глікозидів у рік. Враховуючи, що в 2010 р. Європейським офіційним органом з харчової безпеки (EFSA) встановлено допустиме добове споживання 4 мг/кг ваги тіла/добу для дорослих і дітей та враховуючи нагальну потребу людей хворих на різні форми цукрового діабету, яких офіційно зареєстровано 1 250 тис. осіб, то такий обсяг виробленого листка стевії в Україні може задовольнити потребу на 90%.

Якість листка стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушеної визначається не тільки зовнішнім виглядом, але й, насамперед, збереженням максимально можливого вмісту біологічно цінних речовин (речовини дитерпенових глікозидів і флаваноїди, ефірні олії, амінокислоти, макро- та мікроелементи, тощо). Ефективність зберігання залежить від післязбиральної обробки вирощеної рослини і насамперед від ефективності одного із основних її процесів – сушіння.

**Аналіз літературних джерел.** Сушіння, як відомо, це найбільш поширений та давній спосіб післязбиральної обробки стевії. З розвитком аграрного сектору і наукового сегменту щодо забезпечення високоякісною сировиною харчової і фармацевтичної галузей розвивались теоретичні та практичні основи сушіння рослинної сировини. Теоретичним та практичним аспектам сушіння колоїдних та капілярно-пористих матеріалів присвячені праці: Н. Абу-Ханнама, В.А. Андрєєва, В.Є. Бабенко, Р. Богерса, Н.І. Борде, В.О. Войскобітнікова, С.Ш. Гаджієва, Н.І., Гамаюнова, А.С. Гінзбурга, М.А. Гришина, Е.І. Гуйго, С. Гута, А.А. Гухмана, А.А. Долінського, С.С. Забродського, Д.С. Ізбасарова, М.Ф. Казанського, С. Коха, Л. Кракера, І.Т. Кретова, С. Куєро-андрайде, В. Малтрі, Д. Мілера, Д. Ланжа, А.В. Ликова, Л.А. Мінухіна, В.І. Попова, Ж.О. Петрової, Ю.Ф. Снежкіна, І.А. Хейса і Айхнера та багатьох інших вчених світу.

Сушіння – це енергоємний процес. При виробництві сировини лікарських трав, а також стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*), зазвичай використовують природний спосіб сушіння (на сонці, повітряно-тіньовий, тощо), який ефективний для дрібних фермерських господарств. Сушіння у природних умовах – це довготривалий процес. При цьому температура середовища непостійна, що не завжди забезпечує належні показники якості сировині [с.3, 6]. При виробництві значного (промислового) обсягу лікарських трав та стевії у фермерських господарствах використовується штучний спосіб сушіння (у теплиці або сушарці). Застосування сушарки дозволяє скоротити тривалість процесу та отримати листки гарантованої якості [с. 1, 5]. Слід відмітити, що сушіння у сушарках ще недостатньо вивчений спосіб отримання сировини високої якості навіть у розвинутих країнах.

**Метою** роботи є створення сучасного ефективного способу сушіння стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*), що забезпечить виробництво листків гарантованої якості.

**Методи і методики.** У дослідженні процесу сушіння стевію використовували, вирощену на дослідній ділянці Агрофірми «Весіліновка» (Київська об-

ласть), та експериментальний стенд конвективної сушарки Інституту технічної теплофізики НАН України, який обладнаний трьома сушильними камерами: однією горизонтальною (модель «обдувки» - паралельний потік повітря) та двома вертикальними (модель «продувки»).

Вивчення кінетики конвективного сушіння здійснювали спільно із вченими Інституту технічної теплофізики НАН України. В отриманих зразках після сушіння визначали органолептичні показники [2], вміст масової частки вологи [10], вміст речовин дитерпенових глікозидів [11] та флаваноїдного комплексу [3].

**Результати досліджень.** Основними технологічними параметрами при сушінні є тривалість процесу і енергоємність, які впливають на якісні показники та собівартість сировини. Режим сушіння підбирали за основними критеріями: температура та швидкість руху повітря. Швидкість руху повітря, як показали проведені нами дослідження, нижче 1,5 м/с не забезпечує в повній мірі здійснення процесу сушіння. При збільшенні швидкості руху повітря більше 2,5 м/с, процес сушіння листків неможливо здійснити. Зразки стевії сушили у сушарці за температур 40, 60 і 80 °С, за швидкості руху повітря 1,5-2,5 м/с до вмісту масової частки вологи 7-9%. Кінетика сушіння представлена на рис. 1.

Кінетика сушіння листків стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) в сушарці (рис. 1 а) за різних температур процесу показує перспективність використання температури сушіння 80 °С. Тривалість сушіння при даній температурі становить 52 години. Вологовміст сушильного агенту найбільше впливає на інтенсивність сушіння на початковій стадії постійної швидкості сушіння, при цьому зниження вологовмісту від 20 до 10 г/кг сухого повітря, що забезпечує підвищення швидкості процесу в 1,2 рази (рис. 1 б, крива 3). При збільшенні вологовмісту теплоносія період постійної сушки збільшується і кількість випареної вологи в цей період пропорційно збільшується. Із подальшим вилученням вологи із сировини ступінь впливу цього параметру на інтенсивність знижується [с. 32, 9]. Тобто відбувається обмеження швидкості дифузії вологи із листка (рис. 1 б крива 3). Помірна швидкість сушіння (рис. 1 б, крива 1) і сприяє значній тривалості процесу – 190 хвилин.

Відносний коефіцієнт дифузії становить для зразку сушеного за температури 40 °С – 0,193, при 60 °С – 0,118, при 80 °С – 0,121. Різкий характер зміни відносного коефіцієнту дифузії при 80 °С

свідчить про початкову адсорбцію вологи. Отже, відбувається частково зворотній процес, коли частина вологи (0,2%) повертається у граничний шар сировини [с. 21, 1].

Підтримка температури процесу в сушарці на рівні 40 °С забезпечує отримання зразку листка стевії наближеного за якісними показниками до зразку отриманого в теплиці [с. 202, 8], у тому числі й тривалості процесу – 8 діб. Порівняно з температурою сушіння 40 °С, застосування температури 60 °С забезпечить зменшення тривалості процесу і витрат енергії в 2 рази, при 80 °С – в 3,7 рази.

За міцністю структури листки кращі, що отримані при температурі сушіння 40 і 60 °С, коефіцієнт крихткості яких становить 0,26 і 0,28, відповідно. За температури сушіння 80 °С коефіцієнт крихткості листків становить 0,32. Перші два зразки мають зелений колір та вміст побурілого листка 2,8-3%. При сушінні 80 °С і внаслідок часткової адсорбції води у граничному шарі листків збільшився вміст побурілого листка до 5,2% (табл. 1). Це також вплинуло й на інтенсивність кольору листків, які стали темнішими, ніж перші два зразки.

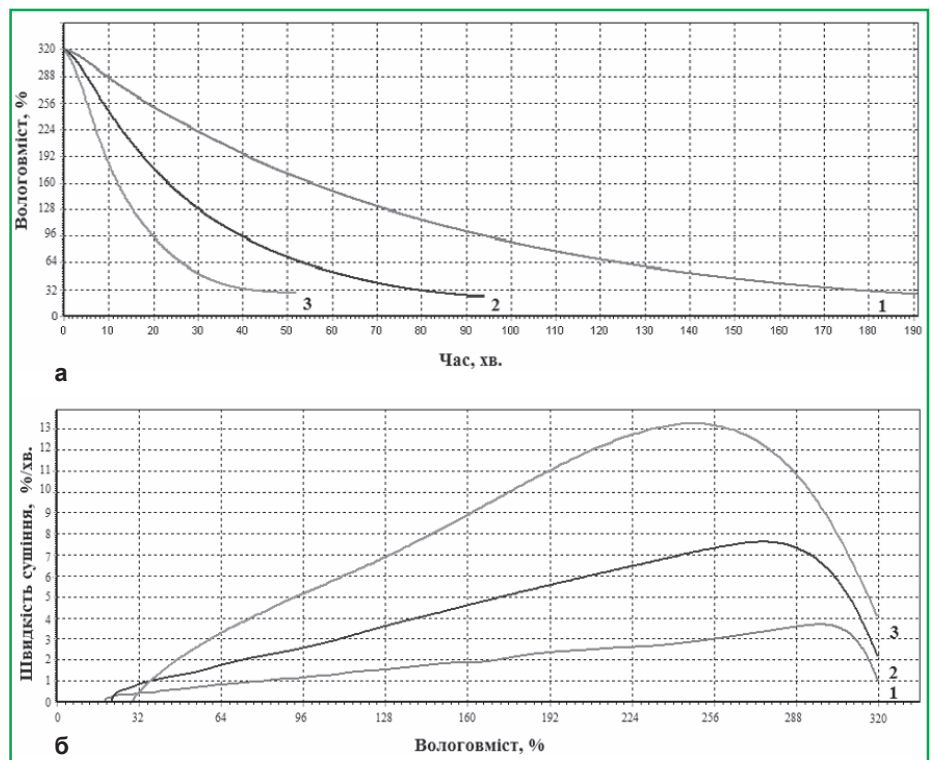
Зменшення вмісту речовин дитерпенових глікозидів із збільшенням температури сушіння свідчить про часткове «цементування» певної частини

клітин, що, в результаті, унеможливило вилучення з них глікозидів. Збільшення температури сушіння знижує вміст речовин дитерпенових глікозидів на 1,6 та 5,3%, відповідно.

Важливим критерієм оцінки якості листків стевії є вміст речовин флаваноїдного комплексу. Речовини флаваноїдного комплексу є природними фенольними сполуками рослинного походження, які виявляють біологічну активність: антиоксидантну, фотопротекторну, антирадикальну, антибактеріальну, противірусову, судиннорозширюючу [с. 1035, 7]. Як показали результати аналізу, із підвищенням температури від 40 до 60 °С їх кількість збільшилась на 8,1%, що свідчить про інтенсивний перехід із оболонок клітин на початку сушіння.

На удосконалений спосіб післязбиральної обробки листків стевії отримано патент України на корисну модель [4].

**Висновок.** Встановлено, що конвективне сушіння є перспективним способом для промислового виробництва листка стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушеного гарантованої якості. За швидкістю вилучення вологовмісту із листкового апарату, тривалістю процесу сушіння та на основі оцінки якості отриманих зразків визначено оптимальний режим сушіння: температура - 60 °С, швидкості руху повітря 1,5-2,5 м/с.



**Рис. 1.** Залежність впливу вологовмісту теплоносія на тривалість сушіння стевії (а) та швидкості сушіння від вологовмісту теплоносія (б): 1 – 40 °С, 2 – 60 °С, 3 – 80 °С

Таблиця 1

Якість листків стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушених за різних температурних умов у конвективній сушарці

Показник якості	Температура повітря, °С		
	40	60	80
<b>Органолептичні показники</b>			
Вміст побурілого листя, %	2,8	3,0	5,2
Колір	зелений	зелений	темно-зелений
Запах	властивий стевії, без стороннього		
Смак	солодкуватий, властивий стевії		
<b>Фізико-хімічні показники</b>			
Вміст масової частки вологи, %	7,4	7,4	7,6
Вміст речовин дитерпенових глікозидів, %	10,78	10,61	10,21
Вміст речовин флаваноїдного комплексу, мг/л	581	632	630

**Бібліографія**

- Кузнєцова І.В. Вивчення процесу дифузії молекул води під час сушіння листків стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) [текст] / І.В. Кузнєцова // Цукрові бур'яки –К.: - 2013. №2 – с. 20-21.
- Методичні рекомендації з критеріїв оцінки якості листків стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушеної як сировини для подальшого використання у харчовій промисловості [текст] / М.В. Роїк, І.В. Кузнєцова // - Дніпропетровськ: вид. центр «Адверта». 2013. – 23 с.
- Патент України 79471 на корисну модель, МПК<sup>9</sup> C07 H 15/00, C07 H 17/00, G01 N 21/00 Спосіб визначення вмісту речовин флаваноїдного комплексу / Роїк М.В., Кузнєцова І.В., Рудакова Т.В.; заявник патентоволодар Київ. Ін-т біоенергетичних культур і цукрових бур'яків НААН. - № u201211791 заявл. 12.10.12 р. опубл. 25.04.2013 р. Бюл. №8.
- Патент України 79699 на корисну модель МПК<sup>9</sup> A01F25/100; A23F3/34; A23L2/60; A23L3/40 Спосіб післязбиральної обробки стевії (*Stevia Rebaudiana Bertoni*) / Роїк М.В., Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., І.В. Кузнєцова, заявник-патентовласник Київ. Ін-т біоенергетичних культур і цукрових бур'яків НААН. - №u2012113397 Заявл. 23.11.2012 Опубл. 25.04.2013, Бюл. №8.
- Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible irish brown seaweed [Електронний ресурс] / S. Gupta, S. Cox, N. Abu-Ghannam // Food science and technology. no 1, 2011, p. 1-7.
- Engineering and technology.doc с.6
- Piett. P.-G. Flavonoids as antioxidants / P.-G. Piett // J. Nat. Prod. -2000. - №63. – p.1035-1042.
- Роїк М.В., Кузнєцова І.В. Місце стевії (*Stevia rebaudiana bertoni*) в агропромисловому комплексі України / М.В. Роїк, І.В. Кузнєцова // Збірник наукових праць Подільського ДАТУ, Кам'янець-Подільський, спец. випуск, листопад, 2012, с. 200-203.
- Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошоків. – Академперіодика, - К., 2007, - 160 с.
- «Сырьё лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золь, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла»: ГОСТ 22027.02-74 – [Чинний від 01.01.1981 р.]. – К.: Держспоживстандарт України, - 7 с.
- ТУ У 15.8-31591453-002:2005 «Добавки биологически активные. Сиропы стевии с фитоэкстрактами. Технические условия».

**Анотація**

Вивчено кінетику сушіння листків стевії за різних температур. На основі отриманих зразків на відповідність показникам якості встановлено оптимальний режим конвективного сушіння: температура 60 ° та швидкість процесу 2,5 м/с. Застосування даних умов сушіння дозволить зменшити тривалість процесу в 2 рази та отримати листки стевії (*Stevia rebaudiana bertoni*) сушені гарантованої якості.

**Ключові слова:** стевія, кінетика, сушіння, якість, умови.

**Анотация**

Исучено кинетику сушки листков стевии при разных температурах. На основе оцененных образцов на соответствие показателям качества установлен оптимальный режим конвективной сушки: температура 60 ° и скорость процесса 2,5 м/с. Использование данных условий сушки позволит уменьшить продолжительность процесса в 2 раза и получить листки стевии (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушённые гарантированного качества.

**Ключевые слова:** стевия, кинетика, сушка, качество, условия.

**Annotation**

Kinetics of stevia leaves drying has been studied at different temperatures. Based on obtained samples established are indexes of quality the optimum mode of drying convection: 60 °C and process speed of 2.5 m/sec. This allows to decrease duration of the process by half and to obtain dry stevia leaves (*Stevia rebaudiana Bertoni*) of assured quality.

**Keywords:** stevia, kinetics, drying, quality, terms.

**АГРОІНФОРМАЦІЯ**

**«ЗІРКА» МІЖНАРОДНОЇ АГРОПРОМИСЛОВОЇ ВИСТАВКИ - БІОЕНЕРГЕТИКА**

4-7 червня в Києві відбулася ХХVI Міжнародна агропромислова виставка «АГРО-2014» - один із наймасштабніших загальнодержавних заходів не лише в Україні, а й у Східній Європі.

«АГРО-2014» - це: понад 900 учасників з 16 країн. Побували на ній десятки тисяч відвідувачів, у т.ч. перші особи держави, керівництво АПК всіх регіонів України, топ-менеджери та спеціалісти різних підприємств АПК. Одна з особливостей цьогорічної «Агро» - спеціалізована виставка відновлювальних джерел енергії «Біопаливо 2014», що також збрала унікальну аудиторію представників цього сектору й продемонструвала новітні досягнення в галузі енергозбереження, високотехнологічне обладнання та засоби для ефективного енергогосподарювання.

По-суті, тематика біоенергетики, що відкриває нові можливості АПК й дає імпульс розвитку нової галузі в Україні, стала однією з найбільш резонансних і значущих, одне слово, «родзинкою» виставки.

Широкий інтерес у учасників виставки та відвідувачів, зокрема, викликала експозиція, яку підготував лауреат минулорічного конкурсу «Агро», що був удостоєний Золотої медалі за вагомий внесок у розвиток аграрного сектору України в номінації «За розробку засад використання сировинної бази для розвитку біоенергетики», - Інститут біоенергетичних культур і цукрових бур'яків (ІБКіЦБ), який нині активно напроцьовує масштабну програму щодо забезпечення біоресурсом комунальних господарств України.

Цього року Інститут біоенергетичних культур і цукрових бур'яків НААН був представлений на Виставці трьома експозиціями: на майданчику «Біопаливо-2014» були розміщені яскраво оформлені намети ліворуч від першого павільйону, у першому павільйоні у складі Національної академії аграрних наук та на стенді Міністерства АПК, а також – конференція та круглий стіл, присвячені проблематиці й перспективам нової біоенергетичної галузі.

Зрештою, й не дивно. Україна, виходячи з сьогоденних реалій, схоже, остаточно знайшла відповідь на запитання: інвестувати чи ні в проекти енергоефективності. Звичайно ж, інвестувати, знижувати споживання природного газу, активніше здійснювати перехід на альтернативні джерела енергії!

*Інф. журналу «БІОЕНЕРГЕТИКА/BIOENERGY»*