

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

XVII Міжнародної наукової конференції
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

3-8 вересня 2018 р.



**ОДЕСА
2018**

Публікуються доповіді, представлені на XVII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (3 – 8 вересня 2018 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо
Ю.О. Левтринська

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
Бурдо <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
Атаманюк <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
Васильєв <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
Гавва <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Гумницький <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
Долинський <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
Зав’ялов <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Сукманов <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
Колтун <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
Корнієнко <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
Малежик <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Михайлов <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
Паламарчук <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
Снежкін <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік НАН України
Сорока <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
Тасімов <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
Товажнянський <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
Ткаченко <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
Черевко <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
Шит <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.
Сухий <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор

СЕКЦІЯ 1.

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ,
ТЕПЛОВИХ, МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ**

УДК 664.8.047:536.66

ВПЛИВ РОЗЧИННИХ РЕЧОВИН НА СТАН ВОДИ В РОСЛИННИХ ТКАНИНАХ ТА КІНЕТИКУ ЇХ СУШІННЯ

Дмитренко Н.В., к.т.н.

Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна

THE INFLUENCE OF SOLUBLE SUBSTANCES ON THE WATER STATUS IN PLANT TISSUES AND THEIR KINETICS OF DRYING

Dmytrenko N.V., Ph.D.

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Анотація. Робота присвячена дослідженню впливу розчинних речовин на стан води в рослинних тканинах та кінетику їх сушіння. Проаналізовано вплив розчинних речовин різного типу на процес зв'язування води. Порівняно результати визначення стану води у вихідній рослинній сировині, які були отримані за ізотермами сорбції з розрахунку за межею гігроскопічності, з результатами прямого експерименту за методом диференціальної сканувальної калориметрії. Встановлено, що додаткове зв'язування води, вище ніж отримане з розрахунку за межею гігроскопічності рослинних тканин, обумовлено наявністю розчинних речовин в рослинному соку. Сумісним аналізом стану води, енергограм, кривих сушіння та кривих швидкості сушіння показано, що критичні точки процесу сушіння знаходяться у відповідності з динамікою зміни стану води в рослинних тканинах та кінетику зміни питомої теплоти її випаровування. Встановлено значне зростання енерговитрат на випаровування води вже в другому періоді сушіння рослинних тканин. Отримані результати дозволяють стверджувати, що воно відбувається через початок видалення води з гідратних оболонок наявних в рослинному соку розчинених речовин. На підґрунті проведеного дослідження уточнено механізм і послідовність видалення води зі зрізів рослинних тканин під час сушіння.

Abstract. The paper is devoted to the study of the influence of soluble substances on the state of water in plant tissues and the kinetics of their drying. The influence of soluble substances of different types on the process of water binding is analyzed. The results of the determination of the state of water in the initial vegetative raw material, which were obtained by sorption isotherms on the basis of the hygroscopicity limit, are compared with the results of the direct experiment by the method of differential scanning calorimetry. It was established that the additional water binding, higher than obtained on the basis of the limit of hygroscopicity of plant tissues, is due to the presence of soluble substances in vegetable juice. A compatible analysis of the state of water, energy charts, drying curves and drying speed curves shows that the critical points of the drying process are in accordance with the dynamics of water state changes in plant tissues and the change in the specific heat of its evaporation. Significant growth of energy consumption for evaporation of water has been established already in the second period of vegetation drying. The results obtained suggest that it occurs through the beginning of the removal of water from the hydrated shells of the soluble substances present in the plant juice. On the basis of the research, the mechanism and sequence of water removal from the sections of plant tissues during drying has been specified. **Згідно з чинними вимогами МОН до фахових видань анотація має бути розширена – не менше 1800 символів**

Ключові слова: рослинні тканини, розчинні речовини, стан води, сушіння.

Key words: plant tissues, soluble substances, the condition of water, drying.

Вступ. Класичні підходи до процесу сушіння колоїдних капілярно-пористих тіл (ККПТ), якими є рослинні тканини, засновані на припущенні, що волога в них утримується силами осмосу, капілярної конденсації та адсорбції на поверхні сухого каркасу тіла [1]. При цьому розглядається вплив на стан води таких характеристик ККПТ як загальна пористість, диференціальна функція розподілу пор за радіусам та її зміна через деформування матеріалу при сушінні і ніяк не враховується можливість впливу на стан води та процес сушіння певного хімічного складу рослин, зокрема наявності розчинних речовин.

Формулювання проблеми та аналіз літературних джерел. В теорії та практиці сушіння традиційно вважається, що суттєве зростання енерговитрат при сушінні ККПТ обумовлено видаленням вологи, міцно зв'язаної з каркасом тіла, і відбувається воно на заключному етапі сушіння при видаленні адсорбційно-зв'язаної вологи. При цьому, припускають, що на протязі всього часу видалення вільної води кількість зв'язаної води не змінюється і тому збільшення енерговитрат в цей час не відбувається. Однак в рослинних тканинах зв'язування молекул води відбувається в

результаті енергетично вигідних взаємодій не тільки з нерозчинними речовинами клітинного каркасу рослин, але й з речовинами, розчиненими в клітинному соку.

З іонами, на які розпадаються в воді прості розчинні речовини (солі та органічні кислоти), молекули води взаємодіють завдяки кулонівським силам. При цьому, до першого гідратного моношару, якій утворюється навколо полярного іона, може прилягати ще декілька гідратних шарів, зв'язаних менш міцно (рис. 1). Кількість зв'язаних молекул води залежить від природи іона, температури і концентрації розчину. Теплота гідратації іонів становить від 247 КДж/моль (MnO_4^-) до 4710 КДж/моль (Al^{3+}) [2].

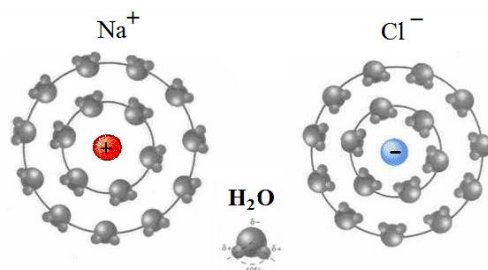


Рис. 1. Утворення гідратних оболонок навколо полярних іонів в водному розчині.

Навколо великих, складних розчинних молекул, завдяки тетраедричному розподілу зарядів молекули води і можливості утворення одночасно до чотирьох водневих зв'язків, в тому числі з іншими молекулами води, утворюються водні клатрати (рис. 2). В цукрових розчинах з загальним вмістом води 86 % кількість гідратної води, що зв'язана з 1 г сахарози дорівнює 1 г, а води, що зв'язана з 1 г фруктози чи глюкози – 1,2 г [3, 4].

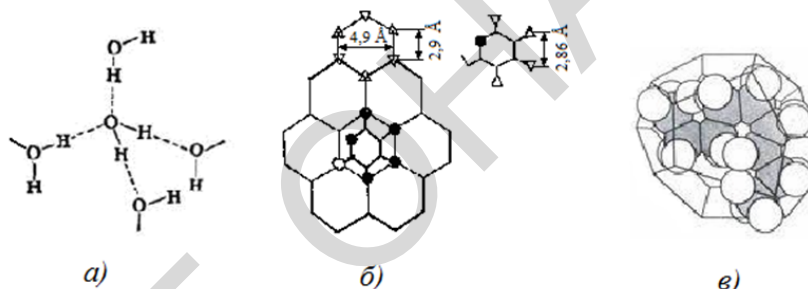


Рис. 2. Утворення водневих зв'язків між 5 молекулами води [5] (а) та молекула вуглеводу у водному клатраті [6] (б), [5] (в).

За класичним підходом ступень зв'язування вологи в ККПТ визначають з розрахунку за ізотермами сорбції [1, 7]. Так можна визначити кількість вологи яка утримується нижче межі гігроскопічності (МГ) ККПТ. Кількість зв'язаної вологи у вихідній рослинній сировині з цих даних можна отримати шляхом переведення кількості води, яка априорі вся зв'язана після досягнення матеріалом МГ, у відповідну її кількість на початку сушіння. При цьому припускають, що вся інша вода вище МГ матеріалу – вільна. За мету було поставлено перевірити це припущення та розрахунки з допомогою прямого експериментального визначення кількості зв'язаної води в рослинних тканинах.

Оскільки при зневодненні розчинів стан води і ступень її зв'язування змінюється, постало питання про необхідність перевірки впливу розчинних речовин, також, на процес сушіння рослинних тканин та енерговитрати на процес випаровування.

Матеріали та методи дослідження. Для порівняння даних щодо стану води у вихідній рослинній сировині, отриманих за допомогою розрахунку з ізотерм сорбції, з результатами, отриманими з прямого експерименту, було використано метод диференціальної сканувальної калориметрії (ДСК) [8]. За допомогою диференціального сканувального мікрокалориметра ДСМ–2М (виробництво СКБ БП АН СРСР, м. Пушино) здійснювали визначення вмісту вільної води в тканинах за методикою, в основу якої покладена властивість зв'язаної води не зазнавати фазового переходу першого роду при охолодженні. Якщо систему, яка одночасно містить вільну і зв'язану воду охолодити, а потім піддати нагріванню в калориметрі, то на ДСК-кривій буде відобразатись пік плавлення тільки вільної води [4]. Оскільки плавлення є процесом рівноважним, площа піка пропорційна теплоті фазового переходу, а, отже, кількості вільної води. Масу зв'язаної води розраховували після визначення загальної маси води в зразку методом висушування його до постійної маси.

Для дослідження впливу розчинних речовин на процес сушіння рослинних тканин та енерговитрати на процес випаровування було використано калориметричний комплекс на базі диференціального

мікрокалориметра випаровування ДМКИ-01, якій суміщає в собі можливості диференціальної мікрокалориметрії і термогравиметрії [9]. В приладі реалізовано метод безперервного виміру кількості теплоти, витраченої на випаровування вологи в процесі ізотермічного конвективно-кондуктивного сушіння зразка, та одночасного безперервного виміру відповідного зменшення маси зразка.

Для досліджень було використано зрізи нативних рослинних тканин товщиною 1...1,5 мм.

Результати та їх обговорення. Порівняння отриманих за допомогою розрахунку з ізотерм сорбції даних щодо стану води у вихідній рослинній сировині з результатами, отриманими експериментально методом ДСК (табл. 1), показує, що розраховані з МГ значення значно відрізняються від отриманих експериментально. Кількість зв'язаної води в рослинній сировині, що визначена за методом ДСК, значно більша, ніж розрахована з МГ за припущеннями методу сорбції. Тобто, припущення, що вся вода, яка є в рослинних тканинах вище МГ, – вільна, не відповідає результатам прямих експериментальних досліджень.

Таблиця 1 - Стан води у вихідній рослинній сировині

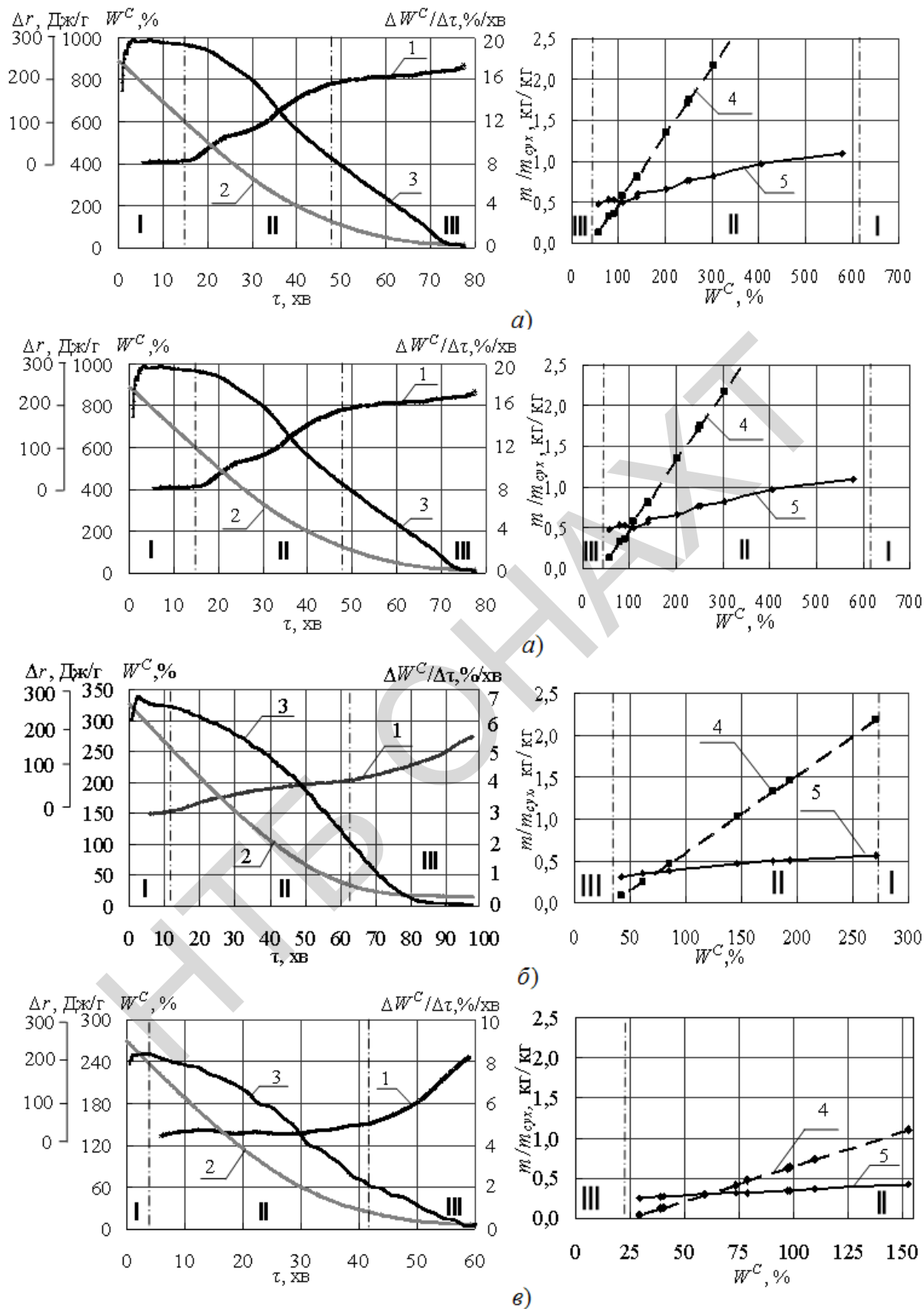
Тканина	Вологість вихідної сировини, % відн.	Межа гігроскопічності [10,11], кг/кг сух. (% відн.)	Співвідношення вільної/зв'язаної води у вихідній рослинній сировині, доля від всієї води	
			розрахунок з МГ	метод ДСК
Паренхімна: - яблука	86,5	0,484 (32,6)	94,9 / 5,1	79,4 / 20,6
- картоплі	75,0	0,318 (24,1)	89,4 / 10,6	85,2 / 14,8
Коренеплоду: - моркви	88,5	0,350 (26,0)	95,5 / 4,5	85,5 / 14,5
- столового буряку	86,5	0,352 (26,0)	94,5 / 5,5	83,0 / 17,0
Деревинна верби	60,0	0,281 (21,9)	81,3 / 18,7	72,2 / 27,8

Оскільки класичний розгляд стану води в рослинних матеріалах, заснований на методі сорбції, обмежується розглядом таких механізмів її зв'язування як адсорбція, осмос та капілярне утримування сухим каркасом тіла [7], можна припустити, що ефект додаткового зв'язування води викликано якимось іншим, не врахованим механізмом. Таким не врахованим механізмом в досліджених рослинних тканинах є утримування молекул води в гідратних оболонках розчинних речовин клітинного соку. В досліджених рослинних тканинах такими розчинними речовинами, які утримують воду далеко за МГ, є цукри, пектини, солі та органічні кислоти (табл. 2). Їх здатність до водоутримування ніяк не залежить, від ступеню пористості тканини, чи радіусу капілярів. Натомість, кількість молекул води в гідратних оболонках цих розчинених речовин зростає зі зростанням ступеню розведення розчину [2-4]. А експериментальні дослідження [12] показали, що збільшення вмісту розчинного пектину в системах зі свіжим гарбузом від 4,6 до 5,2 % призводить до збільшення кількості зв'язаної води в них від 1 до 1,25 г на 1 г сухої речовини.

Таблиця 2 - Хімічний склад рослинних тканин [13, 14]

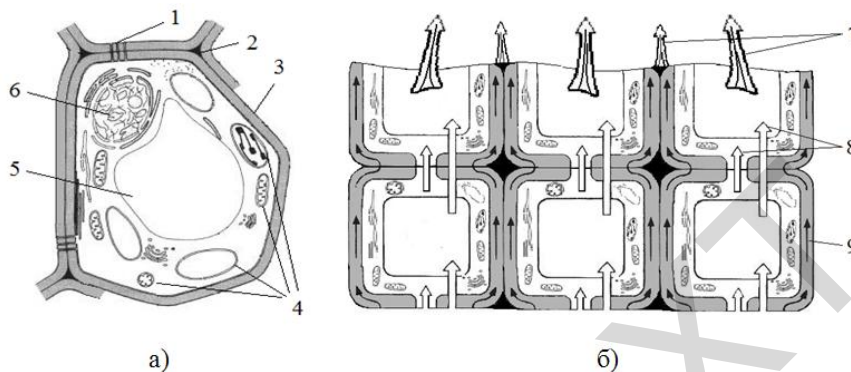
Тканина	Вологість, % відн.	г в 100 г сухих речовин								
		Моно та дисахариди	Крохмаль	Целюлоза	Геміцелюлоза	Пектини	Білки	Жири	Орган. к-ти	Зола
Паренхімна - яблука	86,5	66	5,9	4,4	3	7,4	4,4	-	5,2	3,7
- картоплі	75,0	7,3	73,8	4	1,2	2	8	1,6	0,8	0,4
Коренеплоду - моркви	88,5	60,7	0,8	10,5	2	5,2	11	0,8	0,8	8
- ст. буряку	86,5	63,1	-	6,7	6,1	10,8	8,4	-	0,2	1,3
Деревинна верби	60-70	-	-	47	30	-	Лігнін до 23		Екстракт. реч. до 4	

Поєднання на одному рисунку (рис. 3) залежностей від часу зміни абсолютної вологості рослинних тканин W^C при сушінні, швидкості їх сушіння $W^C/\Delta t$ та перевищення теплоти випаровування води з тканин над теплою випаровування чистої води Δr (на рис. 3 справа) дозволило співставити етапи сушіння з періодами зміни теплоти випаровування, порівняти їх з даними щодо зміни стану води в рослинних тканинах, отриманими методом ДСК (на рис. 3 зліва), та виявити вплив розчинних речовин на процес сушіння рослинних тканин та енерговитрати на випаровування води.



1 – енергограма, 2 – крива сушіння, 3 – крива швидкості сушіння, 4 – вільна вода, 5 – зв'язана вода
 Рис. 3. Криві конвективно-кондуктивного сушіння при 60 °С паренхімних тканин яблука (а), картоплі (б) і деревовидних верби (в) та зміни стану води в них.

Бачимо, що в I періоді сушіння, коли швидкість сушіння постійна, теплота випаровування води з рослинних тканин мало відрізняється від теплоти випаровування чистої води ($\Delta r \sim 0$), що відповідає незначному зменшенню зв'язаної води у тканинах при значному зменшенні вільної. В II періоді, коли починається спад швидкості сушіння, спостерігається зростання теплоти випаровування (до 10% для яблука, до 1,5% для верби), яке обумовлено зростанням долі зв'язаної води у видаленій волозі. В III періоді, коли вся вільна вода з тканин видалена, відбувається значне зменшення швидкості сушіння при помітному зростанні витрат теплоти на випаровування вже лише зв'язаної води. Хід кривих кінетики і швидкості сушіння досліджених рослинних тканин обумовлений певною послідовністю видалення води різної форми зв'язування (рис. 4) та визначається станом води в тканинах і ступенем її утримування.



1 – міжклітинні цитоплазматичні канали; 2 – міжклітинні проміжки; 3 – клітинна оболонка;
4 – органили; 5 – вакуоля; 6 – ядро; 7 – випаровування води з поверхні рідини міжклітинних проміжків та з соку клітин, розітнутих перед сушінням; 8 – міграція та осмотична дифузія води клітинного соку;
9 – міграція та осмотична дифузія води клітинних оболонок

Рис. 4. Рослинна клітина (а) та схема видалення води зі зрізу рослинної тканини при сушінні (б).

У I періоді сушіння (при його наявності), коли швидкість сушіння близька до постійної величини, а значення теплоти випаровування приблизно дорівнює табличним значенням питомої теплоти випаровування чистої води з вільної поверхні, відбувається зменшення кількості вільної води в рослинних тканинах при незначному зменшенні, або відсутності зменшення, кількості зв'язаної. При температурі вологого матеріалу, що не перевищує температуру термічної деструкції білкових клітинних оболонок, дійсно видаляється вільна вода шляхом випаровування з поверхні рідин міжклітинних проміжків та клітин, розітнутих під час приготування зразка.

У II періоді сушіння, коли швидкість видалення води плавно зменшується на фоні зростання питомої теплоти випаровування понад табличним значенням теплоти пароутворення чистої води, відбувається гальмування видалення води завдяки наростаючому опору капілярної міграції та осмотичної дифузії вологи через збігання тканин. Це згідно традиційних уявлень щодо сушіння ККПТ [1, 2]. Також, згідно традиційних уявлень, питома теплота випаровування повинна залишатися незмінною, бо, коли концентрація позаклітинного розчину перевищує концентрацію внутріклітинного, до поверхні, за рахунок осмосу, починає дифундувати та випаровуватися вільна вода внутріклітинного розчину. У випадку вибраних для дослідження рослинних тканин дегідратація, в цьому періоді, супроводжується досить значним зростанням питомої теплоти випаровування, обумовленим збільшенням частки зв'язаної води у волозі, яка видаляється. Тобто, II період сушіння можна пов'язати ще й з початком видалення води з гідратних оболонок розчинених в клітинному соку речовин через поступове зростання концентрації рослинного соку.

III період сушіння рослинних тканин настає після видалення всієї вільної води. Цілковито у відповідності з традиційними уявленнями щодо сушіння ККПТ тут відбувається стрімке спадання швидкості сушіння на фоні швидкого приросту витрат теплоти на випаровування, пов'язаного з початком видалення виключно зв'язаної води зі всіх глибших шарів, адсорбованих біополімерами клітинних оболонок, та з координаційних сфер розчинених речовин. Видалення мономолекулярних шарів води наприкінці цього періоду супроводжується ще більш різким зростанням питомої теплоти її випаровування при падінні до мінімуму швидкості сушіння.

Висновки. Існуючі методи напівемпіричного розрахунку кількості зв'язаної води враховують лише фізичну структуру тканин, але не наявність у них розчинених речовин. Тому розрахункові значення кількості зв'язаної води в рослинних тканинах відрізняються від значень, отриманих за допомогою безпосередніх експериментальних вимірів.

Сумісний аналіз стану води, енергограм, кривих сушіння та кривих швидкості сушіння показав, що критичні точки процесу сушіння знаходяться у відповідності з динамікою зміни стану води в рослинних тканинах та кінетикою зміни питомої теплоти її випаровування.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що при зневодненні рослинних тканин уже в другому періоді їх сушіння відбувається значне зростання енерговитрат через початок видалення води з гідратних оболонок наявних в рослинному соку розчинних речовин.

Література

1. Лыков А. В. Теория сушки. – М.: «Энергия», 1968. – 472 с.
2. Зайцев И.Д., Асеев Г.Г. Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ: справочное издание. – М.: «Химия», 1988. – 416 с.
3. Михайлик В.А. Экспериментальное исследование гидратации сахарозы // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2006. – Вип.28, т.2. – С. 370-374.
4. Михайлик В.А., Давидова О.О., Манк В.В. Дослідження гідратації D-глюкози та D-фруктози // Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості : матеріали VI міжнародн. наук.-техн. конф., Київ, 19–21 жовт. 1999 р. : у 3 ч. – К.: «УДУХТ», 2000. – Ч.1. – С. 106.
5. Исаков В.Т. Естественное и искусственное структурирование воды. Сайт o8ode.ru. – Режим доступа: http://www.o8ode.ru/article/learn/water_structure.htm
6. Фрэнкс Ф. Вода, лед и растворы простых молекул // Вода в пищевых продуктах; под ред. Р.Б. Докуорта; пер. с англ. – М.: «Пищевая промышленность», 1980. – С. 14-32.
7. Брунауер С. Адсорбция газов и паров. – М.: «Гос. изд-во иностранной литературы», 1948. – 768.
8. Симатос Д., Фоур М., Бонжур И., Коуч М. Применение дифференциального термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии при изучении воды в пищевых продуктах / Вода в пищевых продуктах. Под ред. Р.Б. Докуорта. – М.: «Пищевая промышленность», 1980. – С. 156-170.
9. Калориметричний пристрій для визначення питомої теплоти випаровування вологи і органічних рідин з матеріалів: пат. 84075 Україна: МПК⁸ G01 N25/26, G01 N25/28. № а200613266; заявл. 15.12.06; опубл. 10.09.08.
10. Никитина Л.М. Таблицы равновесного удельного влагосодержания и энергия связи влаги с материалами. – М.-Л.: «Госэнергоиздат», 1963. – 176 с.
11. Сушка древесины: справочник / Составители С. Алюшин и др. – К.: «Тристан», 2004. – 448 с.
12. Згурський А.В., Поліщук Г.Є., Кропивницька І.О. Перерозподіл пектинових речовин в овочевій сировині при виробництві морозива // Харчова промисловість. – 2011. – № 10. – С. 50-55.
13. Химический состав пищевых продуктов : справочные таблицы : в 2 кн. / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: «Агропромиздат», 1987.
14. Гупало О. П., Тушницький О. П. Хімія деревини : навч. посібник – К.: «Знання», 2008. – 276 с.

УДК 628. 54

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДІОКСИДУ СУЛЬФУРУ ТА НІТРОГЕНУ НА ПРОЦЕС ПОГЛИНАННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ХЛОРОФІЛСИНТЕЗУЮЧИМИ МІКРОВОДОРОСТЯМИ

Дячок В.В. д. т. н. професор, Катишева В.В. аспірант, Гуглич С.І. к. т. н. доцент,
Мандрик С.Т., магістр

Національний університет «Львівська Політехніка»

STUDY OF THE INFLUENCE OF SULFUR AND NITROGEN DIOXIDE TO THE PROCESS OF CARBOHYDRATE GAS ABSORPTION WITH CHLOROPHYSYNTHESIZED MICROALGAE

Vasil Dyachok, Doctor of Engineering Science, Professor; Viktoriia Katysheva postgraduate.
Serhii Huhlych, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Solomiia Mandryk, master
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Анотація. Відходи сучасних виробництв становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища, що спонукає до розробки новітніх методів їх утилізації. Вміст вуглекислого газу в атмосфері вже давно є предметом обговорення на політичному рівні держав світу, лідери яких з року в рік шукають шляхи зменшення шкідливих викидів в атмосферу. В цьому випадку застосування біологічних методів є об'єктивною умовою для використання фотосинтетичних властивостей мікробіот. Використання мікробіот в процесах очищення промислових газових викидів має суттєві переваги завдяки здатності поглинати в десятки разів

ЗМІСТ

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ, МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

ВПЛИВ МЕТОДИКИ РОЗМІЩЕННЯ СИРОВИННИХ ПОЛІН ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДЕРЕВНОГО ВУГЛЛЯ ПІРОЛІЗНИМ СПОСОБОМ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ	
Товажнянский Л.Л., Вель В.Є., Миронов А.М.	5
ТЕПЛООБМІННИКИ КРІОМОДУЛІВ НА БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШАХ	
Литвиненко М.П., Туз В.О.	10
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ФІТОЕСТРОГЕННОЇ СИРОВИНИ	
Петрова Ж.О., Слободянюк К.С.	12
ЗВ'ЯЗОК ЯВИЩА ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ТА ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДИ	
Авдєєва Л.Ю., Жукотський Е.К., Макаренко А.А.	17
КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДІАЦІЙНЕ СУШІННЯ ЯБЛУЧНИХ СНЕКІВ ЗА УМОВ РУХУ ПОВІТРЯ	
Малежик І. Ф., Дубковецький І. В., Стрельченко Л. В.	20
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ЕКСТРАГУВАННЯ СІРЧАНОКИСЛОЇ МІДІ ЗА УМОВ ВАКУУМУВАННЯ	
Симак Д.М. Склабінський В.І.	24
ВПЛИВ РОЗЧИННИХ РЕЧОВИН НА СТАН ВОДИ В РОСЛИННИХ ТКАНИНАХ ТА КІНЕТИКУ ЇХ СУШІННЯ	
Дмитренко Н.В.	30
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДІОКСИДУ СУЛЬФУРУ ТА НІТРОГЕНУ НА ПРОЦЕС ПОГЛИНАННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ХЛОРОФІЛСИНТЕЗУЮЧИМИ МІКРОВОДОРОСТЯМИ	
Дячок В.В., Катишева К.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т.	35
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЇ КИСНЮ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ	
Ободович О.М., Сидоренко В.В.	41
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА «БИФАЦИЛ» НА ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА	
Переяславцева Е.А.	44
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
Рябова І.Б., Петухова О.А., Горносталя С.А., Щербак С.М.	50
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ СУСПЕНЗОВАНОГО ГРИБА ШИЇТАКЕ В СИСТЕМІ «КРАПЛЯ-ПАРОГАЗОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ»	
Шаркова Н.О., Турчина Т.Я., Жукотський Е.К., Костянець Л.О.	55
КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ БАТАТУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	
Шапар Р.О., Гусарова О.В.	58
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ БУРЯКОВОГО ЖОМУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОКОРМІВ	
Гнатів З.Я., Мосюк М.І., Дулеба В.П.	62
ПРОЦЕС ЕКСТРАГУВАННЯ З ПЛОДІВ ШИПШИНИ У ВАКУУМНОМУ МІКРОХВИЛЬОВОМУ АПАРАТІ	
Левтринська Ю.О., Альхурі Юсеф, Голінська Я.А., Терзієв С.Г.	66

МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І СИСТЕМ

ТЕПЛООБМІН ПРИ ПЛАВЛЕННІ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ	
Корінчевська Т.В., Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А.	73