

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСМОТИЧНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ АЙВИ

В.В. Шутюк, д-р техн. наук,
І.М. Зінченко, канд. техн. наук,
Т.С. Купрійчук, магістрант

Національний університет харчових технологій

Ключові слова: айва, осмотичне зневоднення, температура, цукровий розчин

У статті наведено результати експериментального дослідження осмотичного зневоднення айви в розчині цукру різних концентрацій та температури. Аналіз отриманих даних показав, що під час осмотичного зневоднення айви спостерігається три етапи проходження процесу – насичення вологою, безпосередньо зневоднення і насичення цукром. Зі збільшенням концентрації розчину цукру з 40 до 60 % час зневоднення зменшується, а період насичення айви цукром починається раніше для всіх експериментів. Дослідження впливу розміру діаметру часток айви на час зневоднення підтвердили загальноприйняті уявлення і показують, що зі збільшенням діаметру зразків збільшується час проходження усіх стадій процесу.

Вступ. В Україні за часів Радянського Союзу виготовлялось 35...40 тис. тон сушеної продукції в рік, а враховуючи об'єми виробництва в домашніх умовах, даний показник сягав 100-150 тис. тон [1]. На той момент в країні функціонувало більше 180 сушільних заводів та цехів. Після розпаду СРСР та лібералізації зовнішньої торгівлі в Україну збільшилося постачання закордонної продукції, яка вирізнялася значно ширшим асортиментом.

Причиною незначної наявності на ринку української продукції є той факт, що собівартість процесу сушіння знаходиться практично на одному рівні з закупівельними цінами імпортерів.

Осмотичне зневоднення стало визначним в якості альтернативи для підвищення якості продукції сухофруктів [2]. Є три типи масообміну, викликані різницею осмотичного тиску: перехід води з продукту в розчин, передача розчиненого з розчину в продукт, і вилуговування з продуктів власних розчинених речовини (цукру, органічних кислот, мінералів, вітамінів і т.д.), які впливають на склад кінцевого продукту (Raoult-Wack, 1994, Lewicki і Lenart, 1995) [3]. Осмотичне зневоднення в цілому було застосоване до фруктів і овочів, але процес також може бути використаний для зневоднення м'яса, риби, а також гелевих матеріалів, таких як агар гелів ((Raoult-Wack і ін. 1991) [4].

Ільєва О.С. дослідила вплив зв'язку вологи фруктів і овочів на ефективність їх осмотичного зневоднення і зробила висновок, що залежності ступеня перетворення речовини від температури дозволяють вивчити різні, кінетично нерівноцінні форми зв'язку вологи з продуктом і різну швидкість зневоднення [5]. Таким чином, аналіз отриманих даних дозволив виділити температурні зони, які відповідають вивільненню вологи з різною формою зв'язку для досліджуваної рослинної сировини. Дослідження різних форм вологи дозволяє встановити оптимальні параметри осмотичного зневоднення для сировини з різною клітинною структурою, які характеризуються неоднаковою можливістю рослинної клітини утримувати клітинний сік.

Мета досліджень. Проаналізувати процеси перенесення під час осмотичного зневоднення айви, визначити вплив характеристик процесу зневоднення на його інтенсивність.

Матеріали та методи. Для проведення дослідів в лабораторних умовах кафедри технології консервування НУХТ використовували айву, яка відповідає ДСТУ 7023:2009. Айву мили, очищували від шкірочки, інспектували і нарізали шматочками циліндричної форми. Після цього їх розрізали зі збереженням співвідношення діаметр/довжина 1:1. У кожному досліді всі зразки одного розміру повністю занурювали у цукровий розчин заданих концентрації і температури.

Зневоднення проводили на лабораторній установці ІКА LR-2.ST the Versatile, яка складається з реакторної посудини з подвійною стінкою ІКА LR 2000.1, мішалки з вбудованою функцією вимірювання температури й індикатором тенденцій зміни крутного моменту ІКА EUROSTAR 100 control та циркуляційного термостату Fisher Scientific Isotemp 6200 H11.

Результати і обговорення. Дослідження кінетики зневоднення айви проводили за таких параметрів:

температура цукрового розчину	– 50, 70 і 90 °С;
діаметр зразків	– 14 і 18 мм;
концентрація цукрового розчину	– 40, 50 і 60 %;
гідромодуль	– 1,5.

Зміну маси зразків в процесі осмотичного зневоднення визначали кожні 30 хв з точністю $\pm 0,01$ г.

Масову частку вологи дослідних зразків айви визначали методом висушування до постійної маси. Кожну серію дослідів проводили у трьохкратній повторності.

Аналіз отриманих даних показав, що під час зневоднення айви (для зразків айви діаметром 14 мм) при температурі цукрового розчину 70 °С спостерігається три етапи проходження процесу (табл. 1).

Таблиця 1.

**Зміна маси зразків айви під час осмотичного зневоднення
за різних концентрацій цукрового сиропу, M , %
(температура $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, діаметр зразку 14 мм)**

Концентрація цукрового розчину, %	Час, τ , хв								
	0	30	60	90	120	150	180	240	300
40	100,00	101,91	98,91	97,54	96,74	95,66	95,91	96,74	98,41
50	100,00	100,91	96,65	93,85	91,65	90,68	90,26	91,51	93,38
60	100,00	99,58	93,20	89,58	87,11	85,95	85,41	87,47	89,78

Перший етап триває орієнтовно 30 хв і супроводжується незначним підвищенням маси зразків. В цей період проходить часткове бланшування сировини, яке супроводжується зволоженням айви. А також збільшення маси зразків, можливо, пов'язане з поглинанням пектином вільної вологи з сиропу (рис. 1).

Другий період триває від кінця першого і продовжується до 130...170 хв і характеризується постійним зменшенням маси усіх зразків, що обумовлено осмотичним зневодненням сировини, а також частковим переходом водорозчинних речовин айви у розчин. Внаслідок проникнення цукрового розчину в клітини айви та витіснення вологи з міжклітинного простору відбувається збільшення масової частки сухих речовин в продукті.

Чим вища концентрація розчину тим відповідно вища адсорбуюча сила розчину, що підтверджує інтенсивніші втрати маси зразків айви при осмотичному зневодненні в 60 % цукровому розчині порівняно з 50 % та 40 %-им розчином.

Третій період, характеризується незначним зростанням маса айви. Ймовірно це пояснюється поступовим насиченням сировини цукром.

Дані з дослідження зміни вмісту сухих речовин в продукті (табл. 2) показують, що масова частка вологи постійно зменшується.

Таблиця 2.

**Зміна масової частки вологи айви під час осмотичного зневоднення
за різних концентрацій цукрового сиропу, W , %
(температура $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, діаметр зразку 14 мм)**

CP, %	Час, τ , хв								
	0	30	60	90	120	150	180	240	300
40	85,50	85,51	81,97	78,77	77,04	75,13	73,78	72,45	71,47
50	85,50	84,18	79,43	75,99	73,13	71,13	69,36	67,20	66,82
60	85,50	82,87	76,83	72,88	69,96	68,14	66,62	64,61	64,12

На узагальненій інформації представленій графіками (рис. 1) видно, що за одних і тих же умов тривалість першого і особливо другого періодів зневоднення значно залежить від концентрації розчину цукру. Так, перший період зневоднення закінчується після 30 хв для 60 % розчину цукру і 27 хв

для 40 % розчину цукру. Така різниця є незначною при тривалості процесу більше години. Масова частка вологи при цьому практично не змінюється, що пояснюється одночасним поглинанням вологи пектинами, зволоженням за рахунок бланшування та осмотичним зневодненням.

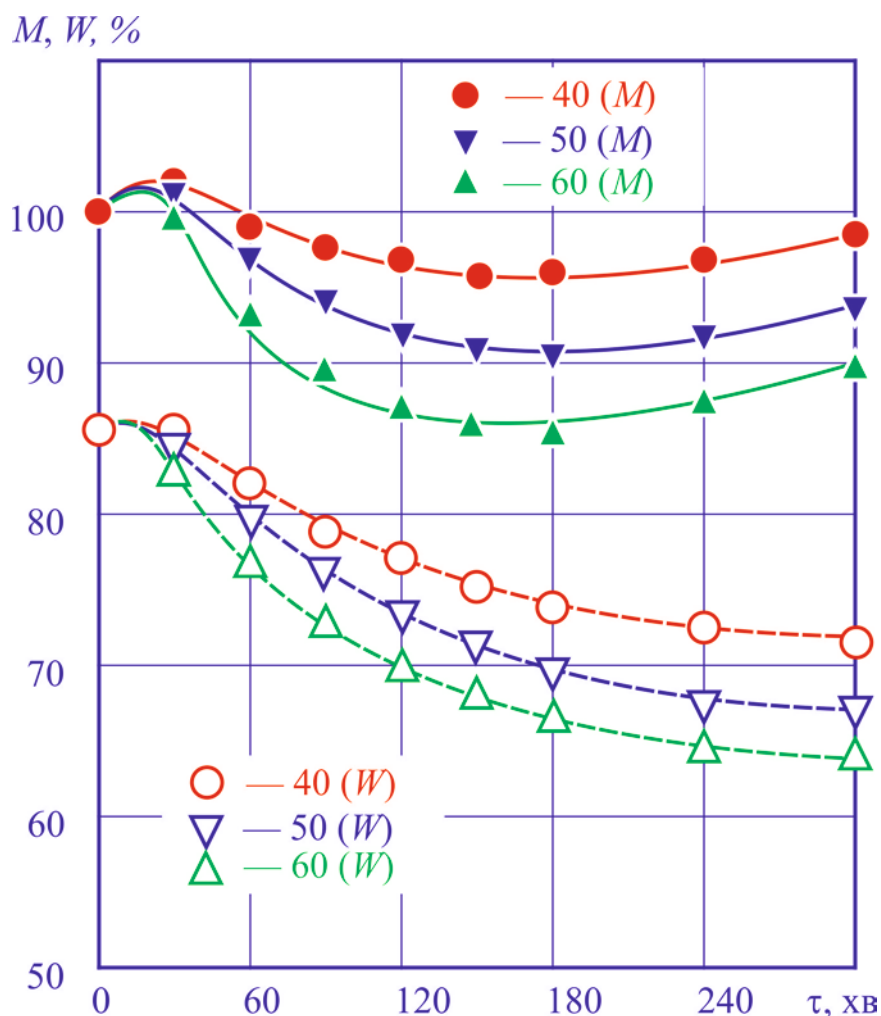


Рис. 1. Кінетика зміни маси (M) і масової частки вологи (W) в зразках айви під час осмотичного зневоднення за різних концентрацій цукрового сиропу (температура -70°C , діаметр зразку 14 мм)

Різниця в часі для другого періоду зневоднення становить 40 хв. Відповідно, для 60 % цукрового розчину закінчується на 130 хв, а для 40 % цукрового розчину на 170 хв. Масова частка вологи при цьому змінюється до значення 69 % і 76 %, відповідно. А різниця ступеню зневоднення 7 %.

Максимальна швидкість осмотичного зневоднення для всіх трьох випадків лежить в другий період і становить 0,2 %/хв для 60 % цукрового розчину і 0,13 %/хв для 40 % цукрового розчину. Різниця величини швидкості відрізняється в 1,5 рази (рис. 2).

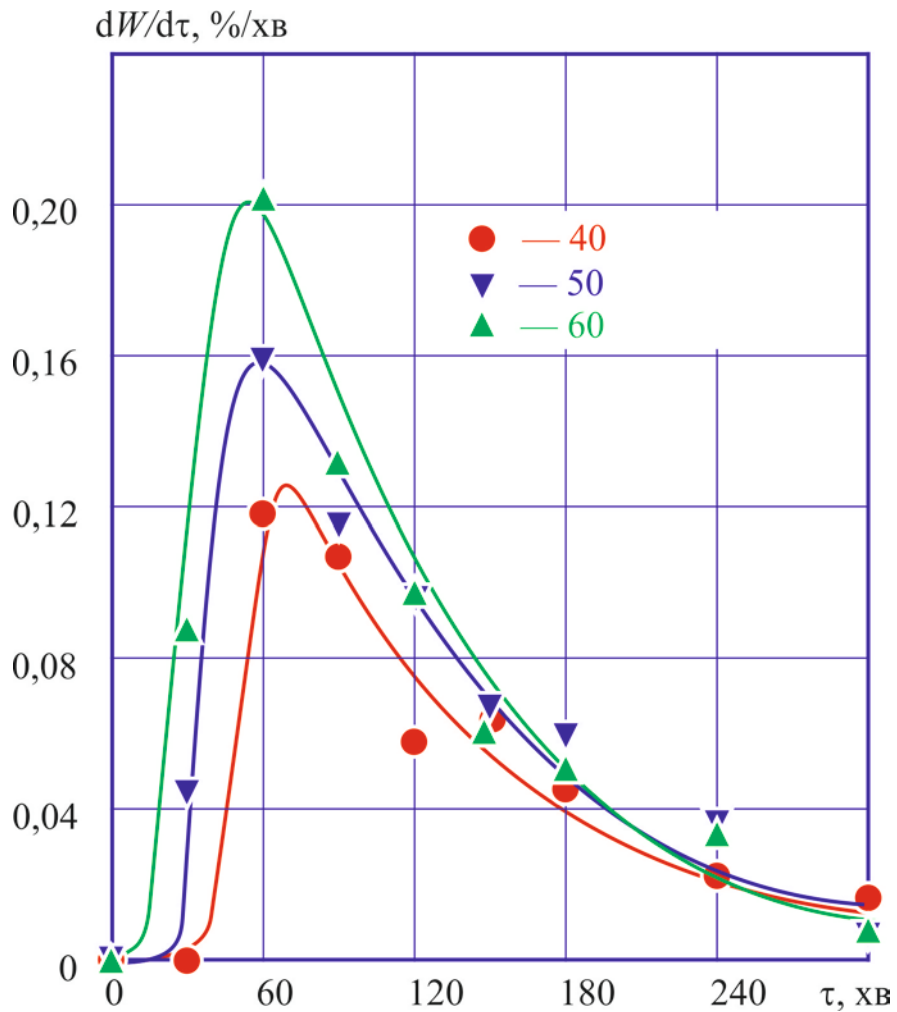


Рис. 2. Кінетика швидкості зміни масової частки вологи ($dW/d\tau$) в зразках айви під час осмотичного зневоднення за різних концентрацій цукрового сиропу (температура $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, діаметр зразку 14 мм)

Швидкість осмотичного зневоднення залежить за інших подібних умов від концентрації цукрового розчину. Чим більша концентрація, тим більша інтенсивність зневоднення і менший кінцевий вологовміст в продукті.

На нашу думку однією з важливих граничних умов є значне насичення продукту цукром. Тому визначення часу настання третього періоду, коли вимивання сухих речовин і видалення вологи призупиняється і переходить до періоду насичення рослинного продукту цукром, а відповідно реального призупинення осмотичного зневоднення, є надзвичайно важливим (рис. 3).

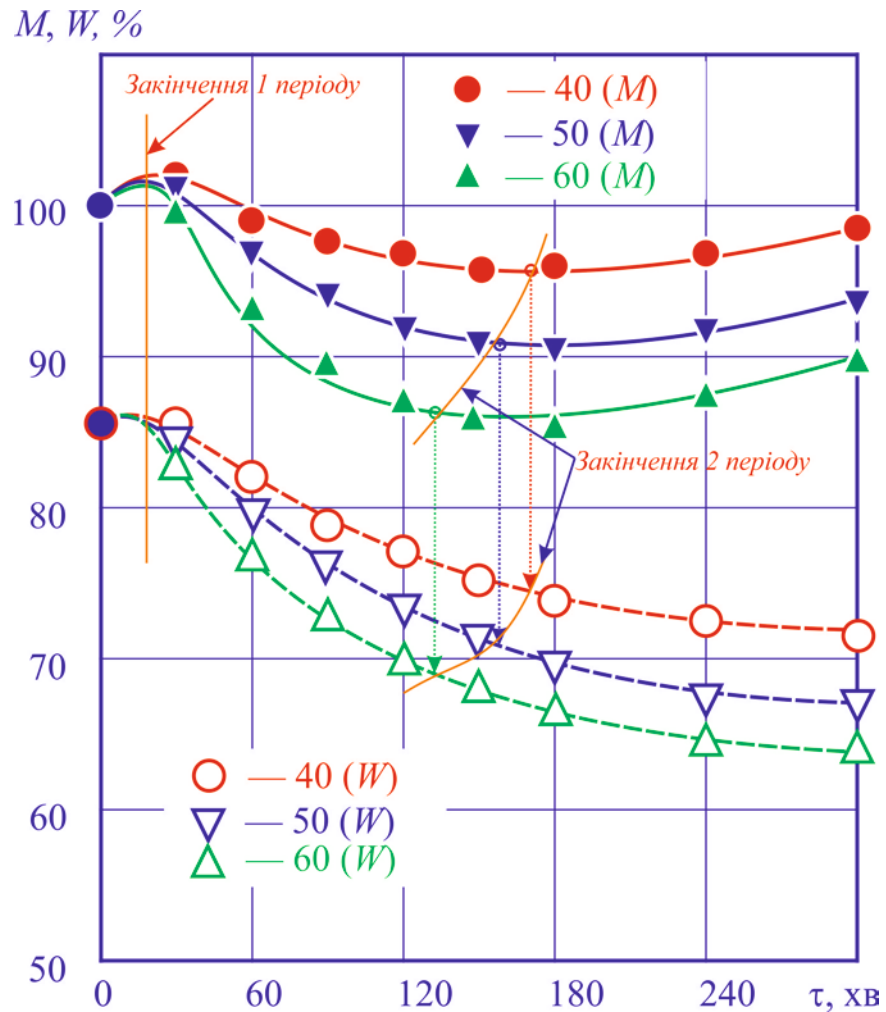


Рис. 3. Періоди осмотичного зневоднення айви за різних концентрацій цукрового сиропу (температура -70°C , діаметр зразку 14 мм)

Результати осмотичного зневоднення айви для зразків діаметром 18 мм при температурі цукрового розчину 70°C мають подібний характер щодо зразків з діаметром 14 мм (табл. 3, 4).

Таблиця 3.

Зміна маси зразків айви під час осмотичного зневоднення за різних концентрацій цукрового сиропу, M , % (температура -70°C , діаметр зразку 18 мм)

CP, %	Час, τ , хв								
	0	30	60	90	120	150	180	240	300
40	100,0	99,6	98,6	98,3	97,4	96,3	95,6	95,2	96,2
50	100,0	101,9	98,9	97,5	96,7	95,7	95,9	96,7	98,4
60	100,0	105,7	102,0	97,5	96,1	95,7	96,9	98,8	102,6

Таблиця 3.4.

Зміна масової частки води в зразках айви під час осмотичного зневоднення за різних концентрацій цукрового сиропу, W , %
(температура -70 °С, діаметр зразку 18 мм)

CP, %	Час, τ , хв								
	0	30	60	90	120	150	180	240	300
40	85,5	84,2	81,5	79,6	78,0	76,7	76,0	74,6	74,0
50	85,5	85,5	82,0	78,8	77,0	75,1	73,8	72,4	71,5
60	85,5	89,5	84,0	78,0	74,5	72,1	70,6	68,3	67,0

Аналіз отриманих результатів показав, що збільшення діаметра циліндрів айви сповільнює процес осмотичного зневоднення, що підтверджується результатами усіх досліджень. При цьому спостерігається збільшення тривалості першого періоду зневоднення (бланшування і поглинання вологи пектинами) і відтермінуванням початку третього періоду (насичення сировини цукром). Зміна характерна для вмісту масової частки вологи при відповідних концентрацій цукрових розчинів (рис. 4, б) та відмінностей швидкості зневоднення (рис. 5, б).

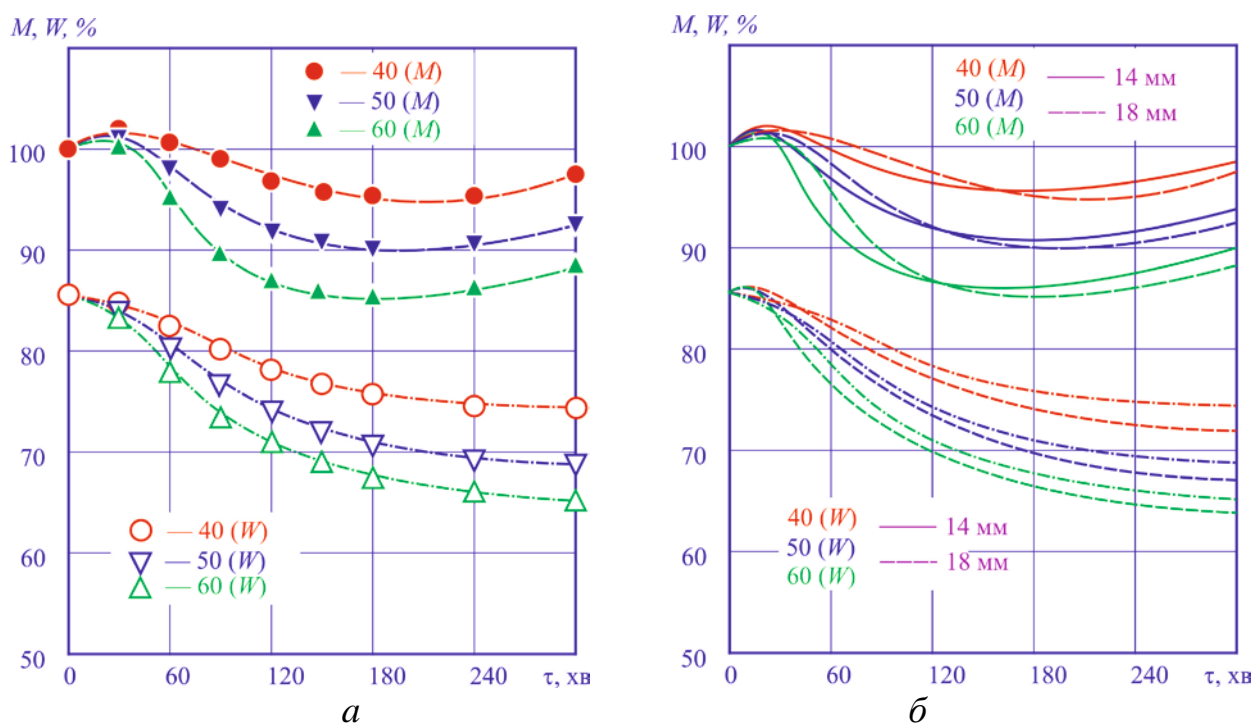


Рис. 4. Кінетика зміни маси (M) і масової частки вологи (W) в зразках айви під час осмотичного зневоднення за різних концентрацій цукрового сиропу:
а – температура -70 °С, діаметр зразку 18 мм;
б – температура -70 °С, діаметр зразків 14 і 18 мм

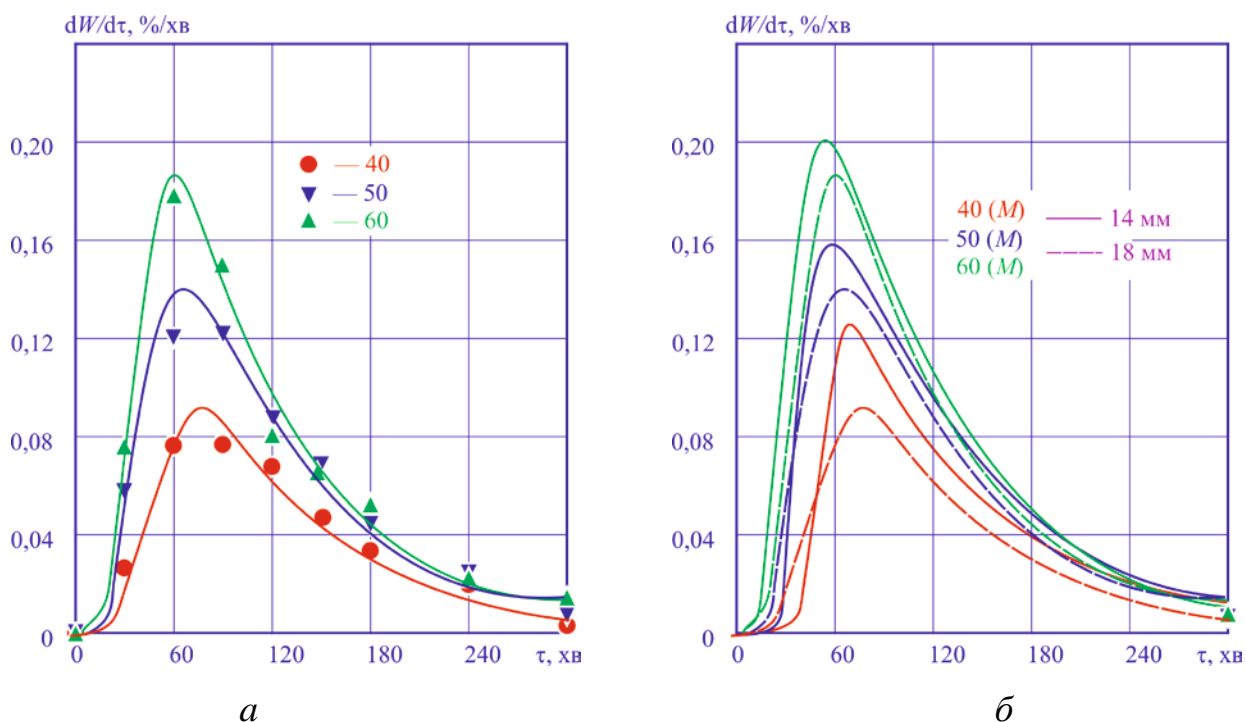


Рис. 5. Кінетика швидкості зміни масової частки вологи ($dW/d\tau$) в зразках айви під час осмотичного зневоднення за різних концентрацій цукрового сиропу:

a – температура $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, діаметр зразку 18 мм;
б – температура $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, діаметр зразків 14 і 18 мм

При зміні температури цукрового розчину спостерігаються такий же перебіг осмотичного зневоднення. Підвищення температури з 50 до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ має яскраво виражений вплив на перший етап зневоднення (табл. 5, 6).

Таблиця 5.

Зміна маси зразків айви під час осмотичного зневоднення за різних температур цукрового сиропу, M , %

(концентрація цукрового розчину – 40 %, діаметр зразків 14 мм)

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	Час, τ , хв								
	0	30	60	90	120	150	180	240	300
50	100,0	99,6	98,6	98,3	97,4	96,3	95,6	95,2	96,2
70	100,0	101,9	98,9	97,5	96,7	95,7	95,9	96,7	98,4
90	100,0	105,7	102,0	97,5	96,1	95,7	96,9	98,8	102,6

Так при температурі осмотичного розчину $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ практично відсутня зміна маси сировини, а при температурах 70 і $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ маса значно збільшується. Дана зміна на нашу думку пов'язана з значним впливом температурного оброблення – бланшування і активним поглинанням вологи пектинами (рис. 3.6). Крім того, підвищення температури розчину призводить до збільшення осмотичного тиску та клітинної проникності дослідних зразків айви, що відповідно інтенсифікує процес осмотичного зневоднення. Так у

першому періоді зневоднення максимальна зміна маси при температурі 90 °С становить 7 %, при – 70 °С становить 3 %.

Таблиця 3.6.

Зміна масової частки води в зразках айви під час осмотичного за різних температур цукрового сиропу, W , %
(концентрація цукрового розчину –40 %, діаметр зразків 14 мм)

t, °C	Час, τ , хв								
	0	30	60	90	120	150	180	240	300
50	85,5	84,2	81,5	79,6	78,0	76,7	76,0	74,6	74,0
70	85,5	85,5	82,0	78,8	77,0	75,1	73,8	72,4	71,5
90	85,5	89,5	84,0	78,0	74,5	72,1	70,6	68,3	67,0

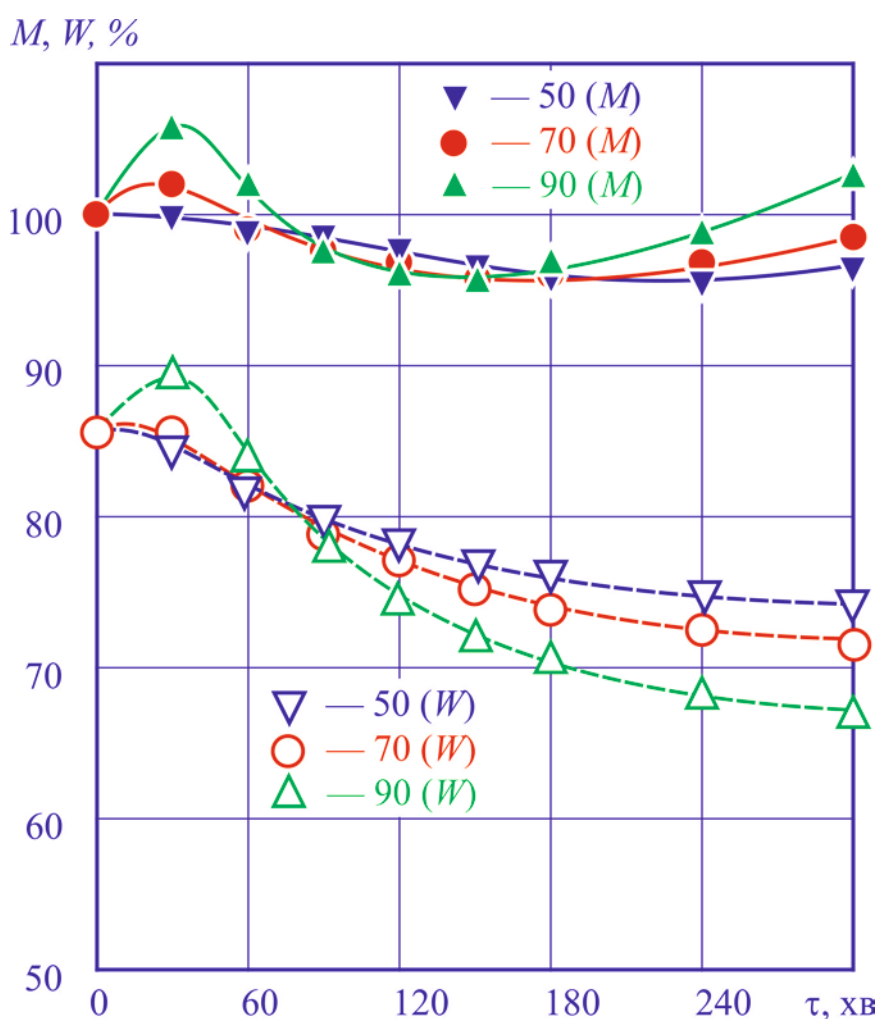


Рис. 6. Кінетика зміни маси (M) і масової частки вологи (W) в зразках айви під час осмотичного зневоднення за різних температур цукрового сиропу (концентрація цукрового розчину – 40 %, діаметр зразків 14 мм)

Висновки

Аналіз отриманих показав, що даних під час осмотичного зневоднення айви при температурі цукрового розчину 70 °С спостерігається три етапи

проходження процесу – насичення вологою, безпосередньо зневоднення і насичення цукром.

Результати експериментального дослідження осмотичного зневоднення показали, що зі збільшенням концентрації розчину цукру з 40 до 60 % час зневоднення зменшується, а період насичення айви цукром починається раніше для всіх дослідів.

Дослідження впливу розміру діаметру часток айви на час зневоднення підтвердили загальноприйняті уявлення і показують, що зі збільшенням діаметру зразків збільшується час проходження усіх стадій процесу.

Список використаної літератури

1. *Клиновий Д.В., Пепа Т.В.* Розміщення продуктивних сил та регіональна економіка України/ За наук. ред. Л.Г. Чернюк: Навчальний посібник. — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 728 с.

2. *Barbanti D.* Air drying of fruit: effects of different pre-treatments on drying rate and product quality / D. Barbanti, D. Mastrocola, G. Pinnavaia, C. Severini, M. Dalla Rosa, A.S. Mujumdar, I. Filkova // Elsevier Science Publishers: Amsterdam, 1991.— P. 471–482.

3. *Raoult-Wack A.L.* Recent advances in the osmotic dehydration of foods / A.L. Raoult–Wack // Trends in Food Science and Technology. – 1994. – № 5. – P. 255–260.

4. *Raoult–Wack A.L.* Simultaneous water and solute transport in shrinking media / A.L. Raoult–Wack, S. Guilbert, M. Le Maguer, G. Rios // Journal of Food Technology. – 1999. – №14. – P. 38–41.

5. *Ільєва О.С.* Дослідження впливу зв'язку вологи фруктів і овочів на ефективність їх осмотичного зневоднення/ О.С. Ільєва, Г.С. Герасим, Т.І. Нікітчина // Харчова наука і технологія. – 2012.– № 1.– С. 74-77.