

УДК [001.8:637.3]:664

Сукманов В.О., д-р техн. наук, проф.,  
Скляренко О.В. (ДонНУЕТ, Донецьк)

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВОДИ У М'ЯКОМУ СИРІ

*У статті наведено результати експериментальних досліджень стану води в м'яких сирах, вироблених за традиційною технологією і з застосуванням технології високого тиску.*

**Ключові слова:** зв'язана і вільна вода, м'який сир, високий тиск.

**Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Вода є найважливішою складовою частиною харчових продуктів, її взаємодію з хімічними компонентами обумовлює консистенцію, структуру, її стійкість під час зберігання. Зміни властивостей продукту пов'язані як з кількістю води, так і з її термодинамічним станом [1]. Найбільша відсоткова частка складових у м'яких сирах припадає на воду.

За будовою м'який сир відповідає моделі глобулярної структури пористого тіла. Дисперсна система продукту складається з аморфних білкових частинок, зв'язаних у просторовий каркас певної щільності. Проміжки між білковими частинками утворюють звивисту систему пор з розширеннями та звуженнями, які чергуються. Таким чином, дисперсна система м'якого сиру представлена елементарними осередками, які заповнюють весь об'єм пористого тіла. Форма пор залежить від форми коагульованих частинок і їхнього взаємного розміщення, а розміри пор залежать від концентрації частинок і щільності їхньої упаковки [2].

Одним з важливих чинників забезпечення стійкості харчової системи під час зберігання є співвідношення вільної та зв'язаної вологи.

Зв'язаною є асоційована вода, міцно зв'язана з різними компонентами: білками, ліпідами і вуглеводами завдяки фізичним та хімічним зв'язкам [3].

Структурні та динамічні властивості води визначаються розташуванням водних молекул відносно активних центрів на поверхні білків. Через сильну енергетичну взаємодію з молекулами білків зв'язана вода не замерзає за низьких температур, не розчиняє хімічні речовини, є недоступною для ферментативних реакцій та обумовлює стабільність системи під час зберігання.

На сьогоднішній день відсутні наукові дані щодо вмісту вільної та зв'язаної вологи в СМС.

**Метою статті** є визначення співвідношення зв'язаної та вільної води в м'якому сирі, виробленому за традиційною технологією і м'якому сирі, виробленому із застосуванням високого тиску (ВТ) – сиру, виробленому за розробленою нами технологією.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Відмінною особливістю технології м'якого сиру із застосуванням високого тиску є те, що сир виробляється з непастеризованного молока і після стадії «самопресування» його герметично упаковують, продукт поміщають у камеру установки високого тиску, заповнену

дистильованою водою, в якій створюється високий гідростатичний тиск (від 100 до 1000 МПа), який руйнує клітини патогенної мікрофлори, і, залежно від величини тиску, температури і тривалості процесу, може призвести до змін у продукті на міжмолекулярному рівні. На відміну від традиційної теплової обробки, ВТ рівномірно впливає на всі ділянки і ізостатично передається через проміжну рідину на продукт за певної тривалості впливу. Ізостатична обробка тиском забезпечує гомогенні технологічні умови незалежно від розміру, структури і позиції всередині резервуара.

Великою перевагою такої обробки є і те, що продукти можуть бути законсервовані в кінцевій упаковці, за рахунок чого задовольняються найвищі гігієнічні вимоги.

Обробку дослідних зразків сиру високим тиском здійснювали на вимірювальному комплексі високого тиску в проблемній науково-дослідній лабораторії «Використання високого тиску в харчових технологіях», які дозволяють обробляти герметично упаковані зразки різних продуктів тиском до 1000 МПа за температури від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [4]. Експериментальні дослідження на вимірювальному комплексі забезпечуються спеціально розробленим програмним забезпеченням і повністю автоматизовані.

Параметри процесу обробки високим тиском на стадії дослідження такі: тиск: від 300 до 600 МПа, тривалість обробки: від  $5 \times 60^1\text{ с}$ , до  $30 \times 60^1\text{ с}$ ; температура процесу прийнята постійною і рівною температурі продукту в момент завершення його самопресування:  $18 \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Як контрольний зразок використовували сир «Здоров'я», вироблений за традиційною технологією на Мар'їнському молокозаводі ВАТ «Лактіс».

Масову частку вологи в продукті було визначено термогравіметричним методом згідно ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества». Суть методу полягає в зважуванні наважки продукту, висушуванні її за умови постійної температури ( $102 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), визначенні співвідношення маси наважки до і після висушування.

Масову частку сухої речовини  $C$ , % обчислювали за формулою:

$$C = \frac{(m_2 - m) \cdot 100}{m_1 - m}, \quad (1)$$

де  $m$  – маса бюкси зі скляною паличкою і піском, г;

$m_1$  – маса бюкси зі скляною паличкою, піском і наважкою до висушування, г;

$m_2$  – маса бюкси зі скляною паличкою, піском і наважкою після висушування, г.

Масову частку вологи в сирі ( $W$ , %) визначали за формулою:

$$W = 100 - C, \quad (2)$$

де  $C$  – масова частка сухої речовини, %.

Розходження між паралельними визначеннями не перевищувало 0,2 %. За остаточний результат приймали середнє арифметичне значення двох паралельних визначень.

Вміст вільної та зв'язаної води у м'якому сири визначали методом диференційно-скануючої калориметрії на мікрокалориметрі ДСМ-2М. Цей метод заснований на різному агрегатному стані вільної та зв'язаної води за від'ємних температур. Якщо зразок охолодити до температури меншої 0 °С, то вільна волога замерзне, зв'язана – ні. За нагрівання замороженого зразка в калориметрі можна виміряти тепло, спожите під час танення льоду. Незамерзаючу воду визначали як різницю між загальною і замерзаючою водою. Використовуваний нами в науково-дослідній роботі мікрокалориметр ДСМ-2М має характеристики [5]:

- швидкість температурного сканування 0,5 ÷ 64 град. / хв;
- робочий діапазон температур від -150 до 500 °С;
- похибка результатів вимірювання теплоємності 1 %;
- основна абсолютна похибка вимірювання температури калориметричних камер ± 0,3 К.

Досліджувані зразки сиру масою 0,0010-0,0015 г поміщали в алюмінієві контейнери і охолоджували рідким азотом до -50 °С, для встановлення рівноваги витримували декілька хвилин. У калориметрі вимірювали тепло, отримане в результаті нагрівання наважки, яке було використане для плавлення замороженої води. Фазові переходи плавлення льоду фіксували на термограмах за умови швидкості сканування 4 град./хв у температурному інтервалі від -50 °С до +10 °С.

Вміст вільної води розраховували за ендотермами плавлення льоду та калібрувальною залежністю «маса води – площа піку». Вміст зв'язаної води, яка не замерзла в умовах досліду, визначали за різницею кількості загальної та вільної води. Результати отриманих даних масової частки вологи у м'якому сири до обробки високим тиском і в контрольному разку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Масова частка вологи в експериментальному зразку м'якого сиру «Здоров'я» до обробки високим тиском і в контрольному зразку

Масова частка вологи в контрольному зразку – 59,6 %		Масова частка вологи у м'якому сири до обробки високим тиском – 62,0 %	
вільна вода	зв'язана вода	вільна вода	зв'язана вода
46,7	12,9	49,7	12,3

Математична обробка отриманих експериментальних кривих була виконана в програмі FindGraph. Дані залежності були описані залежністю (3), їхнє графічне зображення подано на рисунках 1-3, а результати обробки і статистичний аналіз отриманих залежностей представлений в таблиці 2.

$$y = a + b \times x + c \times x^2 \quad (3)$$

Аналіз результатів досліджень та їхній математичний опис дозволили констатувати наступне. Обробка м'якого сиру високим тиском призводить до зни-

ження масової вологи, водночас зменшується вміст вільної води і збільшується кількість зв'язаної води. Причому час обробки робить більший вплив, ніж тиск.

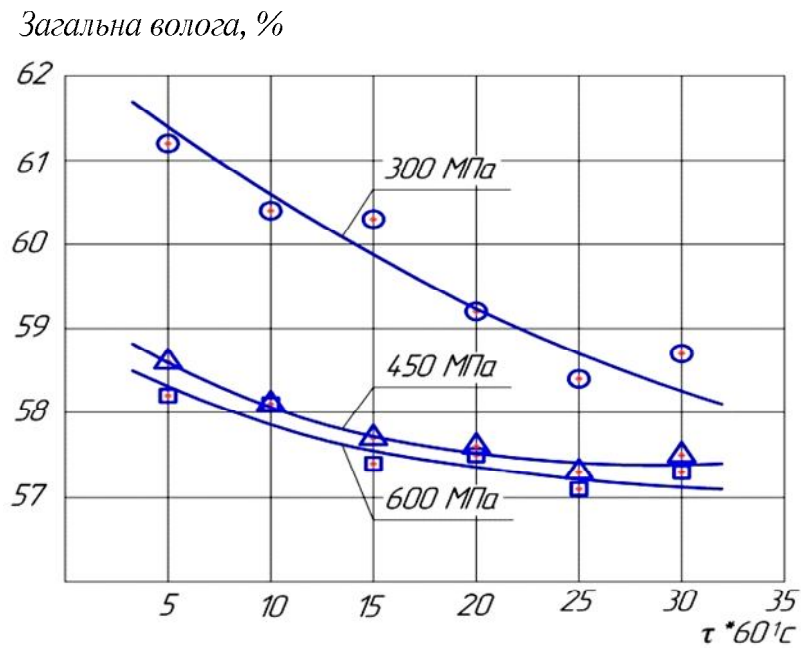


Рисунок 1 – Графічні залежності зміни загальної вологи у м'якому сири залежно від параметрів обробки високим тиском

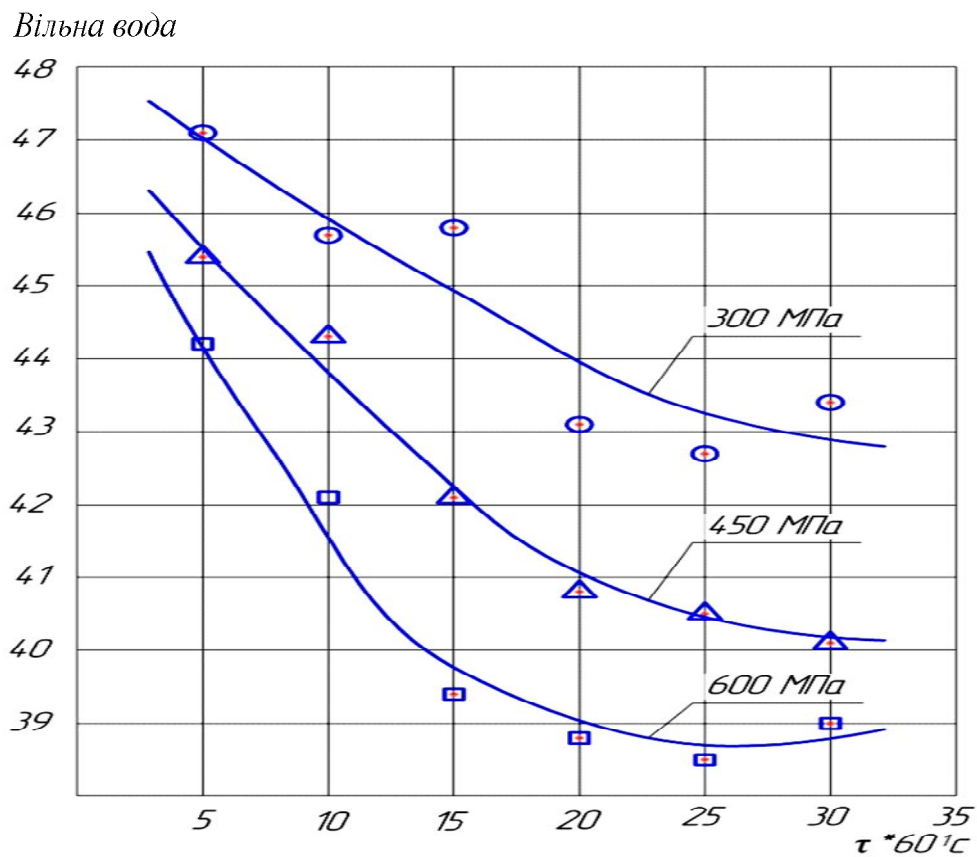


Рисунок 2 – Графічні залежності зміни вільної вологи у м'якому сири залежно від параметрів обробки високим тиском

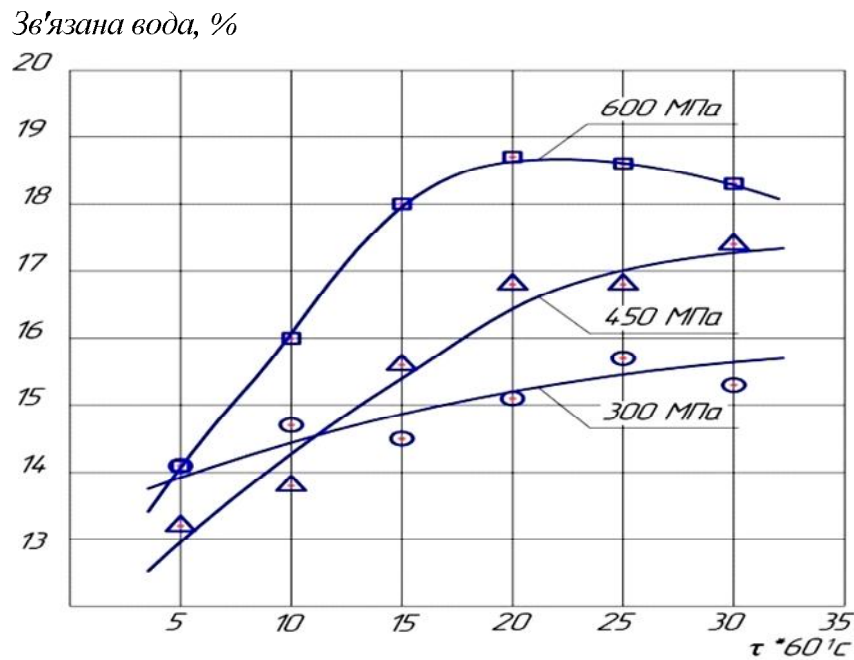


Рисунок 3 – Графічні залежності зміни зв'язаної води у м'якому сирі залежно від параметрів обробки високим тиском

Таблиця 2 – Результати математичної обробки

Тиск, P, МПа	$R^2$	F-statistics	Fit standard error	Значення коефіцієнтів		
				a	b	c
Загальна волога						
300	0,923	17,975	0,393	62,11	-0,0029	5,3571429e-007
450	0,978	66,674	0,090	59,25	-0,0024	7,7380952e-007
600	0,869	9,956	0,208	58,79	-0,0018	5,3571429e-007
Вільна вода						
300	0,857	9,042	0,876	49,07	-0,0064	1,6865079e-006
450	0,979	70,086	0,408	47,97	-0,0083	2,202381e-006
600	0,984	94,192	0,366	47,69	-0,0127	4,3849206e-006
Зв'язана вода						
300	0,807	6,257	0,329	13,64	0,0017	-3,5714286e-007
450	0,961	36,517	0,446	11,28	0,0059	-1,4285714e-006
600	0,991	162,919	0,227	11,1	0,0108	-3,8492063e-006

Так, за застосовуваного тиску 300 МПа і часу обробки  $30 \times 60^1$ с масова частка вологи знизилася з 62,0 % до 58,7 %, що склало 3,3 %, вміст вільної води знизився з 49,7 % до 43,4 %, що склало 6,3 %, вміст зв'язаної води збільшився з 12,3 % до 15,3 %, що склало 3 %. За 450 МПа і часу обробки  $30 \times 60^1$ с масова частка вологи знизилася з 62,0 % до 57,5 %, що склало 4,5 %, вміст вільної води знизився з 49,7 % до 40,1 %, що склало 9,6 %, вміст зв'язаної води збільшився з 12,3 % до 17,4 %, що склало 5,1 %. За 600 МПа і часу  $30 \times 60^1$ с масова частка вологи знизилася з 62,0 % до 57,3 %, що склало 4,7 %, вміст вільної води знизив-

ся з 49,7 % до 39,0 %, що склало 10,7 %, вміст зв'язаної води збільшився з 12,3 % до 18,3 %, що склало 6 %.

### Висновки

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що нова технологія із застосуванням високого тиску позитивно впливає на властивості м'якого сиру. Перерозподіл вологи в м'якому сирі в подальшому, можливо, буде сприяти покращенню реологічних властивостей в процесі зберігання. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення зміни вмісту вологи в процесі зберігання м'якого сиру.

### Список літератури

1. Вода в полімерах / Под ред. С. Роуланда; пер. с англ. А.Л. Иорданенко, В.С. Лившица. – М.: Мир, 1984. – 555 с.
2. Карнаухов А.П. Геометрическое строение, классификация и моделирование дисперсных и пористых тел / А.П. Карнаухов // Адсорбция и пористость: Тр. IV Всесоюз. конф. по теоретическим вопросам адсорбции. – М., 1976. – С. 7-15.
3. Твердохлеб Г.В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Р.И. Романаускас. – М.: ДеЛипринт, 2006. – С. 265-278.
4. Сукманов В.О. Розробка автоматизованого експериментального комплексу для обробки продуктів високим тиском / В.О. Сукманов [та ін.] // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2006. – Вип. 14. – С. 65-71.
5. Дифференциальный сканирующий калориметр ДСМ-2М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации П52.825.010 ТО. – Пущино: СКББП. – 1979. – 40 с.

УДК 66.083.2:367.9

Сукманов В.О., д-р техн. наук, проф.,  
Охременко С.І. (ДонНУЕТ, Донецьк)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ В СИРОВИНІ ПАСТИ З ПРЯНИХ РОСЛИН

*У статті розглянуто питання про зміст ефірних олій кропу та петрушки. Досліджено зміну кількісного складу ефірних олій кропу та петрушки залежно від збору врожаю.*

**Ключові слова:** ефірні олії, кріп, петрушка, паста з пряних рослин.

**Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Для споживача велике значення має запах харчового продукту, який одночасно з кольором і смаком характеризує не тільки свіжість і якість продукту, але й необхідні параметри для його впізнаваності. Відомо, що смако-ароматичні речовини, які містяться в харчовій сировині, є дуже нестійкими. За певних умов промислової переробки та тривалого зберігання вони часто випаровуються та руйнуються. Тому слід розвивати нові технології, які ма-