

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЇСТІВНОГО ПОКРИТТЯ / ПЛІВКИ

Шульга О. С.
кандидат технічних наук,
доцент кафедри експертизи харчових продуктів

Чорна А. І.
кандидат технічних наук,
асистент кафедри експертизи харчових продуктів
Національний університет харчових технологій

Іванов С. О.
кандидат технічних наук,
науковий співробітник відділу теплометрії,
діагностики та оптимізації в енергетиці
*Інститут технічної теплофізики
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Виготовлення їстівного покриття / плівки потребує етапу сушіння в умовах виробничого цеху. Підвищення температури середовища за якої висушується продукт негативно впливає на органолептичні показники якості виробів. Крім того, потребуватиме придбання та встановлення додаткового обладнання, що негативно позначиться на собівартості продукції. Враховуючи це необхідним є встановлення теплоти випаровування води та теплоємності зразків біодеградабельного їстівного покриття / плівки. Досліджувалися два зразки, які є найбільш оптимальними до використання. Різниця між зразками полягає у додаванні ПВС до складу одного зі зразків. Обидва зразки представляють собою емульсію з великим вмістом води 72% (зразок 1) та 69% (зразок 2). Вміст вологи у висушеній плівці / покритті становить 6%. Отже, з наукової точки зору необхідним є встановлення характеру видалення вологи зі зразків та встановлення, по можливості, впливу складових на даний процес.

Вважається, що волога в харчових продуктах міститься у вільному та зв'язаному стані. Проте враховуючи, що вільна волога повинна видалятися під час механічної дії (віджимання, пресування), тому, виходячи з цих міркувань, вільної вологи їстівне покриття / плівка не містить. Отже, до складу їстівного покриття / плівки входить зв'язана волога. Відповідно до класифікації П. А. Ребіндера [1] розрізняють наступні види зв'язаної вологи: за рахунок хімічного, фізико-хімічного та механічного зв'язку. З наведених видів для їстівного покриття / плівки характерна адсорбційно- та механічно-зв'язана волога, причому механічно-зв'язана за рахунок мікрокапілярів. Відповідно кількість енергії, яку необхідно надати матеріалу для видалення кожного виду вологи буде різною, а за умов сталої температури навколишнього середовища потребуватиме більшого часу.

Відомо, що [2] значення питомої теплоти випаровування води (r_e) визначено як функцію температури та тиску навколишнього середовища і згідно з результатами досліджень r_e практично лінійно залежить від температури ($r_e = 2501$ кДж/кг за температури 0 °С і 2256 кДж/кг за температури 100 °С). Під час сушіння їстівного покриття / плівки змінюється не тільки масова частка вологи шару цього покриття / плівки, а і співвідношення видів зв'язаної вологи в шарі матеріалу. За таких обставин, якщо погодитися з тим що на ранніх етапах сушіння найбільш інтенсивно випаровується механічно-зв'язана волога, яка у формульованому розчині їстівного покриття / плівки знаходиться як мікро-, так і макрокапілярах, а вже потім адсорбційно зв'язана [3], на випаровування якої потрібно більше енергії, тому є підстави вважати, що найбільш інформативним параметром залежності зміни величини теплоти випаровування вологи з матеріалу є значення масової частки вологи матеріалу. Необхідно також враховувати, що їстівне покриття / плівка за певної вологості рівноважного стану вмісту вологи, тобто кількість вологи, яка видаляється з матеріалу в навколишнє середовище буде приблизно відповідати кількості вологи, яку матеріал поглинає з повітря, що вказує на досягнення зразком межі гігроскопічності. З метою інтенсифікації процесу сушіння матеріалу за таких умов необхідно додаткове підведення енергії.

Дослідження залежності питомої теплоти випаровування вологи від вмісту вологи у матеріалі їстівного покриття, а також масової теплоємності матеріалу від температури, проводили з використанням спеціалізованого калориметричного приладу ДКМИ-01, який розроблено Інститутом технічної теплофізики НАН України [4].

Результати визначення питомої теплоти випаровування вологи зі зразків склади, яких наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Склад їстівного покриття / плівки для визначення теплоти випаровування та теплоємності

№	Вміст компонентів, %					
	Крохмаль картопляний	Желатин	ПВС	Карбамід	Ляна олія	Вода
1	5,0	15,0	-	3	5	72,0
2	6,5	15,0	1,5	3	5	69,0

На рис. 1 наведено результати дослідження теплоти випаровування залежно від складу їстівного покриття / плівки.

Відповідно до наведених складів (див. табл. 1) початкова масова частка вологи зразків різна.

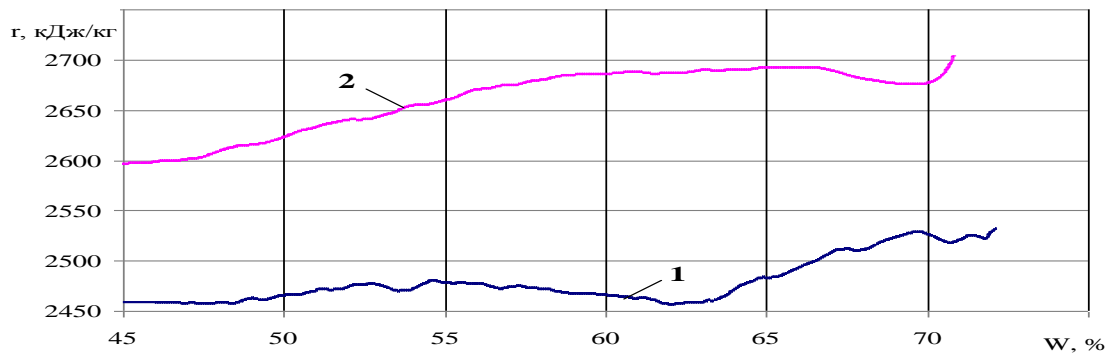


Рис. 1. Питома теплота випаровування зразків їстівного покриття / плівки

Результати показують (див. рис. 1), що найбільш інтенсивно процес випаровування відбувається на початкових етапах, що є цілком логічним, оскільки механічно-зв'язана волога за властивостями схожа на вільну і тому найменш міцно зв'язана з матеріалом. Відповідно питома теплота випаровування зменшується з 2720 до 2560 кДж/кг для зразка 1 та з 2530 до 2460 кДж/кг для зразка 2.

На наступних етапах сушіння починає випаровуватися адсорбційно-зв'язана волога. Нагадаємо [5], що це волога, яка утримується біля поверхні розділу колоїдних частинок (в нашому випадку – крохмаль, желатин та ПВС) з навколишнім середовищем, завдяки молекулярно-силовій взаємодії поверхні міцел і гідрофільних центрів зазначених полімерів та лляної олії. При чому враховуючи, що ця волога утворює полімолекулярний шар, який за силою приєднання не рівномірний по товщині утвореного шару. Зрозуміло, що найбільш міцно тримається найближчий до міцел шар – моношар, тобто волога, яка залишається наприкінці та становить кінцеву масову частку вологи продукту – 6%. По мірі наближення до цього моношару інтенсивність випаровування вологи зменшується, що і видно з рис. 1. Крім того, варто зазначити, що питома теплота випаровування вологи обох зразків значно перебільшує питому теплоту випаровування води $r_g = 2430,5$ кДж/кг за температури 30 °С, що підтверджує висновок відносно того, що вся волога, що наявна у зразках є зв'язаною.

Необхідно також зазначити, що питома теплота випаровування для 2 зразка більша порівняно зі зразком 1, що можна пояснити наявністю у складі 2 зразка ПВС. До складу ПВС входить ОН-група, враховуючи, що ступінь полімеризації становить 1200-1700, це значно збільшує центри для утворення водневих зв'язків і, як наслідок, волога більш міцно утримується, що і збільшує питому теплоту випаровування.

Похибка визначення теплоти випаровування вологи з дослідних зразків їстівного покриття у діапазоні відносної вологості матеріалів 45-72% не перебільшує $\pm 2,5\%$. Під час подальшого зменшення масової частки вологи дослідних зразків технічні можливості засобу вимірювання не дозволяють отримати коректну інформацію стосовно швидкості втрати маси зразками на завершальних стадіях їх зневоднення внаслідок зменшення корисної складової

сигналу сенсорів. На завершальній стадії зневоднення зразків величина корисної складової стає близькою до шумової складової вимірювального сигналу, що призводить до появи значної похибки вимірювання.

Література:

1. Акулич П. В. Расчет сушильных и теплообменных установок [Текст] / П. В. Акулич. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 443 с.
2. Лебедев Ю. А. Термохимия парообразования органических веществ: теплоты испарения, сублимации и давление насыщенного пара [Текст] // Ю. А. Лебедев, Е. А. Мирошниченко. – М.: Наука, 1981. – 216 с.
3. Особенности испарения воды из растительных тканей в процессе сушки [Текст] / Ю.Ф.Снежкин [и др.] // Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности: сборник научных трудов Междунар. н.-т. конф., посвящённой 105-летию со дня рождения А. Н. Плановского: Т. 2., 8-9 сентября 2016. –Москва, Россия. – М.: ФГБОУ ВО МГУДТ, – 2016. – С. 11-15.
4. Установка синхронного теплового анализа ДМКИ-01 для исследования процесса сушки влажного сырья [Текст] / Ю. Ф. Снежкин [и др.]. Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК: междунар. н.-т. конф., 23-26 сент. 2014, Иваново, Россия: труды конф.: в 2 т. Иваново: ИГХТУ, 2014. – Т. 1. – С. 34-38.
5. Киселева Т. Ф. Технология сушки: Учебно-методический комплекс [Текст] / Т. Ф. Киселева – Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2007. – 117 с.