

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОГО КОМПОНУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ЯКІСТЬ СУХОГО ПРОДУКТУ ТА ТЕПЛОТУ ВИПАРОВУВАННЯ

Снєжкін Ю.Ф. д-р техн. наук, професор,
Петрова Ж.О. канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Дмитренко Н.В., Гетманюк К.М.
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

У статті наведені результати дослідження попереднього компонування рослинної сировини на якість сухого продукту та теплоту випаровування.

The results of research of the previous mixing of raw material from plants on quality of dry product and warmth of evaporation are presented in the article

Ключові слова: буряк, лимон, рослинні композиції, якість, теплота випаровування.

Інтегрування України у світове економічне співтовариство ставить нові додаткові вимоги до якості та асортименту продукції, що випускається промисловістю. Жорстка конкуренція спонукає до розширення асортименту, пошуку нових видів продуктів зі збалансованим вмістом білків, вуглеводів, жирів та вітамінів. Це стосується також виробництва рослинних харчових концентратів та харчових порошків. Однією з умов отримання сухого продукту високої якості є збереження кольору, смаку, запаху, вітамінної активності рослин після сушіння. Крім того, для досягнення повноцінної біологічної активності харчування необхідно, щоб до складу продуктів входили не окремо взяті вітаміни та мікроелементи, а правильно підібрані у кількісному співвідношенні між собою та з іншими харчовими речовинами комплекси. Можна також складати композиції з різних овочів, фруктів, зернових та бобових рослин, які містять антиоксиданти, фолати, фітоестрогени та пребіотики, завдяки яким вони стають функціональними.

Великий вміст поліфенолів в тканинах плодів і овочів та висока активність окисних ферментів призводять до небажаних змін їх кольору та смаку під час переробки сушінням. Зміни можуть бути наслідком як ферментативних так і не ферментативних реакцій. В основі ферментативних процесів лежить окиснення поліфенолів. Під час сушіння функціональної сировини, яка має високий вміст білків та вуглеводів, можливі реакції неферментативного Браунінгу, заключним етапом якого є утворення азотовмісних коричневих полімерів відомих як меланоїдіни. Все це знижує харчову цінність кінцевого продукту [1].

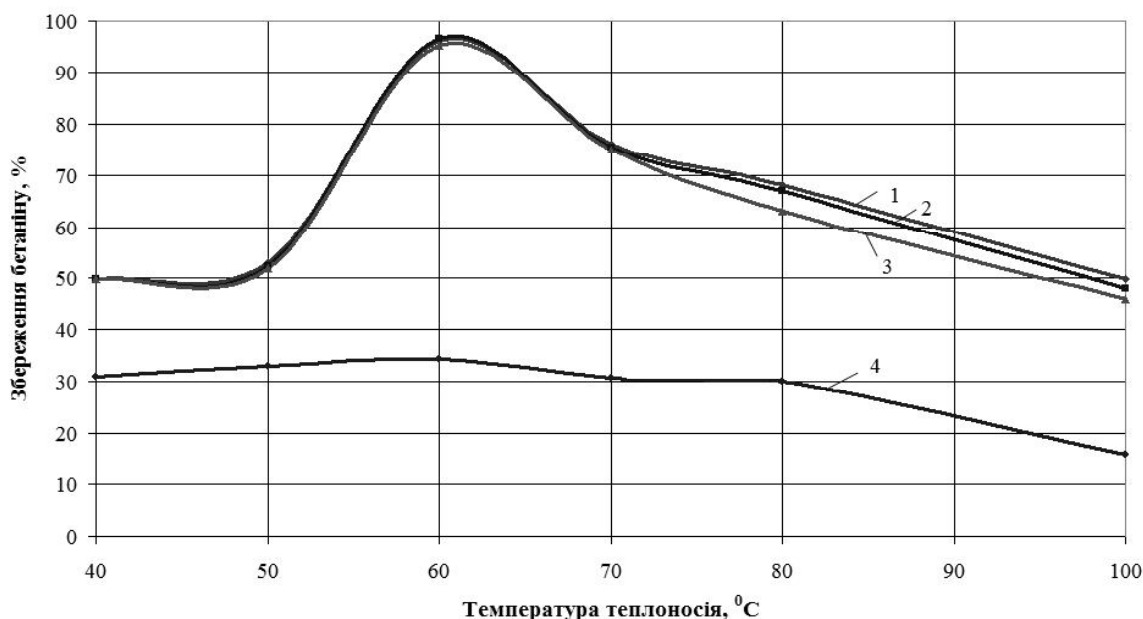
Відомо, що інактивація ферментів та припинення небажаних неферментативних реакцій можливо при деяких видах попередньої обробки рослинної сировини перед сушінням. Наприклад, при попередній термічній чи паротермічній обробці, вимочуванні у розчинах солей та кислот, обробці гарячими газами та т.і. Під час такої обробки відбуваються складні фізичні, фізико-хімічні, структурні та біохімічні перетворення, змінюється стан рослинних тканин. До того ж, попередня обробка може покращити вологовіддачу, прискорити та полегшити процес сушіння.

Щоб отримати новий вид сухого функціонального харчового продукту та скоротити затрати часу на його виготовлення ми спробували поєднати етап попередньої обробки сировини з процесом сушіння шляхом створення функціонально необхідної та виправданої рослинної композиції на етапі підготовки до сушіння. Це стало можливим, коли ми припустили, що попередню обробку шляхом гіротермічної обробки у підкисленому середовищі цілком можливо замінити простим компонуванням рослинної сировини з високим вмістом кислот з рослинною сировиною, в якій під час сушіння можуть відбуватись процеси ферментативного чи неферментативного Браунінгу та окислення [2, 3].

Ціллю дослідження, яке висвітлюється в запропонованій статті, стало вивчення впливу попереднього компонування рослинної сировини на якість кінцевого продукту та затрати теплоти при зневодненні.

Функціональна рослинна сировина нами поділяється на 4 основні групи: антиоксидантна, фітоестрогенна, фолатовмісна та пребіотична. В даній роботі представлені результати дослідження бетаніновмісної сировини на основі столового буряку. Збереження бетаніну в столовому буряку можливо за рахунок попередньої гіротермічної обробки. Відхід від використання попередньої гіротермічної обробки спонукав нас до створення композицій столовий буряк – лимон та столовий буряк – ревінь. Для дослідження було використано нарізані на шматочки тканини буряку, лимону та ревеню і їх композиції у співвідношенні 3:1 та 2:1 відповідно. На цих об'єктах були досліджені зміни в хімічному складі та харчової цінності кінцевого продукту і зміни в затратах теплоти на зневоднення. Оцінку якості отриманого сушеного продукту проводять за вмістом бетаніну. Вміст бетаніну визначають за спектрами поглинання, використо-

вуючи величину оптичної густини при довжині хвилі 540 нм [4]. Затрати теплоти на випаровування визначали в диференціальному мікрокалориметрі випаровування ДМКВ-1 [5], де реалізовано кондуктивно-конвективний спосіб сушіння.



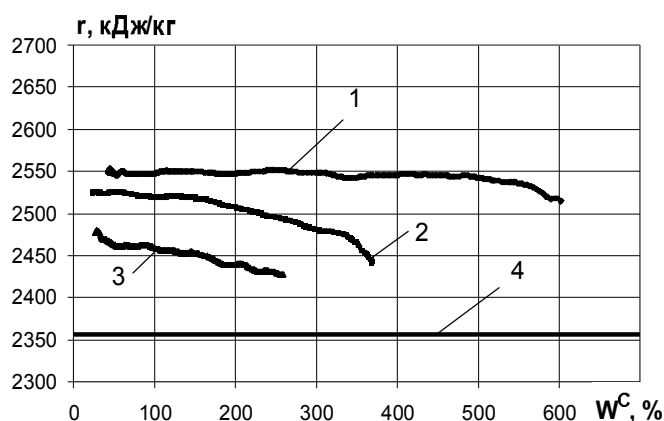
1 – буряк гігротермічний; 2 – буряк-ревень (2 : 1);
3 – буряк-лимон (3 : 1); 4 – буряк

Рис. 1 – Вплив температури сушіння на збереження бетаніну в залежності від типу сировини та виду обробки

Дослідження ступеню збереження бетаніну в кінцевих продуктах сушіння від температури теплоносія показало (рис.1), що максимальне (до 96,1...96,5%) збереження бетаніну в бурякових сумішах, як і в буряку гігротермічно обробленому при рН середовища 3,2...4, відбувається при температурі сушіння біля 60°C. При температурах сушіння 40...50 °C ступень збереження бетаніну знаходиться на рівні 50%. При підвищенні температури від 60 до 100 °C відсоток збереження бетаніну поступово зменшується і при температурі 100°C знов досягає рівня 50%. Збереження бетаніну в столовому буряку необробленому, коливається в межах 30% при температурі сушіння 40...80 °C, а при підвищенні температуру до 90...100 °C кількість бетаніну складає 24...16%.

Таким чином, сушіння зазначених композицій, як і буряку гігротермічно обробленого, дозволяє досягти значного ступеню збереження бетаніну порівняно з сушінням свіжого столового буряку. Аналізуючи результати збереження бетаніну можна зробити висновок, що найкраще збереження бетаніну відбувається при температурі сушіння 60°C. Тобто, сушіння композицій при температурі 60°C є оптимальним за якісними показниками.

Теплота випаровування з паренхімних тканин рослин залежить від енергії зв'язку води з розчиненими речовинами клітинного соку та біополімерами, що складають кістяк рослинних тканин. При сушінні зменшується об'єм матеріалу, в результаті чого змінюється його мікроструктура і кількість активних центрів, що викликає зміни в водоутримуючій здатності [6-8] та впливає на величину поточного значення теплоти випаровування [9]. Змішування шматочків подрібнених тканин буряку з шматочками ревеню та лимону, як і попередня гігротермічна обробка буряку у підкисленому середовищі, повинно призводити до деяких змін в хімічному складі компонентів композиції, хоча б завдяки руйнуванню клітинних оболонок під впливом органічних кислот [1, 10]. Зміна ж хімічного складу, безумовно, призведе до змін в водоутримуючій здатності рослин та в затратах теплоти на зневоднення. Останнє підтверджується даними з експериментального визначення питомої теплоти випаровування води r з тканин лимону, буряку та їх суміші в калориметрі випаровування при температурі сушіння 60 °C, швидкості повітря над зразком 0,4 см/с та його вологовмісті 6,5 г/кг сухого повітря (рис. 2).



1 – лимон; 2 – буряк;
3 – буряк-лимон (3 : 1); 4 – вода

Рис. 2 – Вплив сушіння на теплоту випаровування в залежності від типу сировини

компонування буряку з лимоном призвело до значного зменшення приведеної теплоти випаровування води порівняно з даними для вихідних компонентів суміші – приблизно на 2% порівняно з буряком та приблизно на 4% порівняно з лимоном. Імовірні зміни в хімічному складі рослинних компонентів в результаті перемішування шматочків буряку та лимону аналогічні змінам при гіротермічній обробці буряку у підкисленому середовищі, могли призвести до відповідних змін вмісту зв'язаної води в композиції. Останнє не могло не віддзеркалитися на зменшенні теплоти випаровування води з композиції буряку та лимону, як це було при попередньої паротермічній обробці паренхімних тканин яблук [11].

Висновки

В результаті проведених досліджень було встановлено оптимальну, при якій збереження бетаніну максимальне, температуру зневоднення бетаніновмісної сировини на рівні 60°C.

Також, було отримано зменшення теплоти випаровування води з рослинної композиції буряк-лимон порівняно з даними для вихідних компонентів за рахунок зниження водоутримуючої здатності та кількості зв'язаної води в композиції в результаті імовірних змін в хімічному складі рослинних компонентів при перемішуванні шматочків буряку та лимону.

В підсумку, в результаті заміни попередньої обробки буряку шляхом гіротермічної обробки у підкисленому середовищі простим компонентуванням його з шматочками кислих рослин було досягнуто значного скорочення часу приготування сухих антиоксидантних функціональних композицій з рослинної сировини та значного зменшення енерговитрат.

Література

1. Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва / Б.Л. Флауменбаум, А.Т. Безусов, В.М. Сторожук, Г.П. Хомич. – Одеса: Друк, 2006. – 400 с.
2. Пат. України № 92843 МПК C09 B61/00, A23 P1/06. Спосіб одержання порошкоподібного харчового барвника зі столового буряка / Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О.; заявник і патентовласник Інститут технічної теплофізики. – Заявка № а200905036; заявл. 21.05.09; видано 10.12.10; опубл. 25.11.10, Бюл. №23. – 4 с.
3. Пат. України МПК A23 L1/06. Спосіб одержання буряково-лимонного антиоксидантного барвника / Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Пазюк В.М., Гетманюк К.М., Самойленко О.П.; заявник і патентовласник Інститут технічної теплофізики. – Заявка № а201211386; заявл. 02.10.2012.
4. Тележенко Л.Н., Безусов А.Т. Биологически активные вещества фруктов и овощей: сохранение при переработке. – Одеса: «Optimum», 2004. – 268 с.
5. Пат. України № 84075 МПК G01 N25/26, G01 N25/28. Калориметричний пристрій для визначення питомої теплоти випаровування вологи і органічних рідин з матеріалів / Снежкін Ю.Ф., Декуша Л.В., Дубовікова Н.С., Грищенко Т.Г., Воробйов Л.Й., Боряк Л.А. – Заявка № а200613266 заявл. 15.12.06; видано 10.09.08; опубл. 10.09.08, Бюл. №17. – 10 с.
6. Михайлик В.А., Давыдова Е.О. Исследование состояния воды в сахаросодержащем растительном сырье при его обезвоживании // Промышленная теплотехника. – 2000. – Т. 22, №5-6. – С. 50-54.

З рисунку 2 бачимо, що одразу після прогріву матеріалу спостерігається зростання величини r для всіх досліджених матеріалів над табличним значенням питомої теплоті випаровування чистої води ($r_{\text{табл}} = 2358$ кДж/кг). Це пов'язано з тим, що під час сушіння рослинних тканин одночасно зі зменшенням питомого вмісту вільної води відбувається зменшення питомого вмісту зв'язаної води. Швидкість та ступінь зменшення обумовлено, зокрема, хімічним складом рослин [6, 8]. Збільшення величини теплоти випаровування води практично з самого початку зневоднення, отримане нами раніше також для інших матеріалів [9], означає, що певна кількість енергії витрачається на розрив водневих зв'язків з сухими речовинами матеріалу вже на початку процесу сушіння.

Проте з рисунку 2 також бачимо, що

7. Гришин М.А., Погожих Н.И., Потапов В.А. Эффект динамического структурирования влаги в процессе сушки // Промышленная теплотехника. – 2001. – Т. 23, № 4-5. – С. 100-105.
8. Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А., Дмитренко Н.В. Динаміка зміни стану води в паренхімних тканинах рослин при сушінні // Промышленная теплотехника. – 2011. – Т.33, №2. – С. 35-40.
9. Дмитренко Н.В., Дубовікова Н.С., Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А., Декуша Л.В., Воробйов Л.Й. Вивчення впливу стану води в харчових рослинних матеріалах на теплоту випаровування. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій / Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2011. – Вип. 40, – Т.2. – С. 71-75.
10. Влияние различных способов гидротермической обработки овощей на микроструктуру их тканей / В.С. Баранов, Л.М. Алешина, Т.В. Жубрева, М.И. Гергова // Экспресс-выпуск ЦНИИТЭИпищепром. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1983. – серия 4, вып. 6. – С. 6-7.
11. Снежкин Ю.Ф., Михайлик В.А., Дмитренко Н.В., Шапарь Р. О. Дослідження впливу паротермічної обробки паренхімних тканин яблук на кінетику сушіння та теплоту випаровування // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій / Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2011. – Вип. 41, т.1. – С. 227-231.

УДК 621.77.043

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ТА ТЕПЛО-ОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ В КАНАЛІ ПЕРЕДМАТРИЧНОЇ І МАТРИЧНОЇ ЗОН ЕКСТРУДЕРА

Шурчкова Ю.О. д-р. техн. наук, головний науковий співробітник
Радченко Н.Л. канд. техн. наук, науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України (ІТТФ), м. Київ

В статті представлено основні положення математичної моделі, яка описує процеси в передматричній і матричній зонах екструдера. Представлено результати чисельного розрахунку по рівнянням моделі та здійснено їх аналіз.

The substantive provisions of the worked out mathematical model that describes processes in matrix zone and results over of numeral calculation are brought for by equalization of model and their analysis is carried out.

Ключові слова: екструдер, передматрична зона, матрична зона.

Широка галузь застосування екструзійних технологій в харчовій промисловості та у виробництві кормів пояснюється можливістю виробництва великого спектра продукції. Однак, як показав, аналіз літературних джерел вітчизняна промисловість на сьогоднішній день працює ще з досить обмеженим спектром моделей екструдерів, більшість з яких є вже морально застарілими та потребує оновлення. Така ситуація пояснюється недостатньою кількістю експериментальних даних та теоретичних досліджень [1,2].

В ІТТФ НАН України в рамках вирішення даної проблеми розроблено математичну модель гідродинамічних і теплообмінних процесів, що протікають в найбільш складних і мало досліджених зонах екструдера – передматричній (ПМЗ) і матричній (МЗ). Ці зони являються найменш вивченими внаслідок складної геометрії каналу, дії цілого ряду дисипативних факторів, а також тим, що оброблювана сировина в цих зонах являється псевдопластичною неньютонівською рідиною.

Розроблена математична модель та програма розрахунку дозволяє розрахувати геометрію каналу, яка забезпечує оптимальні режими роботи апарата для отримання гомогенного продукту з заданими якісними і структурними показниками. Крім цього, модель може застосовуватись для різного типу екструдерів при обробці різного виду сировини теплофізичні і реологічні властивості яких задані. Основною ідеєю моделювання являється поглиблення розуміння фізичних процесів і явищ, які визначають ефективність використання екструзійної обробки з можливістю максимального наближення до реальних умов протікання процесу.

Моделювання базується на рівняннях руху, енергії та реологічних рівняннях і враховує теплофізичні властивості оброблюваної сировини. На основі розробленої математичної моделі створена комп'ютерна програма розрахунку, яка дає можливість визначити характер зміни швидкості потоку, температури (рис.1),