

ВИКОРИСТАННЯ ПІДСОЛОДЖУВАЧА SPLENDA У ВИРОБНИЦТВІ КЕКСУ СИРНОГО: СПЕКТРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВОЛОГИ

Аксьонова О.Ф., канд. техн. наук, доц.,
Губський С.М., канд. хім. наук, доц.,
Євлаш В.В., доктор техн. наук, проф.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Вступ. Глобальна світова тенденція, що пов'язана зі збільшенням захворювань на цукровий діабет та ожиріння, є рушійною силою розвитку харчової індустрії в напрямі розробки низькокалорійної продукції за рахунок зниження вмісту цукру. Один із шляхів реалізації цього напрямку полягає у використанні натуральних та синтетичних підсолоджувачів (ПС) [1]. До речовин з практично "нульовою калорійністю" і дуже інтенсивним солодким смаком, які використовуються в невеликій кількості для заміни в виробі багатого більшої кількості цукру та схвалені для використання в харчовій промисловості відноситься сукралоза. Сукралоза відома як харчова добавка E955 з нульовими глікемічним індексом та калорійністю.

Раніш в [2], авторами була запропонована технологія кексу сирного з частковою заміною цукру на сукралозу, яка вводилася у вигляді вискоєфективного підсолоджувача ТМ Splenda (Tate & Lyle PLC, Великобританія), до складу якого входить мальтодестрін та сукралоза (співвідношення мас 100:1). Проведений органолептичний аналіз отриманих зразків дозволив стверджувати про однаковий рівень солодкості для кексів на цукрі та ПС. Однак, у процесі оптимізації цієї технології виникла необхідність у вирішенні проблеми компенсації негативного впливу на текстуру продукту, що мав місце в наслідок зменшення вмісту цукру як структуроутворюючого компонента [3]. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано додаткове введення в рецептуру кексу сирного збільшених кількостей сиру кисломолочного та меланжу. Це прийом дозволив поновити фізичну масу напівфабрикату для випікання та збільшити кількість білку в готовому виробі. Але, враховуючи той факт, що сир кисломолочний та меланж містять приблизно 70% води, під час термічної обробки можна прогнозувати суттєву втрату маси. Попередні дослідження не підтверджують цієї гіпотези та свідчать про підвищену здатність ПС до утримання вологи.

Вміст вологи та її стан є одним з показників якості продукту. Це обумовлює важливість прогнозування цих параметрів при введенні нових інгредієнтів у рецептури борошняних кондитерських виробів. Саме експериментальне вивчення цього питання в зразках кексу сирного при заміні цукру на ПС з використанням методу інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії стало метою даного дослідження.

Матеріали та методи дослідження. В якості об'єктів дослідження використані зразки кексів, отриманих за технологією [2]. Заміна цукру в

зразках була на рівні 30, 50, 70 та 100% (співвідношення масової заміни вмісту цукру до ПС 33:1). Зразок–прототип на сахарозі розглядали як control. Як джерело сукралози в рецептурі використовували в продукт SPLENDA.

Інфрачервоні спектри з Фур'є перетворенням (FTIR) отримували за допомоги спектрофотометра Nicolet iS5 FT-IR (Thermo Scientific, USA) в режимі пропускання для підсолоджувача (матриця KBr) та порушеного повного внутрішнього відбитку (ATR) для зразків кексу в результаті накопичення 32 сканувань з роздільною здатністю 4 cm^{-1} в діапазоні $4000\text{--}600 \text{ cm}^{-1}$. Обробку ІЧ–спектрів та розрахунки проводили за допомогою обчислювальної процедури Фур'є–само–деконволюції: спектр обробляли за допомогою процедури Фур'є–згладжування с подальшою деконволюцією другої похідної з використанням програмного забезпечення PeakFit, Origin2019 та KnowItAll Informatics System 2020. Якість отриманих результатів оцінювали з використанням середніх значень, стандартних відхилень і коефіцієнта варіації.

Результати. В дослідженнях [3–5] авторами була показана можливість вивчення стану вологи у системах, що одночасно містять воду та вуглеводи, за допомогою аналізу широкої полоси валентних коливань ОН–групи води в ІЧ–спектрах. В подібних системах вказана полоса є комбінацією внесків впорядкованих тетраедричних Н–зв'язаних структур (G1), деформованих Н–зв'язаних структур (G2) та молекул води, що мають вільні гідроксили або малорозмірні асоціати (G3).

На рис. 1 наведені ATR–FTIR спектри зразків кексу сирного. Вони мають полоси із піками – 3275 cm^{-1} для зразка control. При заміні цукру на ПС положення полоси зміщується в область більших частот коливання (3355 cm^{-1} для зразка 100), що є проявом збільшення кількості вологи в системі [4]. При збільшенні вмісту ПС або співвідношення ПС/цукор полоса стає більш широкою, що свідчить про більш широку енергетичну варіативність молекул води. Форма полоси нагадує плато з двома піками, приблизно навколо 3270 та 3380 cm^{-1} .

Зі збільшенням вказаного співвідношення інтенсивність цих двох піків зазнає зміни в сторону збільшення інтенсивності смуги з більшою частотою коливання. Аналогічна позитивна кореляцію між положенням полоси валентних коливань ОН–групи та концентрацією мальтодекстрину була отримана для цих систем в біосклі [3]. Всі наведені факти свідчать про зміну ступеня водневого зв'язку води в харчовій матриці кексу сирного при заміні цукру на ПС. Для більш детального аналізу стану вологи в досліджуваному продукті проведені розрахунки внесків розглянутих вище структур води G1, G2 та G3 для всіх зразків. На рис. 1б наведений приклад результату розрахунків для зразків control та 100. Були отримані три смуги для кожного з станів води, що сумарно характеризують полосу валентних коливань ОН–групи в діапазоні $3000\text{--}3600 \text{ cm}^{-1}$. Для зв'язаної міцними Н–зв'язками G1 структури маємо смугу поблизу 3230 cm^{-1} , для молекул води із слабкими або деформованими Н–зв'язками в діапазоні $3355\text{--}3385 \text{ cm}^{-1}$ та для вільної води $3460\text{--}3505 \text{ cm}^{-1}$. Положення полоси смуг зміщується в сторону більших частот коливань з збільшенням вмісту ПС. Цей факт відповідає послабленню водневого зв'язку

води, а з точки зору текстури про її нещільну упаковку. Останнє підтверджується органолептичним контролем зразків. З підвищенням долі ПК в рецептурі кексу сирного зразки мали більшу величину пор. Наявність подібної зміни в щільності текстури пояснює більшу величину активності води для зразків с більшим вмістом ПК порівняно с контрольним зразком.

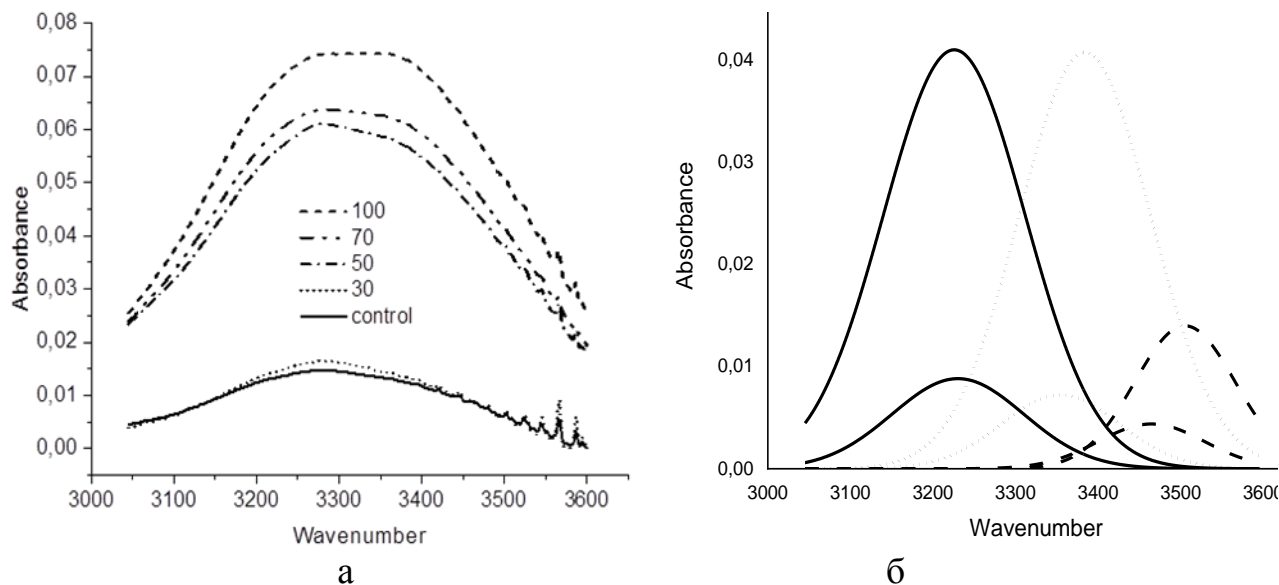


Рис. 1. ATR–FTIR спектри зразків кексу сирного (а); розрахункові смуги води G1(суцільна) , G2(точкова) та G3 (штрихова) для зразків control та 100.

Як видно із рис. 1, окрім зміни ширини та форми смуги валентних коливань ОН–групи, відбувається збільшення її інтенсивності з збільшенням вмісту ПК. Цей факт позитивно корелює з експериментальними даними по вмісту води в зразках, отриманих гравіметричним методом.

Література:

1. Nabors, L. *Alternative Sweeteners: Alternative Sweeteners, Fourth Edition*. CRC Press, 2011.
2. Aksonova, O., Gubsky, S., Torianik, D., та ін. *Technology of curd cake with sucralose as highly effective sweetener. Progressive Technique and Technologies of Food Production Enterprises, Catering Business and Trade*. 2020. No. 1(31). С. 7–20.
3. Sritham, E., Gunasekaran, S. *FTIR spectroscopic evaluation of sucrose–maltodextrin–sodium citrate bioglass. Food Hydrocolloids*. 2017. Vol. 70. С. 371–382.
4. Gallina, M. E., Sassi, P., Paolantoni, M., та ін. *Vibrational Analysis of Molecular Interactions in Aqueous Glucose Solutions. Temperature and Concentration Effects. The Journal of Physical Chemistry B*. 2006. Vol. 110, No. 17. С. 8856–8864.
5. Freda, M., Piluso, A., Santucci, A., та ін. *Transmittance Fourier transform infrared spectra of liquid water in the whole mid–infrared region: Temperature dependence and structural analysis. Applied Spectroscopy*. 2005. Vol. 59, No. 9. С. 1155–1159.