

**О.Г. Дьяков**, канд. техн. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)

**Ж.В. Воронцова**, канд. пед. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)

**О.І. Торяник**, д-р хім. наук, проф. (ХДУХТ, Харків)

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ СПІН-СПІНОВОЇ РЕЛАКСАЦІЇ В ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ ІЗ ВЕЛИКОЮ ВОЛОГІСТЮ**

В сучасних умовах розвитку харчової промисловості значний інтерес приділяється питанням визначення стану та рухливості води у харчових продуктах в залежності від технологічних процесів, які використовуються при їх приготуванні. Прикладами продуктів з великою кількістю вологи є екстракція мелених кавових зерен різної технології приготування, різноманітні суспензії (молоко, майонези, соуси, кетчупи, тощо). Тому метою дослідження було підвищення якості вимірювання часу спін-спінової релаксації  $T_2$  харчових продуктів з великою кількістю вологи, стан вологи в яких не суттєво відрізняється від чистої води. Крім того доцільно було визначення меж впливу похибок вимірювання на остаточне значення величини  $T_2$ , а також алгоритму обробки результатів дослідження.

Сучасний підхід щодо визначення часу спін-спінової релаксації  $T_2$  харчових продуктів ґрунтується на використанні імпульсних спектрометрів ядерного магнітного резонансу (ЯМР). У переважній більшості досліджень метод визначення часу спін-спінової релаксації  $T_2$  харчових продуктів використовувався у випадках коли об'єм вільної вологи (води, яку можна дослідити методом ЯМР) складав невелику частку від об'єму досліджуваного продукту. Згідно з цим методом вимірюється амплітуда сигналу спінової луни, отриманого від опроміненого відповідним магнітним полем зразка. З урахуванням малої амплітуди сигналу від досліджуваного зразка необхідно враховувати вплив перешкод, які надходять до каналу вимірювання.

Основна формула, яка пов'язує амплітуду сигналу спінової луни на виході вимірювальної системи спектрометра з параметрами, що визначають стан води у продукті має вигляд

$$A(\tau) = A_0 \exp\left(-\frac{2}{T_2}\tau - \frac{2}{3}\gamma^2 G^2 D \tau^3\right) \quad (1)$$

де  $\gamma$  – гіромагнітне відношення для досліджуваних ядер (ядра водню);  $G$  – градієнт постійного магнітного поля;  $D$  – коефіцієнт самодифузії;  $\tau$  – інтервал часу між зондуючими імпульсами.

У роботі було проведено дослідження п'яти зразків рідких харчових продуктів: кави розчинної Nescafe концентрації 2 г/мл, двох зразків меленої кави CaffoArabica виробництва Італії, з різними ступенями помелу: середнього ступеня помелу (до 0,6 мм) час екстракції 4-6 хв та дрібного ступеня помелу (до 0,3 мм) час екстракції 1-4 хв концентрації 0,05 г/мл; молока 2,5 та 3,2 % жирності. Вимірювання проводили при температурі 20<sup>0</sup>С. Розрахунок значення часу T<sub>2</sub> проводили за формулою (1). Результати дослідження наведено у таблиці.

*Таблиця – Результати дослідження рідких харчових продуктів*

Речовина	Вода	Кава Розчинна	Кава мелена, середнього ступеня помелу	Кава мелена, дрібного ступеня помелу	Молоко 2,5 %	Молоко 3,2 %
Величина T <sub>2</sub> , с	1,031	0,182	0,258	0,509	0,151	0,134

У зразку розчинної кави спостерігається найменша рухливість молекул води. На нашу думку, це обумовлено тим, що складові розчинної кави інтенсивно взаємодіють з молекулами води і таким чином створюють гідратовані комплекси, які зменшують рухливість молекул води. Зразки меленої кави середнього та дрібного помелу відрізняються за значеннями T<sub>2</sub>. Це можливо обумовлено різним характером процесу екстракції: при дуже дрібному помелі виникає звісь кавових частинок, які обволікаються водою і це веде до погіршення процесу екстракції. При середньому помелі кавових зерен процес екстракції проходить у звичайному режимі. Проте при великому ступені помелу кавових зерен процес екстракції йде дуже повільно. Значення T<sub>2</sub> у молоці різної жирності практично відрізняються як значення жирності. Можна припустити, що із збільшенням проценту жирності вода стає менш рухомою.

Проведено дослідження часу спін-спінової релаксації T<sub>2</sub> у деяких рідких харчових продуктах (кава різного приготування та молоко). Встановлено, що найменша рухливість води спостерігається у каві розчинній. Це можливо пов'язано з гідратацією складових розчинної кави. Екстракція кавових зерен різного ступеня помелу обумовлює різні значення T<sub>2</sub>. Показано, що жирність молока суттєво впливає на рухливість молекул води.