

Винахід відноситься до галузі вимірювання та контролю водоутримуючої здатності харчових продуктів та інших речовин.

Відомий спосіб визначення водоутримуючої здатності продукту, за яким продукт піддають центрифугуванню, внаслідок чого видаляється рідка фракція, кількість якої залежить від ступеню взаємодії води з продуктом та визначається у відсотках до маси навивки продукту [Журавская Н.К., Отряшникова Л.М., Алехина Л.Т. Исследование и контроль качества мяса и мясopодуктов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 296с.]. Недоліком цього способу є неможливість визначити окремо кількість зв'язаної та вільної води.

Відомий також спосіб, заснований на видаленні води з дослідного зразка легким пресуванням, сорбції фільтрувальним папером видаленої води та визначенні кількості цієї води за розміром площі плями, яка залишилась на папері [Коган Е.М., Пожарская Л.С., Рындина В.П., Фрейдлин Е.М. Физико-химический и бактериологический контроль в мясной промышленности. - М.: Пищевая промышленность, 1971. - 315с.]. Дослідження повторюють три рази. До недоліків цього способу можна віднести невисоку точність кінцевого результату, залежність від умов оточуючого середовища, тривалість вимірювань, неможливість застосування цього способу для борошняних продуктів.

Як свідчить практика, визначення водоутримуючої здатності борошна не проводять. Обмежуються тільки визначенням водопоглинальної здатності борошна, яку визначають на фаринографі фірми Бранден за кількістю поглинутої води для утворення тіста певної консистенції, а саме такої, що дорівнює 500од.ф. [Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / Под ред. М. А. Федина. - М.: Госагропром СССР, 1988. - 121с.]. Водопоглинальну здатність визначають як співвідношення маси води, яку поглинуло борошно для досягнення кривої фаринограми висоти 500од. ф., до навивки зразка борошна та виражають у відсотках.

Цей спосіб дозволяє знайти загальну кількість води, що поглинає борошно для утворення тіста даної консистенції. Але за цим способом неможливо визначити, яку частку води борошно утримує більш міцно, а яку - менш міцно.

Однак, саме ступень зв'язаності води значною мірою зумовлює консистенцію тіста, його реологічні характеристики під час розділення та розстоювання тіста, кількісні витрати води під час випікання виробів, а також кількість залишкової вологості продуктів під час зберігання (тобто збереження їхньої свіжості).

Прототипом обрано стаціонарний спосіб ядерного магнітного резонансу (ЯМР) визначення вмісту зв'язаної та вільної води у різних речовинах та виробках, за яким вимірюють спектр ЯМР та порівнюють інтенсивність або площу вузької та широкої складової спектру. Співвідношення вузької складової спектру розраховують як співвідношення зв'язаної та вільної води [Леше А. Ядерная индукция. - М.: Изд-во иностр. Литература, 1963. - 684с.].

Недоліки цього способу є такі: залежність амплітуди та площі сигналу від амплітуди радіочастотного поля та часу спін-гратової (T_1) та спін-спінової (T_2) релаксації; складність розділення сигналу ЯМР на широкую та вузьку складові; практична неможливість виключення з широкої резонансної лінії внеску від протонів твердої речовини, що призводить до певних похибок у визначенні вмісту зв'язаної води в продукті.

В основу винаходу поставлено задачу визначення вологоутримуючої здатності борошна шляхом застосування нестаціонарного методу ЯМР для вимірювання спін-спінового часу релаксації зразків тіста на основі цього борошна, що забезпечує підвищення швидкості та точності вимірювання кількості зв'язаної води в тісті з борошна різного виду, типу, сорту.

Суть винаходу полягає у способі визначення вологопоглинаючої здатності борошна шляхом отримання з борошна тіста різної вологості, вимірювання показників, розділення графіка на ділянки, які поєднують показники з близькими значеннями, та визначення співвідношення цих ділянок, який відрізняється тим, що вимірюють спін-спіновий час (T_2) релаксації тіста та екстраполюють графік залежності T_2 від вологості тіста трьома прямими лініями, які мають різний кут нахилу, а точки перетину дають можливість визначити водоутримуючу здатність борошна за кількістю адсорбованої, абсорбованої та вільної води.

Процес визначення вологопоглинаючої здатності борошна здійснюють шляхом вимірювання показника T_2 за допомогою пристрою, зображеного на Фіг.1. Пристрій містить радіочастотну котушку 1 спектрометра ЯМР, у яку розміщують зразок тіста, що досліджується; генератор зондуючих імпульсів 2; пристрій керування 3; пристрій реєстрації спінової луни ЯМР 4.

На котушку 1 від генератора 2 надходять зондуючі високочастотні імпульси. Тривалість часу цих імпульсів та інтервал між ними визначається за допомогою пристрою керування 3. Амплітуда сигналу вимірюється пристроєм реєстрації. Робоча частота спектрометру 16МГц. Тривалість зондуючих імпульсів 2...10мксек. Інтервал часу між імпульсами 0,01...0,15сек.

Можливість реалізації способу, який заявляється, зумовлена тим, що часи спін-спінової релаксації T_2 вільної та зв'язаної води відрізняються у 3...10 та більше разів. Реалізація заявленого способу здійснюється за допомогою методу спінової луни ЯМР, який полягає в тому, що на зразок, розташований у постійному магнітному полі H_0 , ядра якого мають магнітні моменти, діють двома радіочастотними імпульсами з частотою ларморової прецесії $\omega = \gamma \cdot H_0$ (де γ - гіромагнітне відношення ядра).

Якщо імпульси діють з інтервалом часу τ , то через час 2τ система ядерних спінів дає відгук у вигляді сигналу луни. Час спін-спінової релаксації знаходять за формулою:

$$T_2 = \frac{2\tau}{\ln(A_0 / A_\tau)}$$

де A_0 - величина, що не залежить від часу;

A_τ - амплітуда сигналу спінової луни при заданому значенні τ .

На Фіг.2 наведено експериментальну залежність часу спін-спінової релаксації T_2 від відносного вмісту води в зразку за кімнатної температури для тіста, що виготовлено з пшеничного борошна. Характер зміни залежності

часу релаксації T_2 від вологості подібних речовин (різних сортів і видів (пшениця, сорго, ячмень) борошна, висівок та їх сумішей) ідентичний. Ця залежність добре екстраполюється трьома прямими з чітко вираженими точками перетинання цих прямих.

За малих кількостей води у зразку значення T_2 приблизно 0,006сек і практично зберігається постійним до точки 2. У цьому випадку на рухомість ядерних спінів впливають електричні дипольні сили, ван-дер-ваальсові сили тощо, тобто адсорбція. Таким чином, малі значення T_2 на початковій ділянці (від точки 1 до точки 2) характеризують рухомість адсорбованої води на вільних поверхнях макроскопічних твердих часток тіста. Кількість адсорбованої води у речовині визначається точкою 2 перетину двох прямих (пряма 1...2 і пряма 2...3).

Абсорбційні ефекти, тобто процеси, пов'язані з поглинанням води всім об'ємом абсорбенту (борошна), починають проявлятися після заповнення моношарів усієї вільної поверхні твердих часток борошна молекулами води. В результаті капілярних явищ відбувається збільшення розклинюючого тиску при одночасному збільшенні об'єму рідини в капілярах, що призводить до зростання молекулярної рухливості та збільшення часу релаксації T_2 до значення 0,025сек. Процес абсорбції триває доти, поки не буде заповнено молекулами води всі капілярні об'єми та тріщини дослідного зразка (ділянка 2...3).

Воду, адсорбовану та абсорбовану борошном тіста, можна вважати зв'язаною. За подальшого збільшення вологості продукту з'являються молекули води, які менш зв'язані з твердою поверхнею та адсорбованим шаром, тобто з'являється вільна вода, рухливість якої зростає. Це призводить до різкого збільшення часу спінової релаксації (точка 3) до величини T_2 вільної води. Точка 3 дозволяє визначити кількість зв'язаної води у даному зразку.

Приклад. Для визначення водоутримуючої здатності пшеничного борошна готують зразки тіста різної вологості та вимірюють значення T_2 для кожного зразка. Чинники T_2 , які визначено за допомогою вказаного пристрою, наведено на Фіг.2.

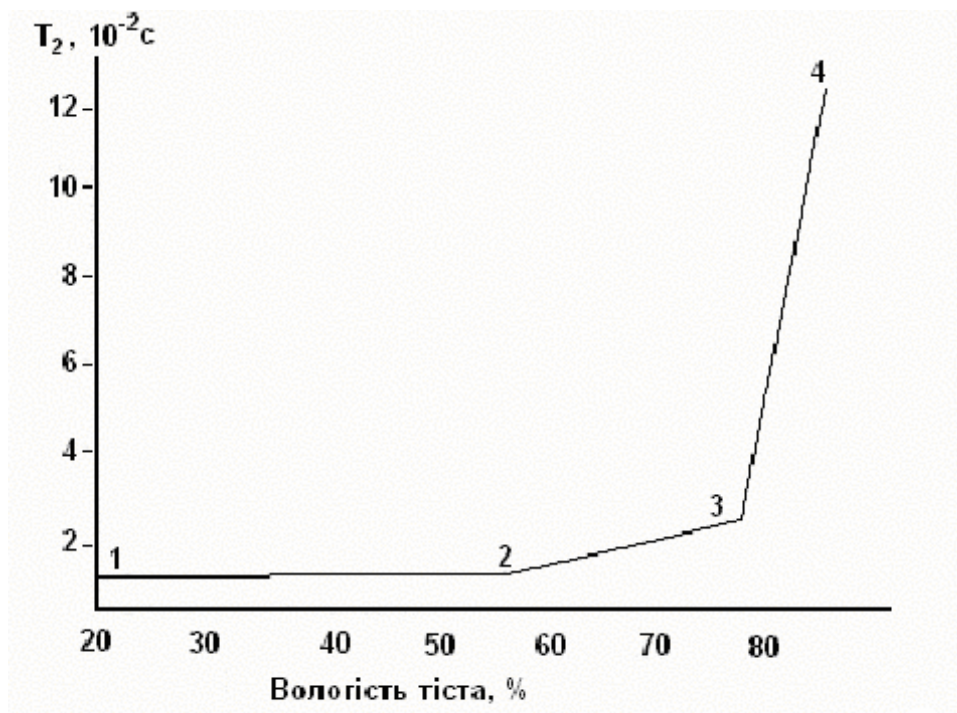
Як видно з графіка, дослідний зразок пшеничного борошна здатний міцно пов'язувати воду в кількості приблизно 76% (точка 3). Вміст адсорбованої вологи (точка 2) в нашому випадку дорівнює 54%. Різниця між загальною зв'язаною та адсорбованою вологою дозволяє знайти кількість абсорбованої борошном води (76%-54%=22%).

Технічним результатом даного способу є таке:

- скорочення часу проведення досліджень;
- підвищення точності вимірювань (за точкою перетину прямих на графіку);
- можливість визначення кількісного та якісного складу поглинутої борошном вологи (вільна, зв'язана адсорбційно та абсорбційно).



Фіг.1



Фіг.2