

**М.І. Погожих**, д-р техн. наук, проф. (*ХДУХТ, Харків*)

**А.О. Пак**, канд. техн. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

**М.В. Жеребкін**, канд. техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМНОЇ ВОДИ КЛЕЙКОВИНИ ПШЕНИЦІ ЕПР-МЕТОДОМ

Вода є основою всіх живих організмів і складає більшу частину маси багатьох харчових продуктів. Будь-яку харчову сировину або продукти із неї можна представити як систему, що складається із води та сухих речовин. Інформація про якісний та кількісний склад води, яка утримується системою, дає можливість спеціалістам-технологам прогнозувати та науково обґрунтовувати функціонально-технологічну роль того чи іншого компонента на предмет його взаємодії з водою харчової сировини або продуктів із неї. Завдання поставлене в роботі полягає у отриманні нових даних про динамічну поведінку системної води клейковини харчової сировини під час зневоднення. Об'єктом дослідження була клейковина пшениці. В якості спінової мітки під час ЕПР досліджень використовувався іон  $Mn^{2+}$  солі  $MnSO_4$ . Спінову мітку вводили в досліджувані зразки шляхом витримування клейковини в розчині солі  $MnSO_4$  впродовж визначеного часу. Під час досліджень зразок розміщали в резонатор ЕПР-спектрометра та висушували до рівноважного вологовмісту (6...8%). В процесі сушіння безперервно реєстрували сигнал ЕПР. Спектр ЕПР спімніченого матеріалу складається з двох: спектр, який представляє собою 6 піків однакової ширини, та спектр, який складається із однієї широкої лінії. 6-піковий спектр – це спектр, який дає іон  $Mn^{2+}$  солі  $MnSO_4$ , коли сіль знаходиться в розчиненому стані; 1-піковий – відповідає кристалічному стану солі  $MnSO_4$ . Виходячи із цього вважається, що площа під 6-піковим сигналом ( $S_{6p}$ ) пропорційна кількості спінів електронів  $Mn^{2+}$ , які знаходяться в розчині, а площа під 1-піковим ( $S_{1p}$ ) – кількості спінів електронів  $Mn^{2+}$ , які випали в осад через недостатню кількість розчинника. Таким чином, розраховуючи площі під сигналами в процесі сушіння вологих зразків, можна дослідити процес видалення розчинника із найближчого оточення мітки, тобто іона  $Mn^{2+}$ . На рис. 1 наведено залежність площі під 6-піковим (а) та 1-піковим (б) ЕПР-сигналом від вологовмісту клейковини. Зміна площі під 6-піковим сигналом має монотонний характер: за зменшення вологовмісту, відносно початкового,  $S_{6p}$  зменшується до досягнення певних величин вологовмісту, за яких має місце перегин кривої. Для 1-пікового сигналу залежність зворотна. Кожну із кривих можна розбити на 2 характерні ділянки. На першій

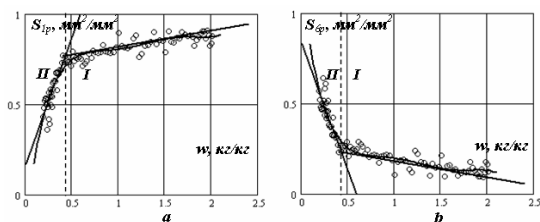
ділянці відбувається видалення вологи змочування:  $S_{6p}$  монотонно зменшується, а  $S_{1p}$  – монотонно збільшується. На другій ділянці відбувається збільшення кута нахилу кривої до осі вологовмісту. Пояснюється це тим, що мітка, тобто іон  $Mn^{2+}$ , є найбільш чутливою до найближчого свого оточення, а оскільки характер кривих стає більш різким, то це свідчить про видалення вологи із макро- та мікрокапілярів, а також частини вологи полімолекулярної сорбції.

ЕПР спектри отримувались під час сушіння вологих зразків, тобто досліджувалась кінетика процесу видалення вологи, тому кількість молів води на третій та четвертій ділянках можна визначити за формулами:

$$v_{w3}(\tau) = v_{w3}(\tau) \cdot A_{13}(v_{w3}) + v_{w3}(\tau) \cdot A_{23}(v_{w3}),$$

$$v_{w4}(\tau) = v_{w4}(\tau) \cdot A_{14}(v_{w4}) + v_{w4}(\tau) \cdot A_{24}(v_{w3}),$$

де А з індексом «1» відповідає частині вологи, яка є розчинником, а з індексом «2» частині води яка не розчиняє сіль  $MnSO_4$ .



**Рис. Залежність площі під 6-піковим (а) та 1-піковим (б) ЕПР-сигналом від вологовмісту клейковини**

Коефіцієнти А є тангенсами кута нахилу апроксимаційних прямих на відповідних ділянках кривих, які описують зміну площі під 6-піковим та 1-піковим ЕПР-сигналами під час сушіння вологого зразка:

$$A_{13} = tg \alpha_{13}; A_{14} = tg \alpha_{14};$$

$$A_{23} = tg \alpha_{23}; A_{24} = tg \alpha_{24}.$$

Таким чином отримано нові дані про динамічну поведінку системної води клейковини пшениці під час зневоднення. Отримані дані можна використовувати під час аналізу форм та структури вологи в сировині, яка утримує клейковину пшениці, та продуктах із такої сировини під час їх технологічної обробки.