

О.В. ГРЕК,
О.О. КРАСУЛЯ

Національний університет харчових технологій

ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ ЗВ'ЯЗАНОЇ ВОЛОГИ В СИРОВАТКОВИХ НАПОЯХ З ХАРЧОВИМИ ВОЛОКНАМИ

Методом ІЧ-спектроскопії досліджено форми зв'язаної вологи в молочно-рослинних основах для виробництва сироваткових напоїв з харчовими волокнами. Виявлено, що найкращу сорбційну здатність до води виявляють харчові композити з апельсиновими харчовими волокнами.

Ключові слова: сироваткові напої підвищеної в'язкості, ІЧ-спектри, молочно-рослинні суміші, вільна і зв'язана волога.

Вода присутня в різноманітних рослинних і тваринних продуктах як клітинний, так і позаклітинний компонент, як диспергуюче середовище і розчинник, яка зумовлює їх кон-систенцію і структуру, впливає на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Взаємодіючи з білками, полісахаридами, ліпідами і солями, вода значно впливає на реологічні показники продукту [1].

Загальновідомо, що вода в харчових продуктах може знаходитись у вільній і зв'язаній формі. При розчиненні проходить реакція взаємодії, яка характеризується тим, що певна кількість молекул води зв'язується з молекулами розчиненої речовини, зменшуючи кількість вільної (незв'язаної) вологи.

Один із способів переведення вільної вологи в зв'язану — внесення вологозв'язуючих компонентів (солей, функціональних добавок, полісахаридів, харчових волокон та ін.) [2].

Компоненти харчових волокон (ХВ) характеризуються різною здатністю сорбувати воду. Присутність первинних і вторинних гідроксильних (целюлоза, геміцелюлоза), фенольних (лігнін), карбоксильних (геміцелюлози, пектинові речовини) груп зумовлюють міжмолекулярну взаємодію (водневі зв'язки), здатність сорбувати воду і інші полярні молекули і іони. Так пектинові речовини, полісахариди геміцелюлоз володіють підвищеною вологоутримуючою здатністю. Менше зв'язує воду лігнін. Целюлоза володіє системою тонких субмікроскопічних капілярів, що дозволяє утримувати і поглинати вологу.

Волога поглинається ХВ в результаті сорбції, першочергово накопичуючись на їх поверхні, а потім розподіляючись за всім об'ємом шляхом дифузії. Тому вологість ХВ визначається їх розміром частинок. В набухлом полімері розрізняють воду зв'язану (або гідраційну) і вільну (або капілярну). Чим вищі гідрофільні властивості полімеру, тим більше він містить зв'язаної води. Характер розподілення пор за розмірами впливає на міцність утримування вологи волокнами [3, 4].

Метою роботи є визначення форм зв'язку вологи в молочно-рослинних сумішах для виробництва сироваткових напоїв підвищеної в'язкості.

Метод ІЧ-спектроскопії широко використовується для ідентифікації хімічних сполук, функціонального аналізу, з'ясування природи між- і внутрішньо молекулярних взаємодій, вивчення водневих зв'язків та ін. Метод ІЧ-спектроскопії є досить інформативним при вивченні сорбційних процесів за участю води. Тому вищевказаний метод було застосовано для визначення форм зв'язаної вологи в молочно-рослинних основах для виробництва сироваткових напоїв.

На першому етапі готували суміші на основі води та молочної сироватки з харчовими волокнами (шротом з плодів з розторопші плямистої, яблучним пектином в клітковині та

апельсиновими харчовим волокнами) за відповідними рецептурами. Отримані зразки висушували та подрібнювали у яшмовій ступці та ретельно перемішували 1 — 2 г з 3 — 4 краплями чистого вазелінового мастила (нуйолу) до отримання суспензії. В якості внутрішнього стандарту використовували нуйол, який не має додаткових смуг в області поглинання води. ІЧ-спектр суспензії знімали за методом роздушеної краплі між віконцями KPC-5 на FTIR-спектрофотометрі «Nexus» фірми «Nicotel», США. Режим зйомки: діапазон сканування — 400 — 4000 cm^{-1} , число сканів за сек — 7, інтервал сканування — 1 cm^{-1} .

Віднесення смуг пропускання ІЧ-спектрів молочної сироватки, рослинних інгредієнтів та водно-рослинних і молочно-рослинних сумішей на їх основі показано на рисунках 1, 2, 3.

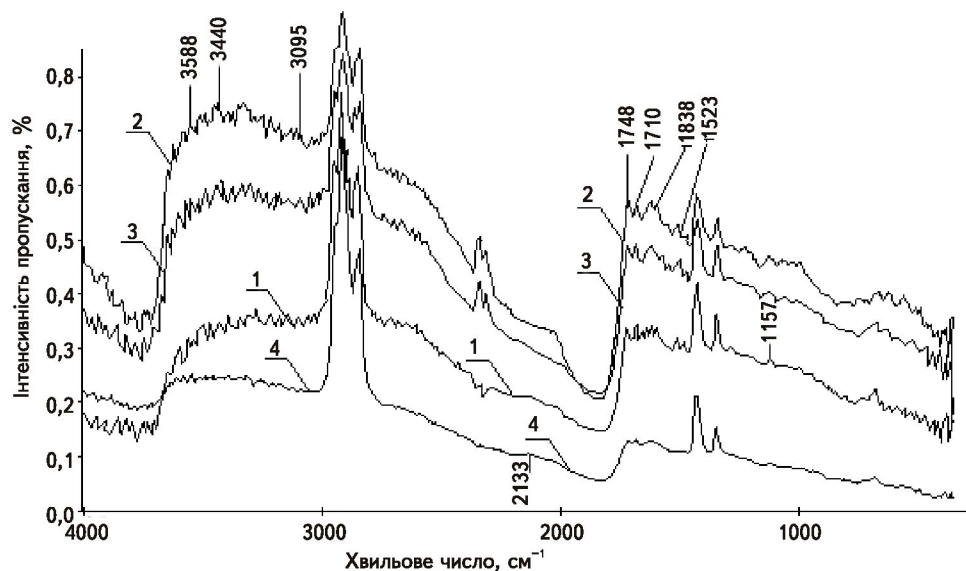


Рис. 1. Інфрачервоні спектри пропускання:

- 1 — суха молочна сироватка; 2 — шрот з плодів з розторопші плямистої;
- 3 — водно-рослинна суміш «вода + шрот з плодів з розторопші плямистої»;
- 4 — молочно-рослинна суміш «сироватка + шрот з плодів з розторопші плямистої»

Як видно з рис. 1, в усіх спектрах спостерігаються чіткі смуги в області валентних коливань $\text{C}=\text{O}$ ($1748/1710 \text{ cm}^{-1}$), $\text{C}-\text{O}$ (1157 cm^{-1}) і слабо H^+ - зв'язаних $\text{O}-\text{H}$ (3566 cm^{-1}) груп. Дві смуги $\text{C}=\text{O}$, а також $\text{C}-\text{O}$ і OH можуть свідчити про наявність двох типів карбоксильних груп ($-\text{C}(\text{O})\text{O}^-$).

Характерними смугами води є широка смуга OH -валентного коливання в області 3440 cm^{-1} в зразках (1-3) і деформаційне ножничне коливання 1638 cm^{-1} в усіх зразках. Широкі смуги в області 3440 cm^{-1} і 1638 cm^{-1} , що спостерігаються на всіх спектрах належать відповідно валентному і деформаційному коливанням води. Поглинання води в області вище 3400 cm^{-1} зумовлено слабкими водневими зв'язками, що спостерігаємо в спектрі молочної сироватки (1) та шроту з плодів з розторопші плямистої (2) (смуга 3440 і 3566 cm^{-1}). Поглинання в області $3400 - 3600 \text{ cm}^{-1}$ відноситься до OH -груп матриці молочної сироватки і води, які перебувають у слабкому H^+ -зв'язку. Це свідчить про мінімальну сорбційну здатність до води шроту з плодів розторопші плямистої.

Наведені спектральні дослідження молочної сироватки (1), яблучного пектину в клітковині (2), водно-рослинної суміші «вода + яблучний пектин в клітковині» (3) та молочно-рослинної суміші «сироватка + яблучний пектин в клітковині» (4) на рис. 2. свідчать, що прояви спектральних зв'язків $\text{C}=\text{O}$ подібні до наведених на рис. 1 (1748 cm^{-1}), $\text{C}-\text{O}$ (1151 cm^{-1}) груп.

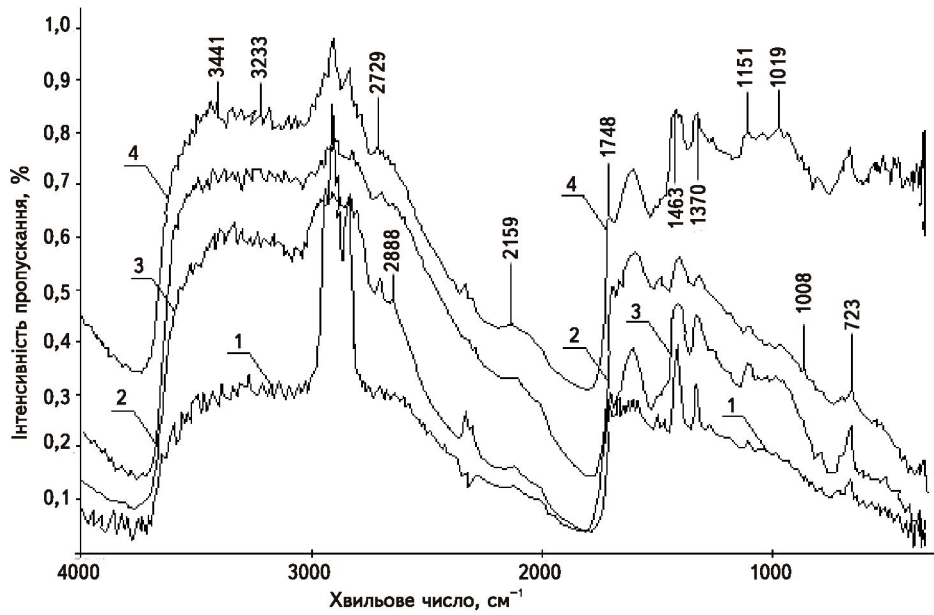


Рис. 2. Інфрачервоні спектри пропускання:
 1 — суха молочна сироватка; 2 — яблучний пектин в клітковині; 3 — водно-рослинна суміш «вода + яблучний пектин в клітковині»; 4 — молочно-рослинна суміш «сироватка + яблучний пектин в клітковині»

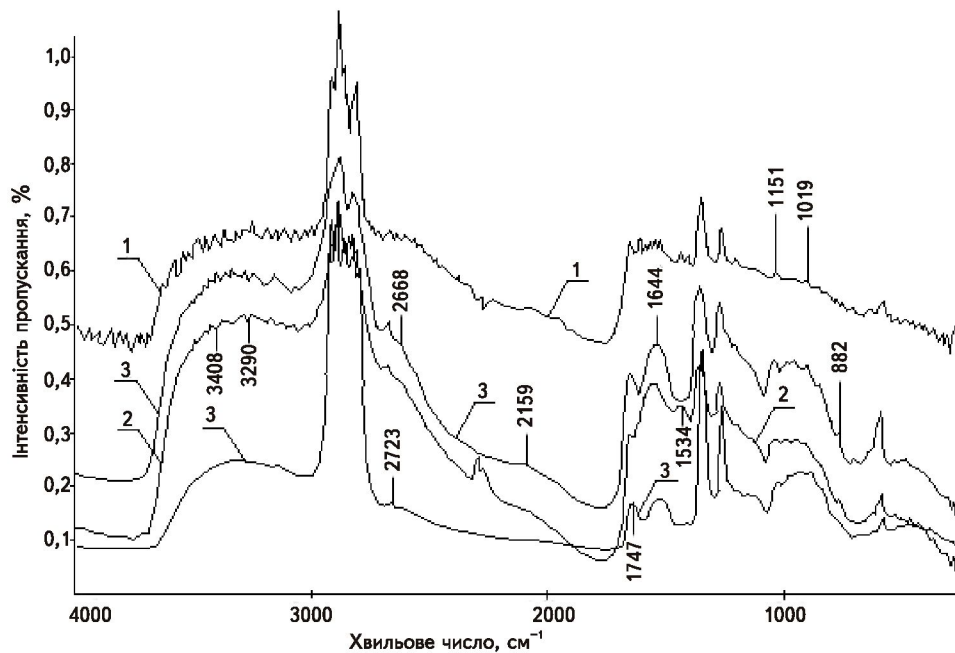


Рис. 3. Інфрачервоні спектри пропускання:
 1 — суха молочна сироватка; 2 — апельсинові харчові волокна; 3 — водно-рослинна суміш «вода + апельсинові харчові волокна»; 4 — молочно-рослинна суміш «сироватка + апельсинові харчові волокна»

Широке безперервне поглинання в області 2688 см^{-1} (3) і нижче зумовлено рухливим протоном кислот і лугів у воді. Чим вища кислотність або лужність, тим вища рухливість H^+ і ширше та інтенсивніше поглинання в діапазоні нижче 3000 см^{-1} , що спостерігаємо в спектрі (2, 3, 4) — смуга 2729 см^{-1} . Неперервне поглинання нижче 3000 см^{-1} свідчить про наявність міцних водневих зв'язків і високу концентрацію рухливого протону. Широка смуга 2159 см^{-1} зразків (1–4) зумовлена H^+ -зв'язком, коли рухливих протон «тунелює» крізь енергетичний бар'єр між двома атомами кисню.

В ІЧ-спектрах пропускання сухої молочної сироватки (1), апельсинових харчових волокон (2), водно-рослинної суміші «вода + апельсинові харчові волокна» (3) і молочно-рослинної суміші «сироватка + апельсинові харчові волокна» наведених на рис. 3 спостерігаються коливання зв'язків $\text{C}=\text{O}$ (1753 см^{-1}), $\text{C}-\text{O}$ (1151 см^{-1}) і слабо H^+ -зв'язаних $\text{O}-\text{H}$ (3408 см^{-1}) груп.

Спостерігається широка смуга 2159 см^{-1} зразків (2 і 3), що зумовлена H^+ -зв'язком. Поява смуг 2668 та 2723 см^{-1} в зразках (2–4) може свідчити про утворення міцних H^+ -зв'язків місткового типу і появою дисоційованого рухливого протону.

Спектральні прояви таких зв'язків виявлено в зразку водно-рослинна суміш «вода + апельсинові харчові волокна» (3) (смуга 2159 см^{-1}). Відносна інтенсивність смуг води найбільша в спектрі водно-рослинної суміші «вода + апельсинові харчові волокна» (3), в якому крім H^+ -форми карбоксильної групи фіксується і солева (смуга 1534 см^{-1}).

Характерною особливістю спектрів композиційних сумішей з апельсиновими харчовими волокнами є чітке збільшення відносної інтенсивності смуги 1741 см^{-1} (3), що характерна для H^+ -форми карбоксильної групи. Отримані результати свідчать про високу вологозв'язуючу здатність, що досягається в першу чергу завдяки відкритій і розширеній структурі комірки апельсинового харчового волокна. Останні здатні зв'язувати значну кількість води і тримати її протягом всього часу виробничого процесу і зберігання продукту.

Висновки. Отже, як видно зі спектральних даних максимальну сорбційну здатність до води виявляють харчові композити з апельсиновими харчовими волокнами. Для всіх досліджених зразків спостерігається два типи сорбованої води з різною силою водневого зв'язку. Відносна інтенсивність $\text{C}=\text{O}$ смуги карбоксильної групи збільшується в напрямку шрот з плодів розторопші плямистої → яблучний пектин в клітковині! апельсинові харчові волокна. Останні мають найкращу вологозв'язуючу здатність за рахунок найбільшій питомій поверхні частинки та спеціальній механічній обробці цитрусових шляхом розкриття і розчинення структури комірок волокна без використання хімічних реагентів. Гірше зв'язує воду яблучний пектин в клітковині, так як має більший розмір частинок. Шрот з плодів розторопші плямистої має найгірші вологозв'язуючі властивості порівняно з вище вказаними рослинним інгредієнтами, за рахунок високого вмісту в складі лігніну.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Вода в пищевых продуктах* / Под ред. Р.Б. Дакуорта. — Пер. англ. — М.: Пищевая пром-сть. — 1980. — 376 с.
2. *Рогов И.А. Химия пищи* / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко // М.: КолосС. — 2007. 853 с.
3. *Дудкин М.С. Новые продукты питания* / М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов // М.: МАИК «Наука». — 1998. — 304 с.
4. *Бобровник Л.Д. Углеводы в пищевой промышленности* / Л.Д. Бобровник, Г.А. Леженко // К.: Урожай. — 1991. — 112 с.

Методом ИК-спектроскопии исследовано формы связанной влаги в молочно-растительных основах для производства сывороточных напитков с пищевыми волокнами. Обнаружено, что лучшую сорбционную способность к воде имеют пищевые композиты с апельсиновыми пищевыми волокнами.

Ключевые слова: сывороточные напитки повышенной вязкости, ИК-спектры, молочно-растительные смеси, свободная и связанная влага.

O.V. Grek, O.O. Krasulya

**Determination of bound moisture forms
in whey drinks with food fibres**

With the method of IR-spectroscopy the forms of bound moisture in milk-vegetable mixtures for the production of whey drinks with dietary fibers were researched. This method is widely used to identify chemical compounds, functional analysis, to determine the nature of inter-and intra-molecular interactions, study of hydrogen bonds and others. The method of IR spectroscopy is quite informative in the study of sorption processes involving water. Therefore, the above method was used to determine the forms of bound moisture in milk-vegetable mixtures for the production of whey drinks. It was revealed that the highest sorption capacity for water was found in food mixtures with orange dietary fibers, for which there are two types of sorbed water with different strength of hydrogen bonds. Feature of the spectrum of such composite mixtures is clear increase of relative intensity of band 1741 cm^{-1} , which is typical for H⁺-form carboxyl groups. It was found that orange dietary fiber has the best water-binding ability because of the largest specific surface area of particles and special mechanical treatment of citrus plants due to dissolution and disclosure of fiber cell structure without using chemicals. Apple pectin in cellulose binds less water because of its larger size particles. Protein meal from fruit of Saint-Mary-thistle due to high content of lignin in its composition has the worst water-binding properties compared with the above mentioned vegetable ingredients.

Key words: whey drinks of enhanced viscosity, IR-spectrum, milk-vegetable mixture, free and bound moisture.

Одержана редколегією 6.06.2012 р.