

Д.К. Душенок, асп. (ХДУХТ, Харків)

Д.О. Бідок, канд. техн. наук, доц. (СНАУ, Суми)

Ф.В. Перцевой, д-р техн. наук, проф. (СНАУ, Суми)

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНУ В'ЯЗКІСТЬ РОЗЧИНІВ ФУРЦЕЛАРАНУ

В сучасних ринкових умовах розвиток підприємств харчової промисловості та закладів ресторанного господарства обумовлений розробкою та впровадженням економічно ефективних та конкурентоспроможних технологій нової харчової та кулінарної продукції, поліпшення її органолептичних характеристик, споживчих властивостей, підвищення харчової, біологічної цінності тощо.

Серед сучасного асортименту харчових продуктів важливе місце посідає харчова та кулінарна продукція, до складу якої входять харчові добавки, що відносяться до класу гелеутворювачів, зокрема фурцелларан. Фурцелларан утворює термозворотний міцний та крихкий гелю та використовується в якості структуроутворювача, стабілізатора або загусника в кондитерських виробках, у тому числі желейних, джемах, желейних цукерках, зефірі, йогуртах, молочних десертах, м'ясній продукції тощо.

Фурцелларан відносять до аніонних частково сульфатованих полісахаридів, що отримують з червоної морської водорості *Furcellaria lumbriacalis*. Особливістю хімічної будови даного гелеутворювача є присутність в його молекулі 16–20% сульфату.

Відомо, що для ефективного використання фурцелларану важливим є іонний склад харчової системи – для стабілізації сполучення зон всередині гелю необхідні іони калію та кальцію. Важливим аспектом включення фурцелларану до складу кулінарної та харчової продукції є його вартість, яка приблизно на 30–50% нижча за вартість агару.

Важливим завданнями, які стоять сьогодні перед виробниками харчової продукції з застосуванням фурцелларану, є визначення шляхів раціонального його використання та оптимальних технологічних параметрів.

Метою наших досліджень було вивчення впливу деяких технологічних факторів на ефективну в'язкість розчинів фурцелларану.

В'язкість є важливою технологічною властивістю гелеутворювачів, у т.ч. фурцелларану, що визначає поведінку системи на стадії утворення рідкої рецептурної суміші, а також її формування. Ця властивість обумовлена силами міжмолекулярного зчеплення і являє собою опір рідини її руху під дією зовнішніх сил.

Відомо, що за будь-якої швидкості деформації в системі відбувається два процеси – руйнування та відновлення структури. Підсумковою характеристикою, що описує стан рівноваги між цими процесами в усталеному потоці, є в'язкість.

В ході експериментальних досліджень в якості предметів досліджень нами було використано: Е 407 – фуцеларан компанії Est-Agar (Естонія, Kärļa village), Е 336 – тартраг калію.

Ефективну в'язкість розчинів фуцеларану визначали на ротаційному віскозиметрі РЕОТЕСТ-2. Для вимірювання в'язкості розчинів за температур від 30 до 80 °С використовували термокамеру, в якій температуру змінювали дискретно з інтервалом 5–10 °С. Гарячий розчин заливали у циліндр та розташовували у термокамері віскозиметру. В циліндр з розчином занурювали ротор та обертали з швидкістю від 0,9 до 91,0 с⁻¹. Напругу зсуву визначали за формулою:

$$\tau_r = z \cdot \alpha, \quad (1)$$

де τ_r – напруга зсуву, 10⁻¹ Па;

z – постійна циліндра, 10⁻¹ Па;

α – відраховане значення позначок шкали приладу.

Ефективну в'язкість розраховували за формулою:

$$\mu_{\text{ef}} = \frac{\tau_r}{\gamma_r}, \quad (2)$$

де μ_{ef} – ефективна в'язкість, Па·с;

τ_r – напруга зсуву, 10⁻¹ Па;

γ_r – швидкість зсуву, с⁻¹.

Результати досліджень в'язкості наведені на рис. 1–5. На рис. 1 показана зміна ефективної в'язкості розчинів фуцелларану в залежності від концентрації гелеутворювача. Підвищення концентрації гелеутворювача в системі в інтервалі температур 80...40 °С не призводить до помітних змін ефективної в'язкості розчинів – значення ефективної в'язкості лежать в межах від 0,002...0,007 Па·с для розчину з концентрацією фуцелларану 1,0% (крива 1) до 0,009...0,020 Па·с для розчину з концентрацією фуцелларану 2,5% (крива 4).

При подальшому зниженні температури в інтервалі від 40 до 30 °С спостерігається стрімке підвищення значень ефективної в'язкості, що свідчить про початок та наступний розвиток процесів гелеутворення в зазначених розчинах. Поступове збільшення кутів нахилу кривих 2, 3 та 4 відносно кривої 1 у вищезгаданому інтервалі температур свідчить про прискорення процесів гелеутворення зі збільшенням концентрації гелеутворювача в досліджуваних розчинах.

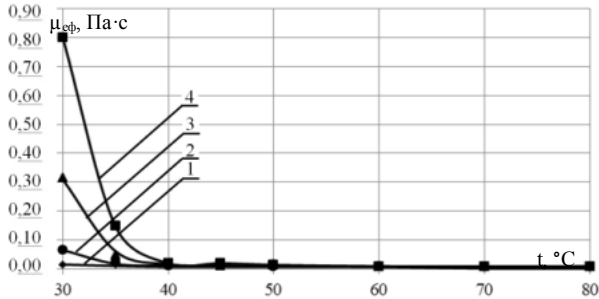


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості розчинів фуцеларану від температури за його концентрації: 1 – 1,0%, 2 – 1,5%, 3 – 2,0%, 4 – 2,5%

На рис. 2 наведено результати досліджень впливу молярної концентрації тартрату калію від 0,01 до 0,03 М на в'язкість розчинів фуцеларану з його масовою концентрацією від 1,0 до 2,5%.

Так, для розчинів фуцеларану з концентрацією 1,0% (рис. 2, крива 1) суттєвого збільшення значення ефективної в'язкості контрольного зразку не відбувається навіть за температури 30 °С, що знаходиться на рівні 0,016 Па·с. Зниження температури розчинів до 30 °С обумовлює збільшення ефективної в'язкості до 0,192 Па·с – за молярної концентрації тартрату калію 0,01 М (рис. 2, крива 2), 0,310 Па·с – 0,02 М (рис. 2, крива 3); 0,386 Па·с – 0,03 М (рис. 2, крива 4).

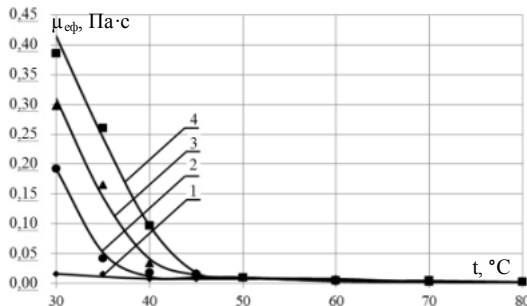


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості розчинів з концентрацією фуцеларану 1% від температури за молярної концентрації тартрату К: 1 – 0М, 2 – 0,01М, 3 – 0,02М, 4 – 0,03М

Тенденція підвищення ефективної в'язкості розчинів за включення тартрату К до складу модельних систем спостерігається і

при збільшенні концентрації фурцеларану. Так, ефективна в'язкість розчинів з концентрацією структуроутворювача 1,5% (рис. 3) за температури 40 °С лежить в межах від 0,031 (рис. 3, крива 2) до 0,276 Па·с (рис. 3, крива 4). Показник ефективної в'язкості контрольного зразку за даної температури знаходиться на рівні 0,012 Па·с (рис. 3, крива 1).

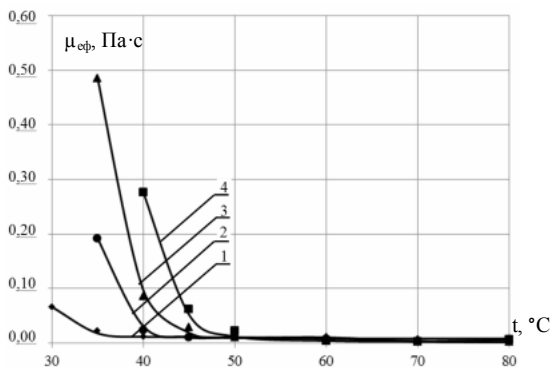


Рис. 3. Залежність ефективної в'язкості розчинів з концентрацією фурцеларану 1,5% від температури за молярної концентрації тартрату К: 1 – 0М, 2 – 0,01М, 3 – 0,02М, 4 – 0,03М

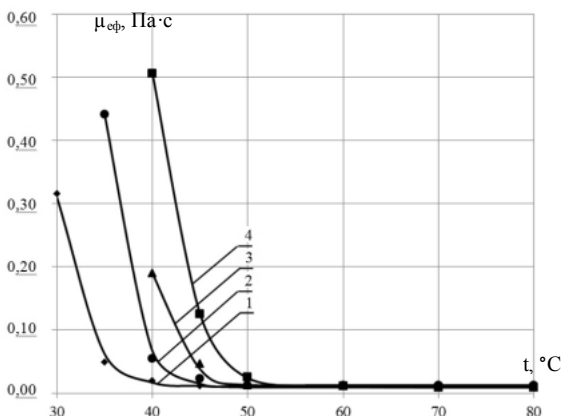


Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості розчинів з концентрацією фурцеларану 2,0% від температури за молярної концентрації тартрату К: 1 – 0М, 2 – 0,01М, 3 – 0,02М, 4 – 0,03М

Для зразків із концентрацією гелеутворювача 2,0% (рис. 4) характерним є стрибкоподібне зростання до сліджуваного показнику: за температури 40 °С – до 0,067 (рис. 4, крива 2) та 0,189 Па·с (рис. 4, крива 3); за температури 45 °С – до 0,125 Па·с (рис. 4, крива 4). В свою чергу зростання показнику для контрольного зразку спостерігається за зниження температури до 35 °С – до 0,062 Па·с (рис. 4, крива 1).

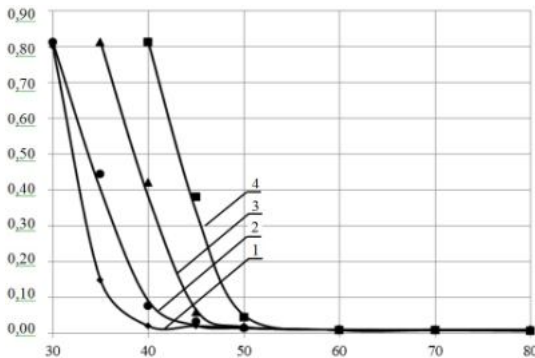


Рис. 5. Залежність ефективної в'язкості розчинів з концентрацією фуцеллану 2,5% від температури за молярної концентрації тартрату К: 1 – 0М, 2 – 0,01М, 3 – 0,02М, 4 – 0,03М

За вмісту фуцеллану 2,5% (рис. 5) стрімке зростання ефективної в'язкості спостерігається вже за температур: 45 °С – до 0,379 Па·с (рис. 5, крива 4), 40 °С – до 0,380 Па·с (рис. 5, крива 3) та 0,090 Па·с (рис. 5, крива 2). Зростання досліджуваного показнику для контрольного зразку спостерігається за зниження температури до 35 °С – до 0,148 Па·с (рис. 5, крива 1).

Проаналізувавши отримані експериментальні дані, можна дійти висновку, що включення тартрату калію у вищезазначених концентраціях до складу розчинів фуцеллану призводить до зміщення температури початку гелеутворення у бік більш високих температур порівняно до контрольних зразків. Це дозволяє стверджувати про суттєвий вплив тартрату калію на ефективну в'язкість та швидкість структуроутворення розчинів фуцеллану. Вважаємо перспективним подальше дослідження можливості його включення до технологій структурованої продукції з використанням фуцеллану як заради прискорення технологічного процесу, так і задля раціоналізації витрат гелеутворювача