

ZÁKLADNÍ PROBLÉMU ZŘÍZENÍ NOVÉ MATERIÁLŮ A TECHNOLOGIÍ

К.т.н. Гречка В.В., к.х.н. Мірошников О.М.
Національний університет харчових технологій, Україна

ВПЛИВ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ЦУКРОЗИ

Відомо, що на структуру та властивості цукрових розчинів можна впливати різними зовнішніми діями: електричним полем [1], магнітним полем [2], кавітацією [3], ультразвуком [4] та ін. Перспективним в цьому напрямку є магнітно-імпульсне оброблення (МІО), яке дозволяє за короткий час створити в об'ємі розчину потужне магнітне поле [5]. Проте, стосовно того, як впливає МІО на фізико-хімічні властивості цукрових розчинів даних немає. Метою даної роботи було з'ясувати до яких наслідків призводить МІО цукрових розчинів і чи впливає воно на їх реологічні властивості.

Нами було проведено дослідження впливу МІО на густину і в'язкість водних розчинів цукрози. Розчини були приготовлені на дистильованій воді із цукрози марки ЧДА з подальшою перевіркою концентрації на рефрактометрі марки РФК-6. Температура експериментальних розчинів становила 20 °С. Дослідження проводили при індуктивності магнітного поля (B_i) від 1,26 до 4,04 Т. Отримані дані піддавали однофакторному дисперсному аналізу [6], що дозволив оцінити адекватність МІО та звести похибку експериментів до мінімуму. Так для пікнометричного методу визначення густини похибка експерименту становила 0,01 %, а при визначенні в'язкості – 0,11...0,34 % в залежності від концентрації цукрози в розчині (0,11 % – для цукрових розчинів концен трацією 12,5-30,0 %, 0,21 % – при концентрації 50 %, 0,34 % – при концентрації 65 %).

Результати експерименту свідчать, що внаслідок МІО відбувається зменшення густини водних розчинів цукрози на 0,06...0,81 %, а в'язкості – на 0,5...20,0 %. Оскільки результати експерименту перевищують величину похибки вимірювань (0,01 % і 0,1% відповідно), ефект від МІО можна вважати достовірним. Експериментальні дані свідчать, що найбільше відхилення від стандартного спостерігається при індуктивності МП $B_i = 3,12$ Т.

Цікавим залишається той факт, що внаслідок МІО значення густини змінюються не лінійно, як при зростанні концентрації так і при збільшенні індуктивності оброблення. З цього можна зробити припущення, що ефект МІО залежить не тільки від індуктивності МП, а від структури вихідного (необробленого) розчину.

Зі зменшенням кількості молекул води вплив МІО на густина і в'язкість цукрових розчинів збільшується. Але коли на 1 молекулу цукрози припадає 19 молекул води (концентрація розчину 50 %) спостерігається зменшення приросту як для густини так і для в'язкості. На нашу думку це пов'язано з переходом кластерної будови розчину із гекса в пента комплекси [7]. Коли в розчині на 1 молекулу цукрози припадає 10 молекул води (концентрація цукрози 65 %) в оброблених розчинах спостерігається найбільше відхилення значень густини і в'язкості від аналогічних для стандартних розчинів.

Зменшення густини внаслідок МІО напевно пов'язано зі збільшенням об'єму розчину. До того ж, як бачимо з рисунків, частка цієї різниці збільшується із ростом концентрації, це може свідчити про те, що МІО впливає головним чином на молекули цукрози в розчині. На нашу думку внаслідок МІО водних цукрових розчинів відбувається зміна енергії взаємодії молекул цукрози з молекулами води. Це призводить до зменшення кількості молекул води, які утворюють водневі зв'язки з молекулами цукрози – ефекту ближньої гідратації. А також, до зміни поляризації молекулами цукрози сусідніх молекул води – ефект дальньої гідратації. Саме зі зменшенням гідратації цукрози ми пояснюємо факт зменшення в'язкості цукрових розчинів внаслідок МІО. В результаті зменшенням гідратації в розчині відбувається зміна кластерної структури молекул води.

Отже, внаслідок МІО у водних цукрових розчинах відбуваються складні структурні перетворення, які викликають зміну реологічних властивостей цих розчинів. Проте, з літературних джерел [8] відомо, що ефект від оброблення магнітними чи електричними полями зникає з часом, до того ж тривалість ефекту (час релаксації) залежить від температури розчину.

Щоб з'ясувати тривалість часу релаксації оброблених розчинів і впливу на нього підвищення температури було проведено наступну серію дослідів.

Для дослідження ми застосовували в'язкість, як найбільш чутливий параметр до зміни структури розчину. Цукровий розчин концентрацією 65 %, оброблений при оптимальних умовах ($B_1 = 3,12$ Т), поміщали в термостатовану посудину. В'язкість розчинів визначали за допомогою віскозиметра Геплера. Дослідження проводили при температурі 20 і 70 °С.

Аналіз отриманих даних дає змогу припустити, що в розчині одночасно відбуваються два процеси: з одного боку продовжуються структурні зміни в розчині, що пов'язані з дією МІО; а з іншого – відбувається повернення системи до рівноважного стану (релаксація). В першому випадку в'язкість зменшується з часом, а в другому – відбувається збільшення в'язкості. Обидва носять нелінійний характер. Аналіз даних свідчить про присутність мінімуму в'язкості, значення і інтенсивність яких залежить від індуктивності МІО та часу релаксації.

При температурі 20 °С в цукрових розчинах концентрацією 65 % максимальна ефективність від МІО ($B_1 = 3,12$ Т) спостерігається через 2-3 години. Значне зменшення в'язкості спостерігається вже через 1 годину після оброблення, і зберігається близько 10 годин. Час релаксації становить близько 32 годин.

З підвищенням температури розчинів до 70 °С максимальна ефективність від МІО спостерігається через 30 хвилин після оброблення. Значне зменшення в'язкості спостерігається менше ніж через 15 хвилин після МІО, і зберігається близько 1 години. Час релаксації триває близько 3 годин.

Як бачимо, з підвищенням температури розчинів від 20 до 70 °С час релаксації зменшується майже в 10,7 рази.

Отже на основі проведених досліджень можемо сказати, що МІО дійсно впливає на структуру водних цукрових розчинів. В результаті відбувається дегідратація молекул цукрози, що призводить до зменшення густини і в'язкості розчинів. Враховуючи, що МІО чинить найбільший вплив на концентровані цукрові розчини, ми вважаємо за доцільне застосувати його для покращення процесу кристалізації.

Література:

1. Мухин Г.Е., Уразовский С.С. Влияние электрического поля на кристаллизацию салола // Журн. физ. хим. – 1930. – №1. – С. 419.
2. Классен В.И. Омагничивание водных систем. – М.: Химия, 1978. – 240 с.
3. Силил Т.М. Технология сахара. – М.: Пищепромиздат, 1967. – 615 с.
4. Федоткин И.М. Интенсификация технологических процессов. – К.: Вища школа, 1979. – 344 с.
5. Українець А.І. Дослідження механізму дії імпульсного електромагнітного поля на життєдіяльність клітин мікрофлори харчових продуктів // Вестник ХТПУ. – 1998. – №25. – С. 164-171.
6. Ахпазарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. – М.: Высшая школа, 1985. – 327 с.
7. Аптонченко В.Я., Давыдов А.С., Ильин В.В. Основы физики воды. – К.: Наукова думка, 1991. – 672 с.
8. Сокольский Ю.М. Омагниченная вода: правда и вымысел. – Л.: Химия, 1990. – 144 с.