

11. Тиксотропія як унікальний феномен колоїдної хімії, доцільність та можливість її застосування в технології кондитерських виробів

Дорохович А.М., Дорохович В.В.

Національний університет харчових технологій

Вперше тиксотропні властивості було визначено у 1923 році німецькими вченими, які працювали в лабораторії ім. Гербера Френдліча інституту Вільгельма Кайзера у Берліні. Німецькі вчені вперше визначили можливість перетворення гелю в золь за допомогою механічної дії за сталої температури [1]. На сьогодні наукове суспільство визнає тиксотропію, як «безперервне зниження в'язкості з часом зрушення діє на речовину, що була у стані спокою, та відтворення в'язкості у часі, коли зрушення зупинене».

Тиксотропія – один з найважливіших феноменів колоїдної хімії. Зміни, що лежать в основі тиксотропії дуже складні й ще мало вивчені, загальну модель для опису різних аспектів тиксотропії досі не розроблено. Реологічні часові тиксотропні властивості використовуються в технологіях багатьох природних матеріалів, включаючи технологію кераміки, різних фарб, чорнил, будівельних матеріалів. В технології харчових продуктів тиксотропія не знайшла достатнього застосування. Багато харчових продуктів можна класифікувати як тиксотропні але досі в основному вивчають не їх тиксотропні властивості, а зміну в'язкості під дією напруги.

Дослідження науковців показують, що тиксотропі перетворення залежать від багатьох факторів: від хімічного складу досліджуваного матеріалу, від ступеню дисперсності твердої фази, реакції дисперсійного середовища, температури. Дослідами встановлено, що температура може мати різний вплив на часові тиксотропні перетворення, тобто може як прискорювати тиксотропні перетворення, так і затримувати їх [2, 3]. В роботі [2] встановлено, що підвищення температури з 20 до 70⁰С призводить до тиксотропного зміцнення дослідних зразків глин. Під час дослідження нафти [3] визначено, що за температури 20⁰С вона має тиксотропні властивості, за 70⁰С тиксотропних властивостей не має. Тобто який вплив буде мати температура на тиксотропні властивості залежить і від природи речовини.

П.А. Ребіндер дисперсні системи поділив на дві групи: перша група – це дисперсні структури коагуляційного типу, які мають тиксотропні властивості; друга група – це дисперсні системи з кристалізаційними властивостями [4]. Існує дуже багато об'єктів комбінованого типу, тобто коагуляційно-кристалізаційного або кристалізаційно-коагуляційного, які мають суттєві відмінності у тиксотропних перетвореннях. Значна частина кондитерських виробів мають таку структуру.

Потрібно зазначити, що при вивченні явища тиксотропії важливе значення має метод визначення.

Тиксотропні перетворення можна визначати за коефіцієнтом тиксотропії (λ_T), який визначається за відношенням ефективної в'язкості відновленої після порушення структури, до ефективної в'язкості непорушеної структури.

П.А. Ребіндером і Н.В.Михайловим запропоновано тиксотропію розраховувати за ступенем порушення структури (α) [4], що визначається як відношення різниці ефективної в'язкості непорушеної структури та ефективної в'язкості де визначенно значення швидкості зсуву до різниці ефективної в'язкості непорушеної структури та мінімальної в'язкості повністю порушеної структури.

А.М. Дорохович і А.В. Мурзіним запропоновано тиксотропію оцінювати за площею петлі гістерезису. Цей метод захищено авторським свідоцтвом (№ 59953, 2016 р). Площа петлі гістерезису визначається за зміною ефективної в'язкості при порушенні структури $\eta_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}^0 = f(\Theta)$ і зміні ефективної в'язкості при відновленні структури $\eta_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}^i = f(\Theta)$. Де Θ - безрозмірний час порушення або відновлення структури, за умови, що значення час: $\Theta-1,0$. В зазначеному авторському свідоцтві згідно з площею петлі гістерезису запропонована класифікація тиксотропії.

В Україні великим попитом користуються такі кондитерські вироби як мармелад, желейні, помадні, пралінові цукерки, шоколад.

Мармелад, желейні цукерки мають драгелеподібну структуру. Технологія їх передбачає уварювання рецептурної суміші, оброблення мармеладної маси, формування, сушіння. Під час цих технологічних етапів відбувається перехід маси з стану золю в стан гелю. Структура гелю притаманна вже готовому продукту. На виробництві бувають ситуації коли підготовлена до формування маса, в силу різних причин, не може бути відформована. Тоді відбувається перехід структури золю в структуру гелю. Виникає необхідність зворотного процесу – переведення гелю в золь. В цьому контексті важливим є застосування тиксотропних властивостей.

Помадна маса представляє собою гетерогенну систему, яка складається з двох фаз: твердої та рідкої. Тверда фаза представлена різними за величиною кристалами сахарози, рідка – насичений розчин сахарози в присутності патоки або інвертного сиропу. Співвідношення твердої та рідкої фази може бути різним і залежить від кількості патоки [5]. Наявність в помадній масі твердої та рідкої фази дає можливість говорити про прояви кристалізаційної та коагуляційної структури. Наявність коагуляційної структури обумовлює можливість прояву тиксотропних властивостей маси.

Шоколад – це група кондитерських виробів, що складається з продуктів переробки какао бобів (какао тертого, какао масла або жирів альтернативних какао маслу) та цукру, як основних інгредієнтів та інших компонентів передбачених рецептурою. Технологія шоколаду це складний та багатогранний процес. Шоколадна маса представляє собою дисперсну систему, в якій вагова доля рідкої фази складає 32-35 %, а доля твердої фази, відповідно, 65-68 %.

При змішування компонентів шоколадної маси одночасно проходять два процеси [6]:

- механічне розповсюдження твердих частинок (цукру та інших сипких компонентів), у рідкому дисперсійному середовищі – какао маслі;

- утворення коагуляційних структур різної міцності, частина яких порушується при перемішуванні маси і швидко відновлюється.

Відновлення структури і є проявом тиксотропних властивостей маси.

Цукеркова мас праліне – тонкоподрібнений напівфабрикат, що отримується змішуванням цукрової пудри з обсмаженими ядрами горіхів та жиром, зокрема какао маслом. Пралінові маси містять не менше 30% жиру. Жир в них є безперервною фазою, в якій знаходяться часточки сахарози та гелевої фази горіхів. За кімнатної температури маса має тверду або напівтверду консистенцію. При нагріванні жирова фаза стає рідкою, в'язкість маси знижується, вона стає напіврідкою і піддається формуванню [7]. В такому стані в праліновій масі проявляються тиксотропні властивості.

В навчальному посібнику [8] наведено дослідження тиксотропних властивостей певних видів кондитерських виробів: пралінових мас, мас для цукатів. Тиксотропні властивості оцінювали за коефіцієнтом тиксотропності, який визначали як співвідношення ефективної в'язкості за умов зростання швидкості зсуву до ефективної в'язкості за умови зниження швидкості зсуву.

Ми вважаємо за доцільне використовувати явище тиксотропії при виробництві різних видів кондитерських виробів.

Список використаної літератури

1. Mawis, Jan Thixotropy / Jan Mawis, N.J. Wagner // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2009. – № 147–148. – р. 214-227
2. Николаева С.К., Королев В.А. О роли температуры в процессе тиксотропного структурообразования водонасыщенных глинистых грунтов // *Инженерная реология*, 1981 №5. – С. 37-47.
3. Режим доступу:
<https://magazine.neftegaz.ru/articles/nefteservis/514340-tiksotropiya-izuchenie-yavleniya-na-primere-nefti-vostochno-birlinskogo-mestorozhdeniya/>
4. Ребиндер П. А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1979. – 378 с.
5. Технология кондитерского производства: учебник под ред. проф. А.Л. Соколовского . – М.: Пищепромиздат, 1959. – 710 с.
6. Дорохович А.М. Технологія шоколаду: навч. посібник. – К.: НУХТ, 2014. – 367 с.
7. Технология кондитерских изделий: учебник под ред. проф. Г.А. Маршалкина . – М.: «Пищевая промышленность», 1978. – 446 с.
8. Реология в процессах виробництва харчових продуктів : навч. посібник : у 2 ч. Ч. 1. Класифікація та характеристика неньютонівських рідин / [О. І. Черевко, В. М. Михайлов, В. І. Маяк, О. А. Маяк] ; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х. : ХДУХТ, 2014. – 244 с.