

УДК 664.346

## RESEARCH RHEOLOGICAL PROPERTIES OF XANTHAN GUM WATER SOLUTIONS

V.O. Bakhmach

National University of food technologies

---

**Key words:**

stabilization, colloidal, xanthan, rheology, viscosity, structure

---

**Article history:**

Received 08.05.2015  
Received in revised form 19.05.2015  
Accepted 2.06.2015

---

**Corresponding author:**

nota\_b@i.ua

---

**ABSTRACT**

The study of the rheological properties of aqueous solutions of food hydrocolloids xanthan. To study the effect of xanthan gum concentration on the rheological behavior of preparing an aqueous solution of from 0.1 to 1.0%. Determination was performed on "Reotest-2", the obtained values of the flow curves constructed rheology of aqueous solutions.

Analysis of the resulting rheogram shows that the dependence of the strain rate on shear stress for aqueous solutions of xanthan gum are non-linear, so are non-Newtonian fluids.

For example, dressings formulated with xanthan gum have excellent long-term stability and a relatively constant viscosity over a wide temperature range. Due to the pseudoplastic rheology imparted by the xanthan gum they pour easily but cling well to the salad.

The results obtained are important for modeling of stabilization systems for the production of low-fat mayonnaise.

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ КАМЕДИ КСАНТАНУ

В.О. Бахмач, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Проведено дослідження реологічних властивостей водних розчинів харчового гідроколоїду ксантану. Аналіз реограм свідчить, що залежність швидкості деформації від напруження зсуву для водних розчинів камеді ксантану мають нелінійний характер, тобто вони відносяться до неньютонівських рідин. Встановлено, що в'язкість практично незруйнованої системи підвищується з підвищенням концентрації розчинів камеді ксантану, при чому залежність цього показника має практично лінійний характер. Отримані результати досліджень мають важливе значення при моделюванні стабілізаційних систем для виробництва низько жирних майонезів.

**Ключові слова:** стабілізація, коллоїд, ксантан, реологічні властивості, в'язкість, структура.

**Вступ.** Майонез є в'язкою багатокомпонентною концентрованою емульсією прямого типу, тому для одержання високоякісного продукту важливим є сформування його певних структурно-в'язкісних та реологічних властивостей.

Для структуроутворення та стабілізації емульсій типу «жир у воді» зазначені вище властивості в значній мірі проявляють гідроколоїди, дія яких пояснюється утворенням тривимірної сітчастої структури, що супроводжується збільшенням в'язкості безперервної водної фази. Поряд з цим деякі гідроколоїди мають гідрофобні зони і проявляють слабкі поверхнево-активні властивості. Гідроколоїди можуть вступати у взаємодію з емульгаторами, асоціюватися з ними і завдяки цьому утворювати особливо стабільні плівки на межі розділу фаз. За хімічною структурою гідроколоїди в основному є полісахаридами, які залежно від

моносахаридного складу ділять на гомополісахариди або гомоглікани, побудовані із залишків одного моносахариду, і гетерополісахариди або гетероглікани, що складаються із залишків різних моносахаридів [1—2].

До стабілізаторів структури, що мають статус харчових добавок, відносяться речовини двох основних функціональних класів: загущувачі, що використовують для підвищення в'язкості; гелеутворювачі, що надають харчовому продукту властивості гелю. Не завжди можливо чітко розмежувати згущувачі та гелеутворювачі, тому що багато харчових добавок групи гідроколоїдів мають суміжну функцію стабілізатора. В обох випадках, і за умови підвищення в'язкості дисперсної харчової системи під час уведення загущувача, і перетворення такої системи у слабкий гель за низьких концентрацій гелеутворювача запобігає її розділенню на початкові компоненти.

Під час уведення в процесі виготовлення майонезу згущувачі та гелеутворювачі зв'язують воду, в наслідок чого втрачається рухомість колоїдної системи і змінюється її консистенція.

На розчинність та диспергування гідроколоїдів впливають розмір та форма їхніх частинок, питома поверхня, гранулометричний склад. Важливими чинниками є: спосіб приготування розчину (дисперсії), інтенсивність та термін змішування, температура, величина рН середовища, присутність електролітів, мінеральних речовин і речовин, що гідратуються (наприклад, цукру), можливість утворення комплексів з іншими сполуками системи, а також процеси розкладу, які обумовлені дією ферментів або мікроорганізмів [3—4]. згущувачі, які можуть утворювати асоціати з іншими високомолекулярними компонентами харчового продукту, що викликає значний зріст в'язкості та концентрації солі.

Відомо [5—6], що сумісне уведення двох різних гідроколоїдів супроводжується синергетичним ефектом. Так, комбінація добавок ксантанової та гуарової камедей спричиняє такий ефект — підвищується в'язкість системи (більше, ніж систем, які містять індивідуальні добавки). Комбінація добавок камеді ріжкового дерева і ксантанової камеді виявляє синергетичний ефект за рахунок гелеутворення.

На даний час серед рослинних добавок для покращення структури майонезу широко використовуються камеді, зокрема камедь гуару, камедь ксантану та камедь ріжкового дерева. Вказані компоненти здатні покращувати реологічні властивості майонезних емульсій, зокрема при низькому вмісті жирової фази. Вони є безпечними для використання у харчовій промисловості.

**Метою** даної роботи є дослідження реологічних властивостей водних розчинів камеді ксантану.

**Матеріали і методи досліджень.** В роботі визначення реологічних характеристик здійснювали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2», з подальшою обробкою отриманих даних графічними та розрахунковими методами.

**Результати дослідження.** Для встановлення технологічних умов їх використання, а також визначення необхідної кількості та співвідношення між компонентами, що забезпечать необхідну якість майонезів, досліджуємо реологічні характеристики.

Для дослідження впливу концентрації камеді ксантану на реологічну поведінку готували водні розчини концентрацією від 0,1 до 1,0 %. Визначення проводили на приладі «Реотест-2», за отриманими значеннями побудовано реологічні криві течії ( $\gamma = f(P)$ ) водних розчинів камеді та їх реологічні криві в'язкості ( $\eta = f(P)$ ).

Аналіз отриманих даних свідчить, що залежність швидкості деформації від напруження зсуву для водних розчинів камеді ксантану мають нелінійний характер, тобто вони відносяться до неньютонівських рідин.

Аналізуючи отримані залежності за відомими підходами її можна апроксимувати двома дотичними прямими, які будуть відповідати різній ефективній в'язкості системи. Так на одержаних реограмах при малих навантаженнях зсуву ( $0 < P < P_n$ ) відбувається повільна течія, для якої характерні лінійні зміни швидкості зсуву від напруження зсуву з незначним нахилом. Цей стан відповідає найбільшій в'язкості полімерної системи. Такий стан течії пояснюється тим, що при малих значеннях швидкості течії розірвані зв'язки між частинками системи встигають відновитись і течія відбувається при повністю незруйнованій структурі матеріалу [7].

Подальше збільшення навантаження зсуву до значень ( $P \geq P_n$ ) призводить до поступового руйнування утвореної структури полімерного розчину і реологічна структура поступово виходить на іншу пряму лінію, яка характеризується мінімальною в'язкістю ( $\eta_m$ ) та

має повністю зруйновану структуру. Напруження зсуву, яке відповідає стану повністю зруйнованої системи позначається як  $P_m$ . При екстраполяції другої прямої лінії на ось абсцис, отримують умовну межу здатності тіла до течії.

Виходячи з цього характеристичними для системи визначають наступними показниками:

$P_r$  — напруження практично незруйнованої системи,  $\text{H}/\text{M}^2$ ;

$P_m$  — напруження практично зруйнованої системи,  $\text{H}/\text{M}^2$ ;

$P_{k2}$  — динамічна (умовна) межа здатності системи до течії, яка характеризує міцність системи.

Таким чином можна стверджувати, що збільшення напруження зсуву призводить до зміни структури водного розчину камеді ксантану, а криві його течії мають два лінійних відрізка, один з яких належить до дуже малих значень швидкості зсуву і характеризується показником в'язкості  $\eta_0$ , а інший проявляється при дуже високих значеннях швидкості зсуву та характеризується в'язкістю  $\eta_\infty$ .

Таку властивість полімерних систем пояснюють тим, що в нерухомому середовищі розміщення частинок розчиненого компоненту характеризується значною хаотичністю, а під дією все зростаючої сили зсуву відбувається орієнтація розчинених часточок у напрямку течії рідини. Підвищення швидкості також призводить до зменшення взаємодії між окремими часточками системи.

З одержаних реологічних кривих (рис.1) розраховано значення  $P_r$ ,  $P_m$  для різних концентрацій камеді ксантану. На основі визначених параметрів спочатку побудовано залежність напруження практично незруйнованої системи від концентрації розчиненої камеді ксантану, яка представлена на рис. 2.

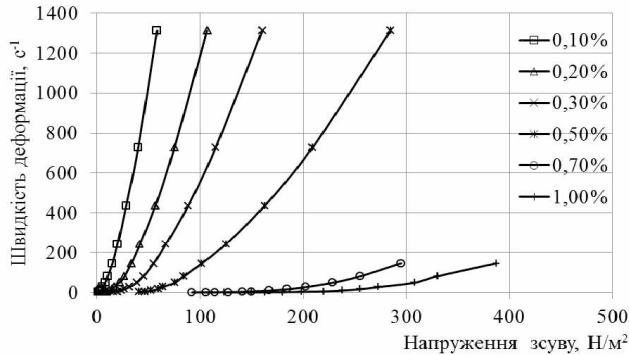


Рис. 1. Реограма водних розчинів камеді ксантану різних концентрацій при температурі 25 °С.

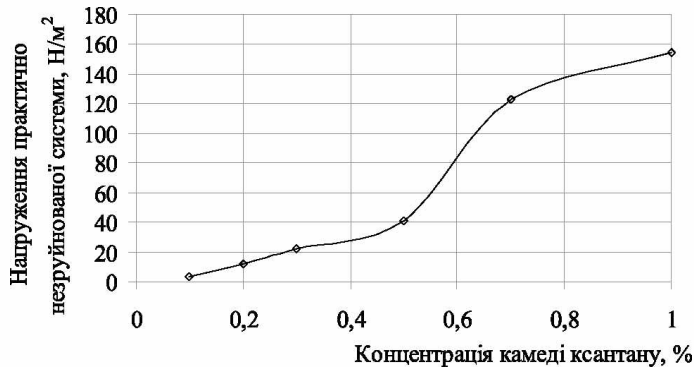
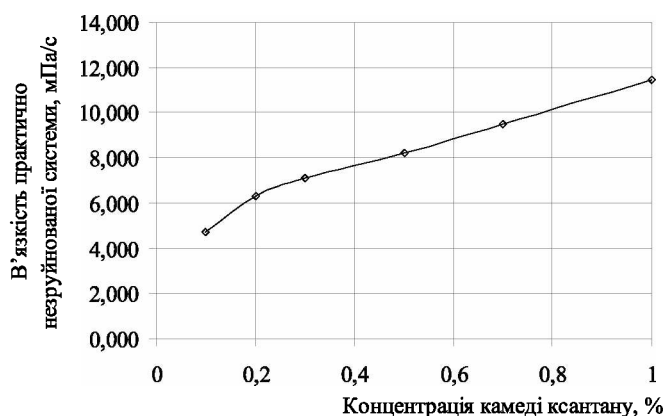


Рис. 2. Залежність напруження практично незруйнованої системи ( $P_r$ ) від концентрації камеді ксантану

Встановлено, що на залежності напруження практично незруйнованої системи від концентрації можна виділити три ділянки. Спершу при збільшенні концентрації камеді ксантану до 0,5 % спостерігається поступове, майже лінійне, збільшення напруження  $P_r$  після цього підвищення концентрації з 0,5 % до 0,7 % призводить до дуже різкого збільшення значення  $P_r$ . Визначено, що підвищення концентрації камеді на 0,2 % спричиняє збільшення показника  $P_r$  у три рази з 41 Н/м<sup>2</sup> до 123 Н/м<sup>2</sup>. Подальше збільшення концентрації камеді ксантану (вище 0,7 %) призводить до подальшого поступового підвищення напруження практично незруйнованої системи.

Течія розчинів камеді ксантану при напруженні зсуву, яке менше значення  $P_r$  протікає таким чином, що зв'язки між окремими частками руйнуються впродовж течії, але внаслідок броунівського руху вони встигають повністю відновитись і рідина тече з постійною в'язкістю. Така структура, як зазначалося раніше, називається практично незруйнованою, а в'язкість такої рідини є максимальною та характеризується значенням  $\eta_0$  — максимальною в'язкістю практично незруйнованої системи. Залежність максимальною в'язкості практично незруйнованої системи від концентрації камеді ксантану представлена на рис. 3.



**Рис. 3. Залежність в'язкості практично незруйнованої системи від концентрації камеді ксантану**

Встановлено, що в'язкість практично незруйнованої системи підвищується з підвищенням концентрації розчинів камеді ксантану, при чому залежність цього показника має практично лінійний характер. Більш стрімке зростання в'язкості спостерігається лише при переході від 0,1 % до 0,2 % мас. розчину камеді, в той час як подальше зростання призводить до монотонного підвищення цього показника. Таке збільшення в'язкості системи при підвищенні концентрації камеді скоріше за все утворенням та зміцненням різноманітних просторових структур у системі.

Іншим визначеним показником була напруга практично зруйнованої системи, залежність якої від концентрації представлено на рис. 4.

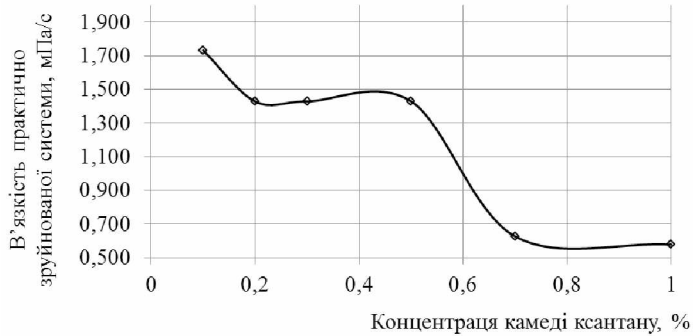
Встановлено, що залежність напруги практично зруйнованої системи має дещо схожий характер, що і залежність напруги практично незруйнованої системи. Так з підвищенням концентрації камеді ксантану до 0,5 % мас. відбувається поступове, майже лінійне збільшення величини  $P_m$ . Підвищення концентрації з 0,5 % мас. до 0,7 % мас. призводить до різкого підвищення напруги практично зруйнованої системи у приблизно у двічі після чого продовжується поступове збільшення значення цього показника.

В'язкість якою характеризується течія практично зруйнованої системи є мінімальною, а її залежність від концентрації камеді ксантану представлена на рис. 5.

Аналізуючи одержану залежність (рис. 5), можна стверджувати, що вона поділяється на чотири області. Перша область з концентрацією камеді ксантану від 0,1 % мас. до 0,2 % мас. характеризується зменшенням в'язкості від ~1,7 мПа/с до ~1,4 мПа/с. Після цього в другій області з концентрацією від 0,2 % до 0,5 % в'язкість залишається сталою, після чого в третій області підвищення концентрації до 0,7 % спричиняє різке зменшення в'язкості системи у більше ніж 2 рази до 0,625 мПа/с. Четверта область від 0,7 % до 1,0 % характеризується подальшим незначним зменшенням в'язкості повністю зруйнованої системи.

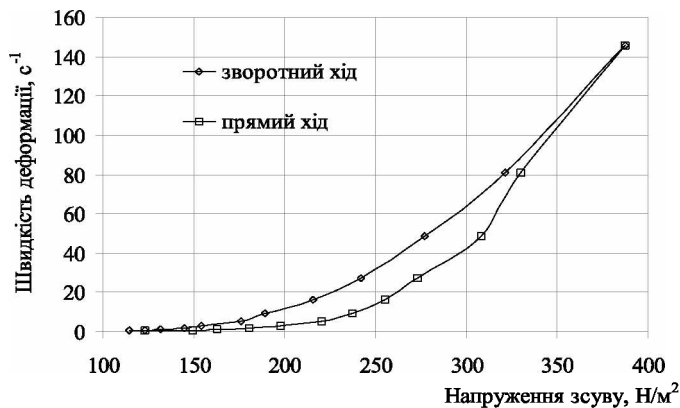


**Рис. 4.** Залежність напруги практично зруйнованої системи ( $P_m$ ) від концентрації розчину камеді ксантану



**Рис. 5.** Залежність в'язкості практично зруйнованої системи від концентрації камеді ксантану

Слід також зазначити, що для камеді ксантану спостерігаються тиксотропні властивості, які підтверджуються експериментальними даними. На рис. 6 представлена залежність швидкості деформації від напруження зсуву при збільшенні («прямий хід») та наступному зменшенні («зворотній хід») напруження.



**Рис. 6.** Реологічні криві течії водного розчину камеді ксантану при «прямому» та «зворотному» ході при концентрації 1%.

Встановлено (рис. 6), що для водних розчинів камеді ксантану спостерігається так звана «петля гістерезису», що свідчить про виражені тиксотропні властивості даних розчинів. Така властивість зменшувати в'язкість при прикладанні властивості є важливим чинником при практичному використанні систем з додаванням камеді ксантану, оскільки при необхідних технологічних операціях, таких як перемішування, перекачування, в'язкість розчинів буде зменшуватись. Після того як напруження на систему буде знято через деякий час система відновить свою в'язкість.

**Висновки.** Наведені в статті результати досліджень показали, що водні розчини камеді ксантану в широкому діапазоні концентрацій відносяться до неньютонівських рідин. В'язкість практично незруйнованої системи підвищується з підвищенням концентрації розчинів камеді ксантану, при чому залежність цього показника має практично лінійний характер. Тиксотропні властивості, що спостерігаються для водних розчинів ксантану є важливими в процесі перекачування харчових мас та пакуванні готового продукту, для чого необхідно меншу в'язкість, що є небажаним наприклад для бутербродних майонезів, які мають густу консистенцію. Отримані результати досліджень мають важливе значення при моделюванні стабілізаційних систем для виробництва низькожирних майонезів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Малкин А.Я. Реология: концепции, методы, приложения / А.Я. Малкин, А.И. Исаев. — С.-Пб.: Профессия, 2007. — С. 320—322.
2. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: СанПин 2.3.2.560—96
3. Тимченко В.К. Технология майонезов, салатных соусов и дрессингов. Навчальний посібник / В.К. Тимченко, А.К. Зябченкова, А.А.Савус. — Харків: НТУ «ХПІ», 2007. — С. 120—122.
4. Взоров А.Л. Стабилизаторы в производстве майонезов и маргаринов / А.Л. Взоров, В.А. Никитков, А.Н. Жгун // Пищевая промышленность. — М., 1997. — № 12. — С. 28—31.
5. Нечаев А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцев. — М.: Колос, 2002. — С. 120—122.
6. Нечаев П.А. Майонезы / П.А. Нечаев, А.А. Кочеткова, И.Н. Нестерова. — С-Пб.: ГИОРД, 2000. — С. 42—45.
7. Урьев Н.Б. Структурообразование и реология неорганических дисперсных систем и материалов / Н.Б. Урьев, Я.П. Иванов. — София: Издательство Болгарской академии наук, 1991. — С. 110—111.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ КАМЕДИ КСАНТАН

**В.А. Бахмач**

*Национальный университет пищевых технологий*

*Проведено исследование реологических свойств водных растворов пищевого гидроколлоида ксантан. Анализ полученной реограммы свидетельствует, что зависимость скорости деформации от напряжения сдвига для водных растворов камедь ксантана имеют нелинейный характер, следовательно относятся к неньютоновским жидкостям. Установлено, что вязкость практически неразрушенной системы повышается с повышением концентрации растворов камедь ксантана, причем зависимость этого показателя имеет практически линейный характер. Полученные результаты исследований имеют важное значение при моделировании стабилизационных систем для производства низкожирных майонезов.*

**Ключевые слова:** стабилизация, коллоид, ксантан, реологические свойства, вязкость, структура.