

**ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
РОЗЧИНІВ КАМЕДИ ГУАРУ**

Досліджено реологічні характеристики водних розчинів камеди гуару. Майонез є емульсією типу «масло у воді», що складається з 50-85 % рослинної олії, 5-10 % яєчного жовтка, оцту, солі і приправ. Емульсія стабілізується фосфоліпідами яєчного жовтка. Продукти з більш низьким вмістом олії (< 50 %) можуть містити загусники, такі як крохмаль, пектин, камедь, КМЦ, молочні білки.

У технології майонезів існують широкі можливості використання гуарової камеди. Стабільність при низьких значеннях рН, вмісту солей, висока в'язкість розчинів при низькій швидкості зсуву і псевдопластичних характеристиках роблять привабливим використання для стабілізації систем. У зв'язку з псевдопластичними характеристиками, що властиві гуарової камеді, розчини мають текучість, при цьому залишаються на салаті. Низькі концентрації гуарової камеди забезпечують високу в'язкість в соусах при кислих і нейтральних значеннях рН. В'язкість розчинів також стабільна до змін температури і витримує різні тривалі умови зберігання. Гуарова камедь може використовуватися для часткової заміни крохмалю, покращення стабільності та додання відчуття наповненості в роті. Отримані результати можуть бути використані при моделюванні стабілізаційних систем для виробництва низькожирних майонезів і соусів.

Ключові слова: в'язкість, галактоманан, гуар, камедь, реологічні властивості, стабілізація, структура

Изучены реологические характеристики водных растворов камеди гуара. Майонез является эмульсией типа «масло в воде», состоящей из 50-85 % растительного масла, 5-10 % яичного желтка, уксуса, соли и приправ. Эмульсия стабилизируется фосфолипидами яичного желтка. Продукты с более низким содержанием масла (< 50 %) могут содержать загустители, такие как крахмал, пектин, камедь, КМЦ, молочные белки.

В технологии майонезов имеются широкие возможности для использования гуаровой камеди. Стабильность при низких значениях рН, содержания солей, высокой вязкости при низкой скорости сдвига и псевдопластических характеристиках делают возможным использование ее для стабилизации систем. В связи с псевдопластическими характеристиками, свойственными гуаровой камеди, растворы обладают текучестью, при этом остаются на салате. Низкие концентрации гуаровой камеди обеспечивают высокую вязкость в соусах при кислых и нейтральных значениях рН. Вязкость растворов также стабильна к изменениям температуры и выдерживает различные длительные условия хранения. Гуаровая камедь может использоваться для частичной замены крахмала, улучшения стабильности и придания ощущение наполненности во рту. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании стабилизационных систем для производства низкожирного майонеза и соусов.

Ключевые слова: вязкость, галактоманан, гуар, реологические свойства, стабилизация, структура

Rheological characteristics of aqueous solutions of gum are studied. Mayonnaise is an «oil in water» emulsion consisting of 50 – 85 % edible oil, 5 – 10 % egg yolk, vinegar, salt and seasonings. The emulsion is stabilized by egg yolk phospholipids. Products with a lower oil content (< 50 %) may contain thickening agents such as starch, pectin, gum, CMC, milk proteins.

Mayonnaise technology is wide field for guar gum using. Its stability at low pH, salt tolerance, high viscosity at low shear and pseudoplastic rheology make it an ideal thickener and stabiliser for products. Due to the pseudoplastic rheology imparted by the guar gum they pour easily but cling well to the salad. Low levels of guar gum provide high viscosity in sauces and gravies at both acid and neutral pH. Viscosity is also stable to temperature changes and is maintained under a variety of long-term storage conditions. Guar gum can be used to partially replace starch in this application to improve stability and give a cleaner, less pasty mouthfeel. The results are important in modeling stabilization systems for the production of low-fat mayonnaise and sauces.

Keywords: Guar gum, galaktomanan, rheology, stabilization, structure, viscosity.

Постановка проблеми. Для вирішення проблеми стійкості майонезів низької та середньої калорійності та соусів, а також для видалення зі складу рецептурних компонентів, що містять холестерол широко використовують різні харчові добавки. В той же час, незважаючи на велику кількість розроблених закордонних добавок, їх склад наразі невідомий для вітчизняних виробників майонезної продукції, а тому дослідження доступних та безпечних рослинних домішок до майонезів дозволить створювати безпечну майонезну продукцію високої якості та підвищити конкурентоспроможність вітчизняної харчової промисловості. Отже, дослідження реологічних властивостей розчинів камеді гуару є актуальним завданням, вирішення якого допоможе у розробці сучасних високотехнологічних стабілізаційних систем для виробництва майонезів.

Аналіз останніх досліджень. Для структуроутворення та стабілізації емульсій типу «жир у воді» найефективнішими є гідроколоїди, дія яких пояснюється утворенням тривимірної сітчастої структури, що супроводжується підвищенням в'язкості водної фази. За хімічною структурою гідро колоїди, в основному, є полісахаридами, що, залежно від структурного складу, ділять на гомополісахариди або гомоглікани, побудовані із залишків одного моносахариду, і гетерополісахариди або гетероглікани, що складаються із залишків різних моносахаридів [1].

На сьогодні серед рослинних добавок для покращення структури майонезу неабиякої популярності набули камеді, зокрема камедь гуару, камедь ксантану та камедь ріжкового дерева [2,3]. За хімічною будовою камедь ксантану, гуару та ріжкового дерева належать до класу нейтральних полісахаридів. З точки зору хімії, добавки цієї групи являють собою полімерні сполуки (переважно полісахаридної природи), у макромолекулах яких рівномірно розподілені гідрофільні групи [4].

Гуарова камедь (код E412), що міститься в насінні стручка гуари (*Cyamopsis tetragonolobus*), належить до групи галактомананів, які являють собою полісахариди, що складаються з (1,4)- β – глікозидно зв'язаних залишків манози, до яких 1,6-зв'язками через рівні інтервали приєднані бічні ланцюги, що складаються з одиничних залишків α -D- галактози [3].

На розчинність та диспергування гідроколоїдів також впливають розмір та форма їхніх частинок, питома поверхня, гранулометричний склад. Важливими, у цьому сенсі, чинниками є також: 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 [5,6]. Відомі речовини, що можуть утворювати асоціати з іншими високомолекулярними компонентами харчового продукту, а це викликає значне збільшення в'язкості та концентрації солі.

Результати дослідження. Для встановлення технологічних умов використання розчинів камеді гуару, а також для визначання необхідної кількості та співвідношення між компонентами, що забезпечують необхідну якість майонезів та соусів, проведено дослідження їх реологічних властивостей.

Для дослідження реологічних властивостей вивчалися водні розчини з концентрацією камеді гуару від 0,1 % мас. до 1,0 % мас. Температура дослідження становила 25 °С, характеристики системи визначалися за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2». Одержані реограми для розчинів камеді гуару представлено на рисунку 1.

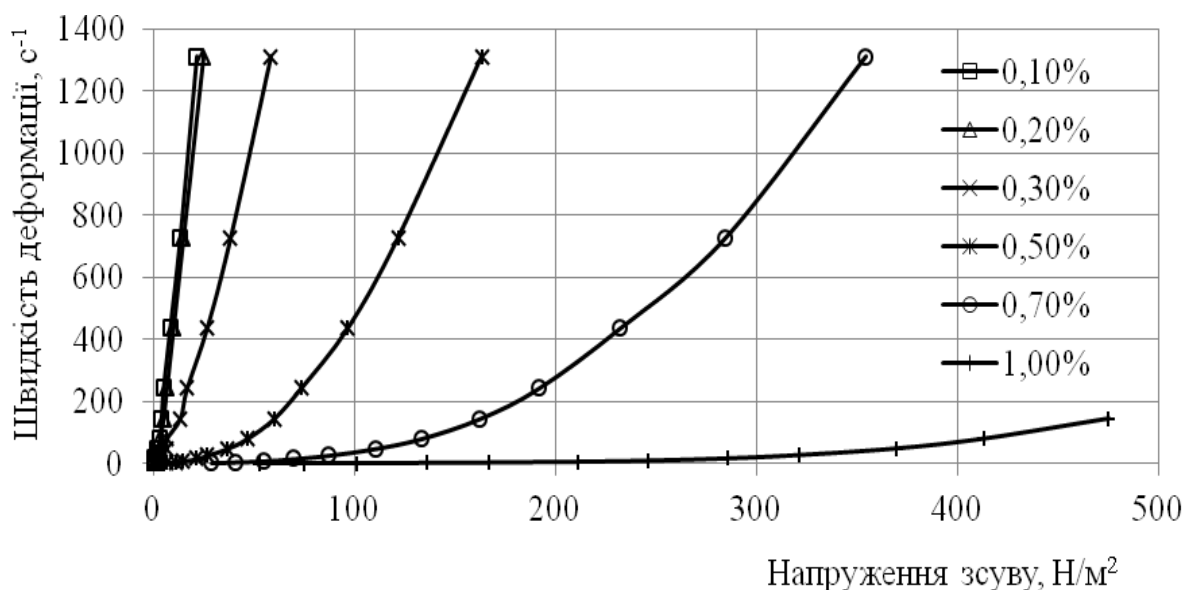


Рис. 1. Залежність швидкості деформації від напруження зсуву для водних розчинів камеді гуару різної концентрації

Встановлено, що при концентрації камеді гуару менше 0,3 % залежність швидкості деформації від напруження зсуву має практично лінійну залежність, що свідчить про те що такі розчини є ньютонівськими рідинами. Підвищення концентрації камеді гуару вище 0,3 % мас. призводить до зміни реологічної поведінки розчинів. Так при концентраціях вище 0,3 % залежність швидкості деформації від напруження зсуву описується нелінійною залежністю, тобто в такому випадку водні розчини камеді гуару відносяться до неньютонівських рідин. Слід зазначити, що збільшення концентрації камеді гуару призводить до збільшення напруження зсуву, яке необхідно прикласти для забезпечення однієї і тої ж швидкості деформації. Така поведінка водних розчинів може пояснюватись відсутністю або малою міцністю просторової структури, що утворюють молекули камеді при малих концентраціях. Збільшення концентрації призводить до укріплення просторової структури і, в результаті цього, рідина набуває неньютонівських властивостей.

На основі одержаних результатів за допомогою графічного методу аналізу реограм визначені значення напруження практично незруйнованої системи, а також напруження практично зруйнованої системи. На рисунку 2 представлено залежність напруження практично незруйнованої системи від концентрації камеді гуару.

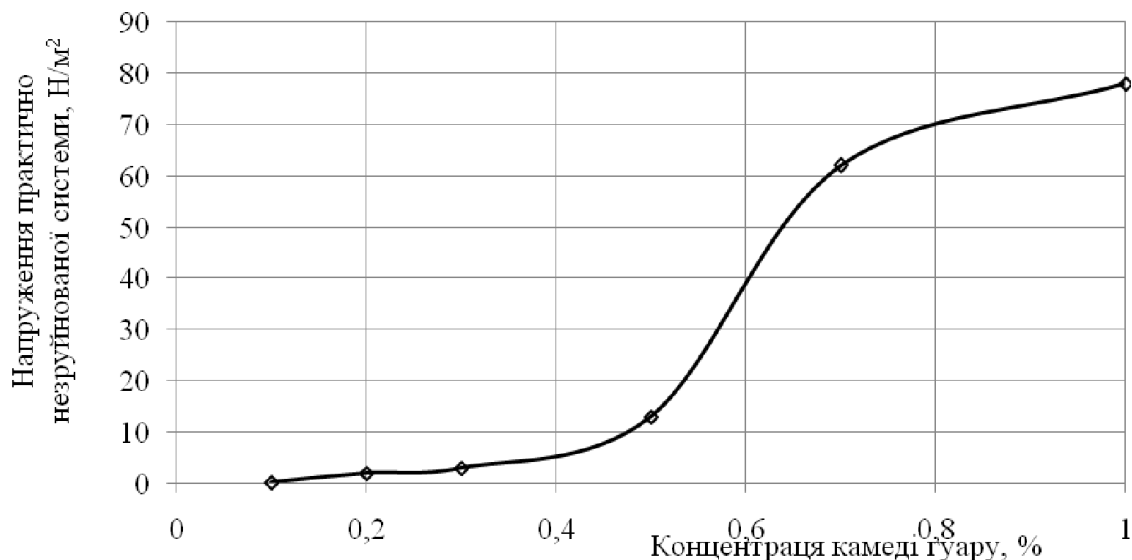


Рис. 2. Залежність напруження практично незруйнованої системи від концентрації камеді гуару

Встановлено, що залежність напруження практично зруйнованої системи за видом близька до відповідної залежності для камеді ксантану. Для наведеної залежності можна умовно виділити три основні області. В першій області з концентрацією від 0,1 % до 0,5 % напруження практично незруйнованої системи поступово збільшується зі збільшенням концентрації камеді гуару. У другій області, яка характеризується концентрацією від 0,5 % до 0,7 %, напруження різко збільшується майже у 5 разів. Подальше збільшення концентрації в третій області від 0,7 % до 1 % призводить до подальшого незначного збільшення напруження системи. Слід зазначити, що схожа залежність характеризує і поведінку камеді ксантану, але відмінність полягає у тому, що за абсолютними значеннями напруження камедь ксантану приблизно вдвічі перевищує напруження для камеді гуару. Крім того слід зазначити, що в камеді ксантану в діапазоні концентрацій 0,5 % - 0,7 % теж спостерігається різке підвищення напруження системи, але зазначене збільшення цього показника становить ~3 рази, в той час як для гуару це збільшення становить ~5 разів. Для режимів течії, при напруженнях менших ніж напруження практично незруйнованої системи, течія проходить з максимальною в'язкістю, залежність якої від концентрації камеді гуару представлена на рисунку 3.

За результатами проведених досліджень також визначено (рис. 3), що в'язкість практично незруйнованої системи для водних розчинів камеді гуару залишається практично сталою для діапазону концентрації від 0,1 % до 0,7 % та становить від 9,0 до 9,5 мПа·с. Подальше підвищення концентрації призводить до різкого збільшення в'язкості системи до ~19 мПа·с, тобто дещо більше ніж удвічі. Це можна пояснити тим, що в діапазоні концентрацій вище 0,7 % відбувається перехід системи від псевдопластичної структури до пластичної, і у розчині починає формуватися міцна просторова сітка.

Слід також зазначити, що в'язкості водних розчинів камеді гуару мають схожі значення з аналогічними значеннями для камеді ксантану, проте в'язкість камеді ксантану постійно збільшується зі збільшеннями концентрації розчинів.

Підвищення напруження зсуву призводить до руйнування структур, що утворюються у просторі водного розчину полімерів, а такий стан характеризується напруженням практично зруйнованої системи, залежність якої від концентрації представлено на рисунку 4.

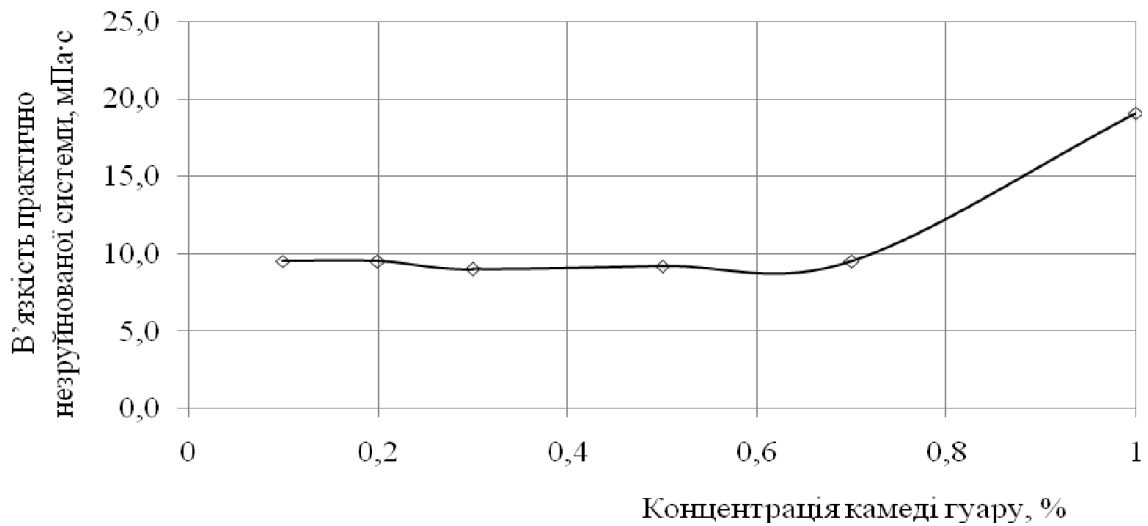


Рис. 3. Залежність в'язкості практично незруйнованої системи від концентрації камеді гуару

Як видно (рис.4), напруження практично зруйнованої системи зростає з підвищенням концентрації камеді гуару. Разом з тим швидкість зростання напруження також підвищується з підвищенням концентрації. Так, спершу при підвищенні концентрації камеді гуару з 0,1 % до 0,5 % напруження збільшується з $2,7 \text{ Н/м}^2$ до 64 Н/м^2 тобто на $\sim 60 \text{ Н/м}^2$, в той же час як таке ж підвищення концентрації з 0,7 % до 1,0 % призводить вже до підвищення напруження на 140 Н/м^2 , тобто з 190 Н/м^2 до 330 Н/м^2 , отже швидкість зростання напруження збільшується у приблизно два рази. Слід також зазначити, що представлена залежність з коефіцієнтом кореляції 0,98 описується квадратичною залежністю.

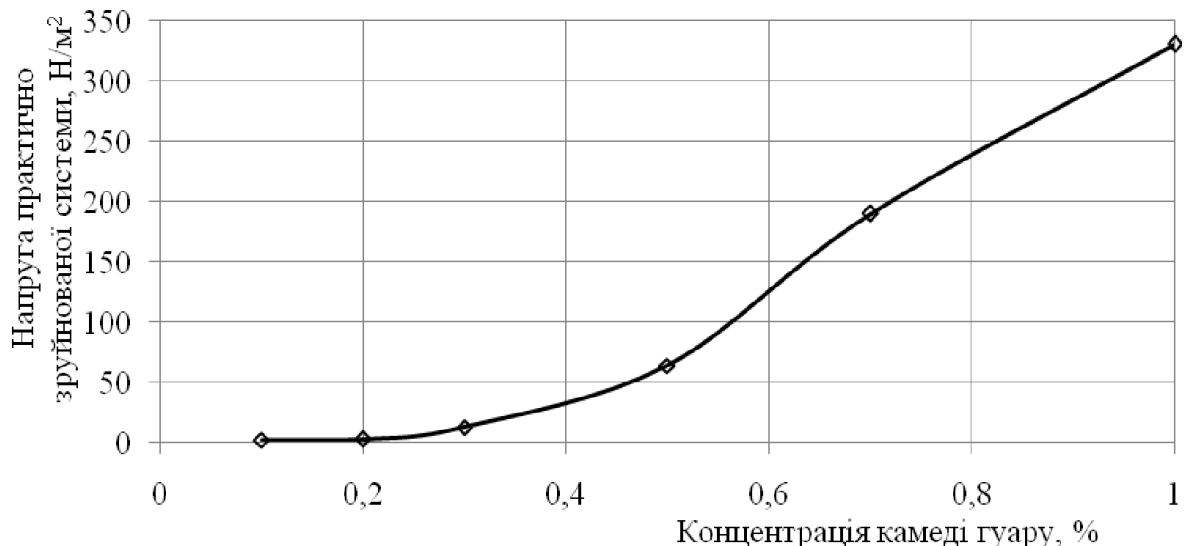


Рис. 4. Залежність напруження практично зруйнованої системи від концентрації камеді гуару.

Крім того визначено, що залежність напруження практично зруйнованої системи водних розчинів камеді гуару має схожу форму з залежністю для камеді ксантану, а також схожі і за абсолютними значеннями напруження.

При значеннях напруження зсуву, що перевищують значення напруження практично зруйнованої системи, вона характеризується найнижчим значенням в'язкості. В цьому випадку така в'язкість називається в'язкістю практично зруйнованої системи, і її залежність від концентрації камеди гуару представлена на рисунку 5.

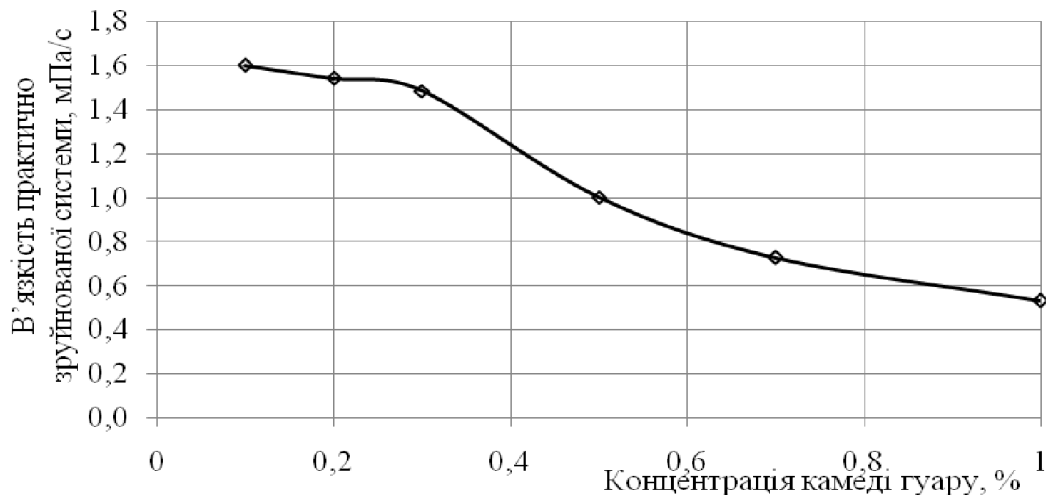


Рис. 5. Залежність в'язкості практично зруйнованої системи від концентрації камеди гуару.

Встановлено (рис.5), що з підвищенням концентрації камеди гуару в'язкість практично зруйнованої системи зменшується. Разом з тим, для залежності цього параметру від концентрації можна умовно виділити дві області: перша від значення концентрації 0,1 % до 0,3 %, а друга – від 0,3 % до 1,0 %. Перша область характеризується поступовим незначним зменшенням в'язкості, так в цій області в'язкість зруйнованої системи зменшується на ~ 0,12 мПа·с, тобто з 1,6 мПа·с до 1,48 мПа·с. Перехід до другої області зумовлює вже набагато більш різке падіння в'язкості. Так, перехід від концентрації 0,3 % до концентрації 0,5 % зумовлює зменшення в'язкості на 0,48 мПа·с, що у 4 рази більше ніж при переході від 0,1 % до 0,3 %.

Окрім графічного методу аналізу одержаних залежностей, також використано аналітичний, для реалізації якого спочатку побудовано залежності в координатах, $\ln P - \ln \dot{\gamma}$ які представлені на рисунку 6.

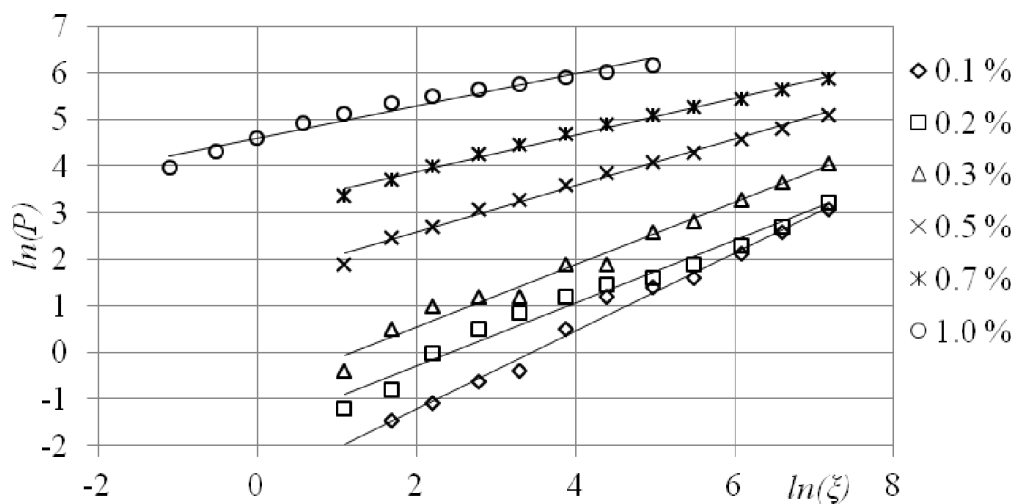


Рис.6. Залежність швидкості деформації від напруження зсуву в координатах $\ln P - \ln \dot{\gamma}$ для водних розчинів камеди гуару різних концентрацій

Встановлено, що залежність експериментальних даних в координатах має лінійний характер, також розраховано параметр тиксотропності й індекс течії, тобто відхилення від ньютонівської течії. Результати розрахунків представлено в таблиці.

Таблиця 1

Значення індексу течії та параметру тиксотропності водних розчинів камеді гуару різних концентрацій

Концентрація камеді гуару, %	Індекс течії, n	Параметр тиксотропності, o
0,1	0,3475	0,010
0,2	0,3954	0,046
0,3	0,4965	0,204
0,5	0,6723	2,240
0,7	0,6737	5,165
1,0	0,8395	18,109

Встановлено, що з підвищенням концентрації камеді гуару індекс течії постійно збільшується, як і параметр тиксотропності. На рисунку 7 представлено залежність індексу течії водних розчинів камеді гуару від його концентрації.

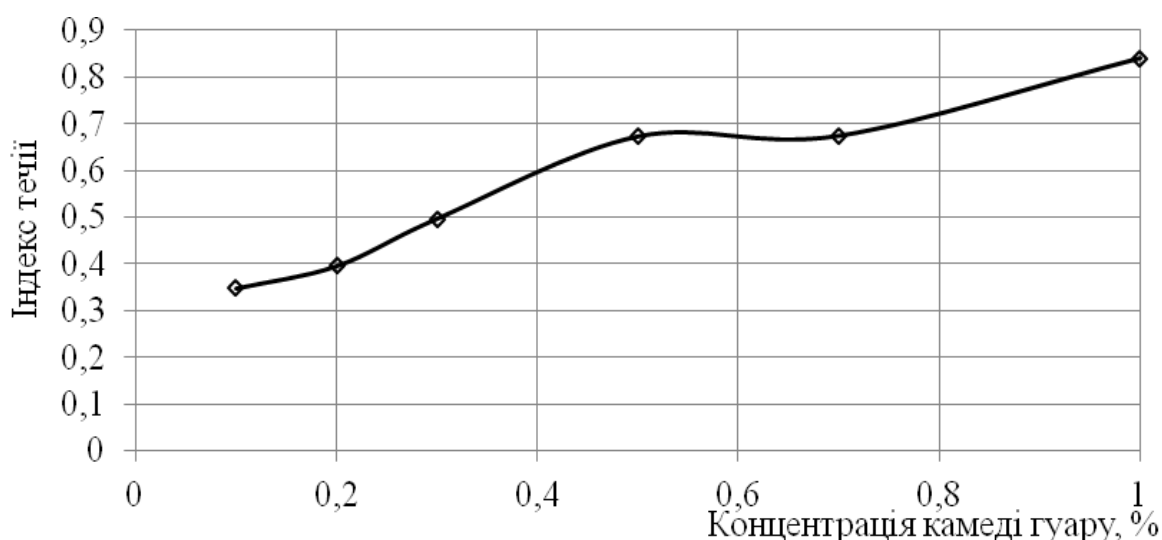


Рис.7. Залежність індексу течії водних розчинів камеді гуару від концентрації.

Встановлено, що підвищення концентрації камеді гуару в водному розчині призводить до поступового збільшення індексу течії. Також слід зазначити, що індекс течії для всіх концентрацій менший за одиницю, що є характерним для псевдопластичних розчинів.

Висновки

Наведені в результаті досліджень показали, що водні розчини камеді гуару в широкому діапазоні концентрацій належать до неньютонівських рідин. Визначені реологічні властивості водних розчинів гуару є важливими для розуміння процесів структуроутворення, що відбуваються. Отримані результати досліджень можуть бути використані при моделюванні стабілізаційних систем з використанням галактомананів для виробництва низькожирних майонезів та соусів.

Література

1. Брайан М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Мак Кенна Брайан. – М.–С-Пб: Профессия, 2008. – с. 221-222
2. Тимченко В.К. Технология майонезов, салатных соусов и дрессингов. Навчальний посібник / В.К. Тимченко, А.К. Зябченкова, А.А.Савус. – Харків: НТУ «ХП», 2007. – с. 146-147
3. Нечаев А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцев. – М.: Колос, 2002. – 256 с.
4. Горшкова Л.М. Текстуры ингредиенты для майонезов и соусов средней и низкой жирности. Пищевые добавки / Л.М. Горшкова, И.П. Петик, Л.П. Радченко // Олійно-жировий комплекс. – Дніпропетровськ: ІА «Експерт Агро», 2009. – №2(25). – с. 41-44.
5. Ливинская С.А. Совместимость стабилизаторов структуры в майонезах / С.А. Ливинская, И.А. Леонова // Масла и жиры, 2003. – №7(29).– с. 20-21.
6. Ключникова Л.В. Многокомпонентные системы в производстве майонезов и соусов / Л.В. Ключникова // Масложировая промышленность, 2005. – №2. – с. 34-35.