

СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІДКИХ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ОПАР

Досліджено типові структурно-механічні характеристики рідких пшеничних хлібопекарських опар з метою проектування сучасного обладнання для їх приготування. Визначені структурно-механічні характеристики продукту підтверджують її належність до структурованих систем, і на величину динамічної межі її плинності впливає характер продукту, технологічні особливості виготовлення. У результаті проведених досліджень виявлено, що структурно-механічні показники опари є занадто варіативними та залежними від характеру її течії та параметрів навколишнього середовища.

Ключові слова: віскозиметр, динамічна в'язкість, напруження зсуву, рідка пшенична опара

При виробленні масових сортів хліба з пшеничного борошна рекомендується готувати тісто на рідких солоних опарах. Рідкі опари добре консервуються до температури 10...14 °С. Черствіння виробів приготовлених на опарах сповільнюється.

Знання структурно-механічних властивостей рідкої опари є важливим для ефективного та енергоощадного здійснення технологічних операцій з її приготування. Створення сучасного обладнання неможливо без точного знання реологічних властивостей опари, їх залежності від численних факторів, основні з яких якість і сорт борошна, вологість, температура та інтенсивність механічної обробки.

Опара представляє собою зв'язнодисперсну систему яка утворює структуру, основою якої є просторовий каркас із перервної дисперсної фази борошна, відповідно неперервним дисперсійним середовищем виступає вода. Структуровані системи як і тверді тіла володіють міцністю, що у визначених умовах дає їм можливість протидіяти зовнішнім впливам. Така структура опари створює сукупність її механічних властивостей, що в літературі прийнято називати структурно-механічними [1].

Під дією зовнішніх навантажень опара деформується, а саме тече, розрізняють два основних види деформації розтяг(стиск) та зсув. Згідно другої аксіоми реології опара володіє всіма реологічними властивостями, основні з яких в'язкість та пружність. Ці властивості проявляються при зсувній деформації, тому вона вважається найбільш визначальною в наших дослідженнях.

Матеріали і методи. Матеріалом для досліджень була рідка пшенична опара вологістю 65...70 %. Борошно пшеничне вищого сорту, вологість борошна складала $13,8 \pm 0,2$ %

Для визначення в'язкості та пружності рідкої опари ми використовували методи абсолютної реометрії, так як результати вимірювань виражені в абсолютних фізичних одиницях. В наших дослідженнях ми користувалися реометром з контролюємою швидкістю зсуву (CR-реометр), а саме ротаційним віскозиметром «Rheotest 2». Цей прилад має геометрію вимірювальної системи Серле, тобто нерухомий зовнішній циліндр та рухомий внутрішній [2].

Результати та обговорення. Для готової опари спочатку за формулою розраховували напруження зсуву τ , Па:

$$\tau = Z \times \alpha \quad (1)$$

де Z – стала внутрішнього циліндра (в нашому випадку для середніх значень в'язкості була обрана система вимірювань S/S_2 для неї $Z = 6,37$ Па); α – відносний кут обертання який є пропорційним вимірюваному крутному моменту динамометра.

Чисельні значення градієнтів деформації $\dot{\gamma}$ для кожної швидкості обертання брали з паспортних даних, і розраховували динамічну в'язкість η за рівнянням Ньютона:

$$\eta = \tau / \dot{\gamma} \quad (2)$$

де η – динамічна в'язкість, Па·с; τ - напруження зсуву, Па; $\dot{\gamma}$ - швидкість зсуву, s^{-1} .

Результати вимірювань представлено у таблиці 1

Таблиця 1 – Результати вимірювань

Швидкість зсуву $\dot{\gamma}$, с^{-1}	Напруження зсуву τ , Па	Динамічна в'язкість η , $\text{Па}\times\text{с}$
0,5	1,2	2,4
0,9	3,18	3,53
1	6,37	6,37
1,5	7,96	5,3
1,8	9,55	5,3
2,7	14,01	5,19
3	16,56	5,52
4,5	19,75	4,39
5,4	22,93	4,24
8,1	31,21	3,85
9	32,49	3,61
13,5	42,68	3,16
16,2	49,69	3,07
24,3	64,97	2,67
27	71,98	2,66
40,5	98,74	2,44
48,6	114,68	2,36
72,9	156,07	2,14
81	166,26	2,05
121,5	225,5	1,85
145,8	260,5	1,78
218,7	350,4	1,6
243	377,7	1,55
437,4	509	1,16

На рис. 1 представлено криву течії рідкої пшеничної опари вологістю 67 % за даними виконаних експериментів при постійній температурі 27 °С. На рис. 2 побудована крива в'язкості – крива, що описує залежність зміни в'язкості системи від навантаження.

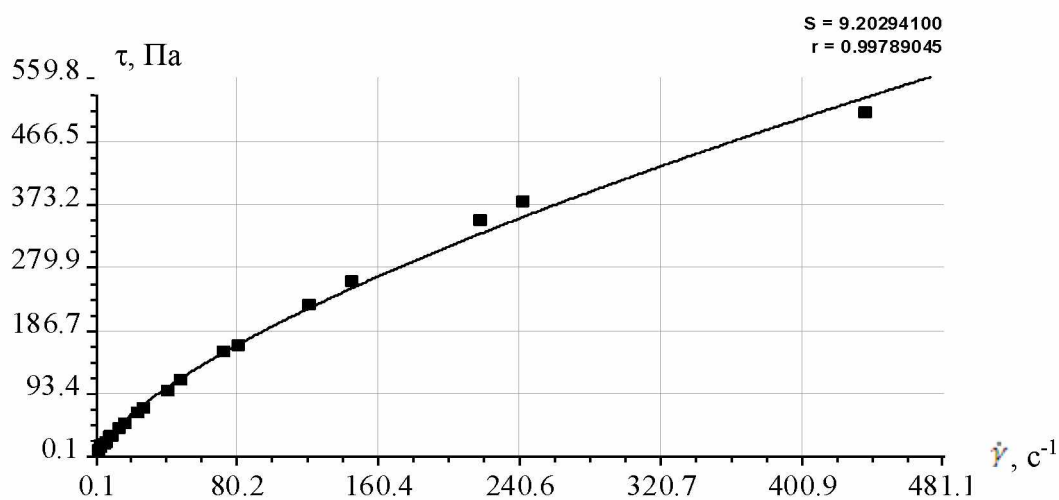
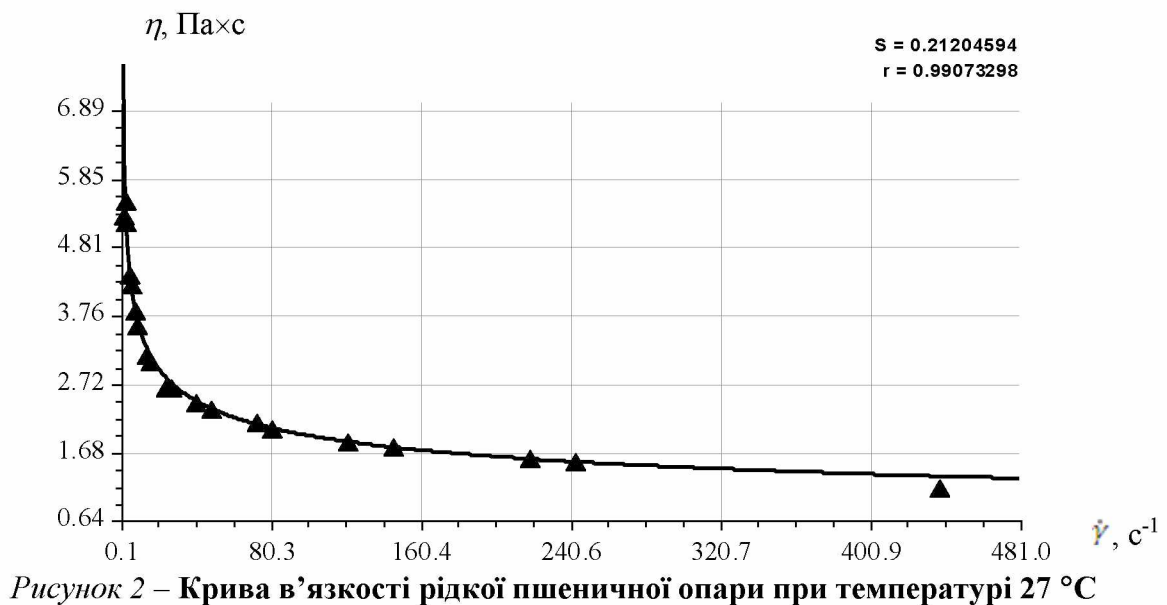


Рисунок 1 – Крива течії рідкої пшеничної опари при температурі 27 °С



Отримані криви описуються степеневими функціями $\dot{\gamma} = 8,34 \tau^{0,6836}$ та $\eta = 6,406 \tau^{-0,258}$, це говорить про те що опара відноситься до неньютонівських структурованих псевдопластичних рідин.

Встановлено, що зміна ефективної динамічної в'язкості опари при збільшенні та зменшенні швидкості зсуву утворює криву гістерезису. Площа яку займає крива, характеризує ступінь стійкості структури опари до механічного впливу на неї. Для кількісної оцінки ступеню стійкості розраховується площа, яка утворюється кривою гістерезису.

В'язкість є вкрай важливою характеристикою течії опари: від неї залежить режим течії, витрачаєма потужність обладнання для його інтенсивного змішування та багато іншого.

Висновки. Зазначене дало змогу визначити максимальну в'язкість системи, що відповідає практично незруйнованій структурі, напруження практично зруйнованої структури, мінімальне значення в'язкості, яке відповідає практично зруйнованій структурі, а також значення аномалії в'язкості, яка характеризує міцність досліджуваної структури і виражається через їх різницю.

Опара відноситься до аномально в'язких (псевдопластичних) рідин. До швидкості зсуву 200 с^{-1} вона має виражену аномалію в'язкості, а при більш високих швидкостях зсуву веде себе як ньютонівська рідина.

Література

1. Barnes, H. A.. A handbook of elementary rheology / H. A. Barnes. – University of Wales Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics, Aberystwyth, 2000. – 201 p.
2. Шрамм, Г. Основы практической реологии и реометрии / Г. Шрамм. – М.: КолосС, 2003. – 312 с.
3. Физическая и коллоидная химия / А.Д. Зимон, А.М. Евтушенко, И.Г. Крашенинникова. – М., МГУТУ, 2004.