

З двох дослідних видів круп за кінематичною в'язкістю вівсяна та перлова системи всіх ступенів помелу відповідає певним вимогам, що напевно пов'язано з достатньо високим вмістом крохмалю, а можливо і слизів.

Вміст цих компонентів в більшості визначає їх консистенцію після кулінарної обробки.

Пріоритетне місце щодо здатності до піноутворення займає система із середньої крупки для обох круп. Це пов'язано не тільки з достатньо високим вмістом білка, та і напевно і з наявністю сапонінів, кількість яких в даному помелі напевно більше чим в інших (борошні разового помелу, середній крупці та борошні тонкого помелу).

Характеристика піноутворюючих властивостей вівсяної та перлової круп різного ступеню помелу, розглядається в якості піноутворювачів в технологіях взбитих десертів, показане, що найбільші піноутворюючі властивості мають системи отримані із середньої крупки для всіх видів круп [4,5].

Така різниця борошна із однакового виду круп пов'язане з різного ступеню помелу, яке в свою чергу обумовлює деяку різницю в їх хімічному складі. Дослідженнями доведено, що для отримання круп'яних систем з високими піноутворюючими властивостями достатньо перемелювати дані крупи до розмірів середньої крупки.

Список літератури: 1. Орлова Ж.Н. Блюда из круп.– М.Колос. 1992. – 334 с. 2. Паносян И.И. Состав клеточных стенок и технологические свойства некоторых круп: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Московского ордена красного знамени институт народного хозяйства им. Г.В.Плеханова. – М., 1982 – 22с. 3. Раилова Е.Г. Влияние некоторых пенообразателей на качество взбивных изделий. Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ленинградский ордена трудового красного знамени институт советской торговли им. Ф.Энгельса. – Ленинград, 1975 – 24 с. 4. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. 2-е изд.–М.Химия.–1983 – 264 с. 5. Процессы взаимодействия на границе раздела фаз: Сб.науч трудов АНУССР институт сверхтвердых материалов. –Киев ИСМ.–1982.–134 с.

Поступила в редколлегию 12.10.2009

УДК 664.871;001.08

І. В. ЧОНИ, канд. техн. наук, доцент, ПУСКУ, г. Полтава

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОМПЛЕКСНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕМУЛЬГУЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ ПЕРЛОВОГО БОРОШНА КРУП МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

В статті приведено математичне дослідження, обґрунтування технології соусів емульсійного типу з використанням перлової муки.

В статті приведено математичне дослідження, обґрунтування технології соусів емульсійного типу з використанням перлової муки.

З урахуванням наведених досліджень зрозуміло, що основними чинниками, які визначають якісні характеристики соусів емульсійного типу, є їх рецептурний склад за вмістом борошна, молока, рослинної олії, а також значення гідромодуля та температури попередньої обробки рецептурної суміші.

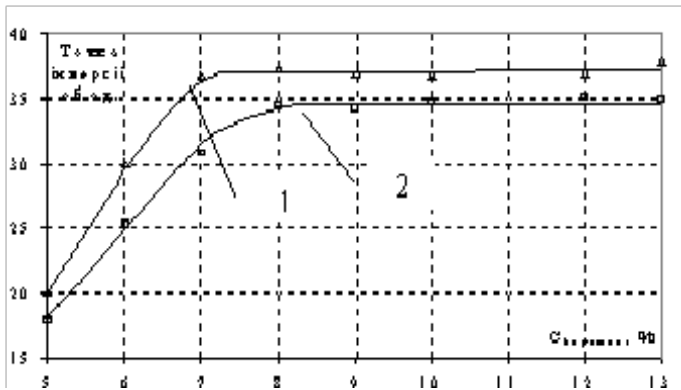


Рис. 1. Залежність точки інверсії фаз емульсій від концентрації борошна круп: 1 – вівсяної, 2 – перлової

Аналізуючи дані графіків рис. 1 зрозуміло, що максимальної жирності досягають емульсії, які містять 8,0% (перлове) борошна круп. Подальше зростання концентрації не збільшує жирність, але, як свідчать дані рис. 2, призводить до зростання в'язкості, що, в свою чергу, може впливати на органолептичні показники соусів емульсійного типу.

З урахуванням цього нами була

проведена експертна оцінка якості емульсій в межах концентрації борошна 5,0...11,0% за органолептичними показниками, що дозволило обґрунтувати концентрацію борошна як параметр технологічного процесу.

Аналітичне моделювання технології та рецептури соусів проводили у залежності органолептичних показників соусів від в'язкості. В основу були покладені дані оцінки експертів органолептичних показників якості. Узагальнені дані органолептичних досліджень наведено у табл. 1.

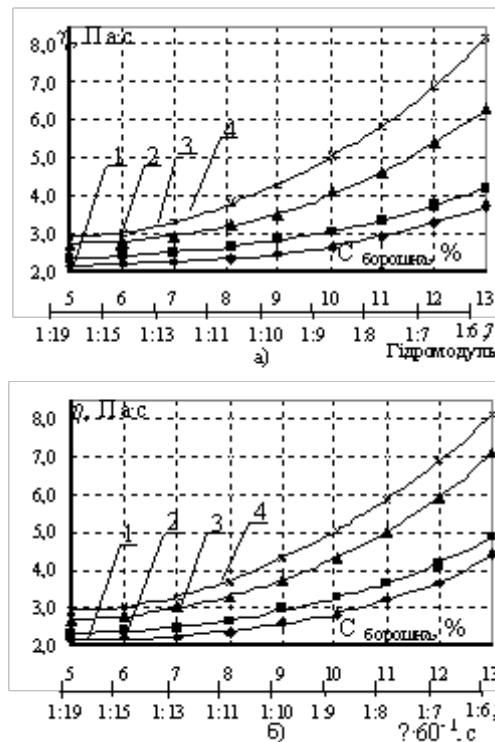


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості систем “борошно перлової крупи: вода” від концентрації борошна та температури термообробки ($\gamma = 6,0 \text{ c}^{-1}$): 1, 2, 3, 4 – 60, 70, 80, 90°C відповідно; а) при разовому помелі, б) при дворазовому помелі

Обробка даних органолептичних досліджень експертів за методом найменших квадратів дала змогу підібрати функції, які описують функціональну залежність в'язкості соусів та їх органолептичних показників.

Таблиця 1. Дані органолептичних досліджень якості соусів у залежності від в'язкості

В'язкість Па·с	Органолептичні показники систем (бали)
	З борошном перлової крупи
1,5	–
2,0	–
2,5	2,1±0,4
3,0	3,5±0,3
3,5	4,3±0,2
4,0	5,0±0,1
4,5	4,3±0,2
5,0	3,5±0,3
5,5	2,0±0,3

Для перлового борошна ця залежність описується функцією:

$$b = -12,755 + 5,440 \eta + 1,338 \eta^2 - 0,568 \eta^3 + 0,044 \eta^4 \quad (1.1)$$

з похибкою 8%.

Графік цих залежностей показано на рис. 3.

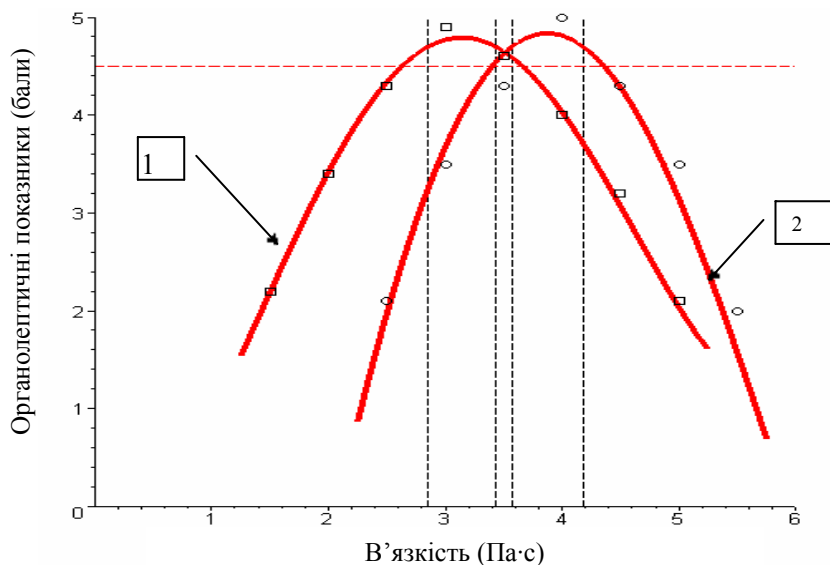


Рис. 3. Залежність рівня якості емульсійних систем від ефективної в'язкості дисперсійного середовища: 1, 2 – на основі борошна вівсяної та перлової круп відповідно

органолептичних показників як $4,7 \leq b \leq 5,0$, знаходження відповідного проміжку значень в'язкості зводиться до розв'язування нерівностей:

– для перлового борошна

$$4,7 \leq -12,755 + 5,440 \eta + 1,338 \eta^2 - 0,568 \eta^3 + 0,042 \eta^4 \leq 5,0. \quad (1.2)$$

Розв'язок цієї нерівності має вигляд:

– для перлового борошна $4,7 \leq b \leq 5,0$, якщо $3,57 \leq \eta \leq 4,18$.

На рис. 3 цей розв'язок показано відокремленими смугами.

Досліджуючи на екстремальне значення знайдену залежність (1.1), знаходимо, що соуси набувають найкращі органолептичні показники:

– на основі перлового борошна $b = 4,83$ при в'язкості $\eta = 3,87$.

На практиці важко витримати точно задане значення в'язкості. Отже, доцільно встановити проміжок значень в'язкості, яким відповідають цілком придатні значення органолептичних показників.

Якщо задати проміжок

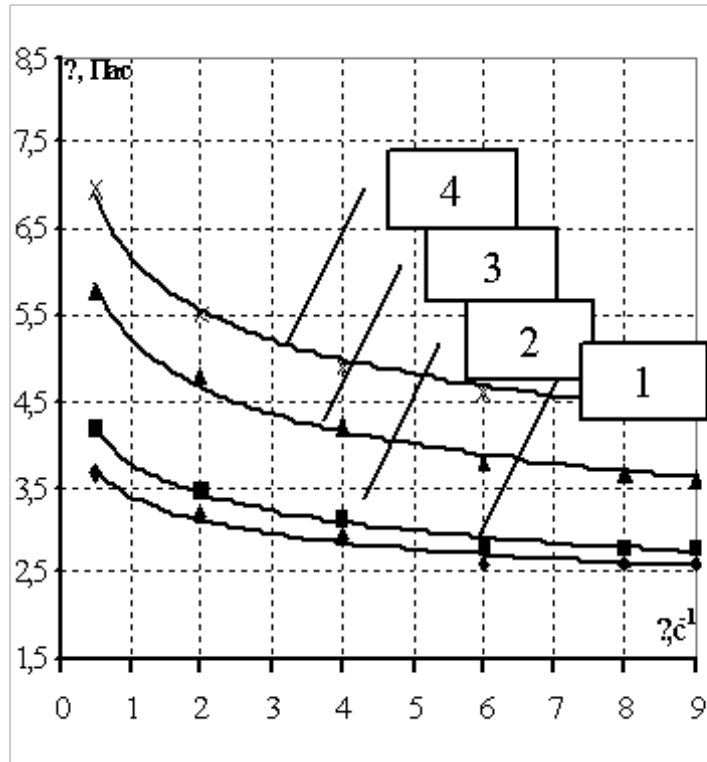


Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості систем “борошно перлової крупи (7%):вода (93%)” від швидкості зсуву за температур: 1, 2, 3, 4 – 60, 70, 80, 90°C відповідно

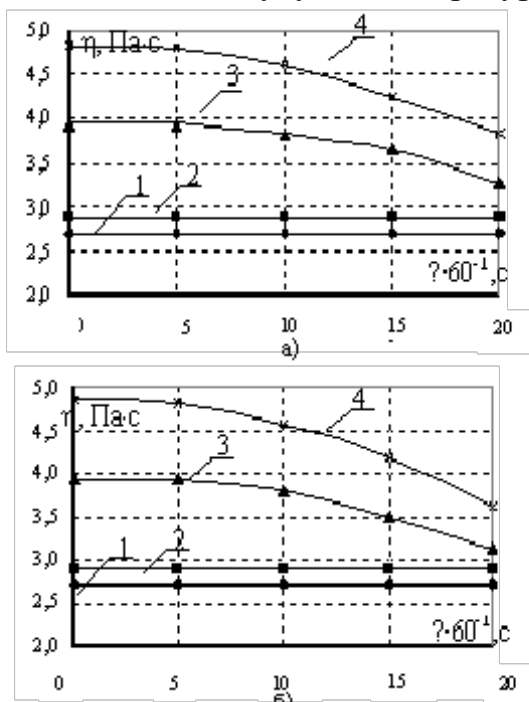


Рис. 5. Динаміка в'язкості борошна перлової крупи ($\tau=(20\cdot60)$ с, $\gamma=0,2$ с⁻¹) при разовому (а) та дворазовому (б) помелі при темперуванні за температур: 1, 2, 3, 4 – 60, 70, 80, 90°C відповідно

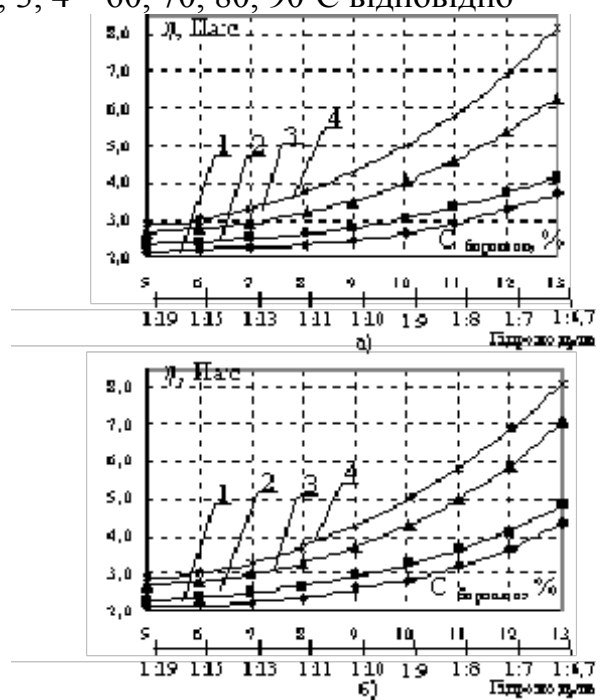


Рис. 6. Залежність ефективної в'язкості систем “борошно перлової крупи: вода” від концентрації борошна та температури термообробки ($\gamma=6,0$ с⁻¹): 1, 2, 3, 4 – 60, 70, 80, 90°C відповідно; а) при разовому помелі, б) при дворазовому помелі

З даних рис. 4-6, зрозуміло, що на в'язкість одночасно впливають концентрація та температура, тому нами проведено аналітичне моделювання залежності в'язкості від концентрації та температури. Із даних табл. 2 зрозуміло, що наведених значень в'язко-

сті можна досягти у межах однофакторних впливів як зміною гідромодуля, так і зміною температури.

Для визначення оптимальних значень концентрації інгредієнтів соусів та температури обробки у межах їх одночасної дії у роботі застосовано аналітичне моделювання функціональних залежностей, отриманих у результаті експериментальних досліджень процесів, що досліджуються. Аналітичні залежності знайдені добре дослідженим й широко застосованим методом найменших квадратів [1].

У табл. 1 наведено результати експериментальних досліджень залежності в'язкості систем “борошно”.

Із аналізу наведених даних зрозуміло, що найбільшого значення в'язкості, яке б забезпечувало стабільність емульсії, можна досягти як зміною концентрації речовини, що використовується – стабілізатора – борошна перлової крупи, що виражається у його концентрації, а у рецептурі – як гідромодуль, так і зміною температури обробки, оскільки (рис. 5, 6) в'язкість систем “борошно – вода” залежить від виду борошна, його концентрації, температури та часу обробки.

Моделюванням функції двох змінних визначені сталі значення в'язкості, що забезпечують постійні значення структурних характеристик соусів за різної концентрації борошна та температури обробки.

Таблиця 2. Зміна в'язкості (η) системи “борошно перлової крупи : вода” від концентрації борошна протягом теплової обробки за різних температур

Концентрація борошна, С бор. % / гідромодуль	В'язкість, Па·с, за температури обробки			
	за 60°C	за 70°C	за 80°C	за 90°C
5/ 1: 19	2,17±0,02	2,35±0,04	2,70±0,04	2,90±0,02
6/ 1: 15	2,22±0,01	2,44±0,02	2,80±0,03	2,99±0,02
7/ 1: 13	2,27±0,01	2,52±0,03	2,93±0,03	3,30±0,04
8 / 1: 11	2,35±0,03	2,65±0,01	3,20±0,05	3,83±0,05
9 / 1: 10	2,48±0,04	2,83±0,04	3,52±0,02	4,28±0,03
10/ 1: 9	2,65±0,03	3,05±0,02	4,09±0,01	5,05±0,02
11/ 1: 8	2,92±0,02	3,35±0,03	4,60±0,03	5,84±0,02
12/ 1: 7	3,31±0,03	3,74±0,03	5,40±0,01	6,89±0,07
13/ 1: 6,7	3,74±0,03	4,20±0,07	6,30±0,02	8,20±0,05

Вихідні залежності моделювалися функцією двох змінних

$$\eta = f(C, T), \quad (1.3)$$

де: С – концентрація борошна у суміші;

Т – температура суміші під час обробки.

Аналіз використаної нами методики експерименту дає змогу стверджувати, що отримані експериментальні дані позбавлені тренду систематичних помилок і містять тільки випадкові помилки вимірювання.

Вигляд функції був підібраний шляхом аналізу різноманітних гіпотез про характер залежності цієї функції, що забезпечує найменше розсіювання помилок вимірювання відносно їх математичного очікування і найменше значення середньої квадратичної похибки серед проаналізованих гіпотез.

Шляхом чисельного експерименту було встановлено, що у даному випадку найменшу середню квадратичну похибку забезпечує гіпотеза про квадратичну залежність в'язкості суміші від концентрації та температури, тобто якщо функція (3.1) має вигляд:

$$\eta = a_{11} C^2 + a_{12} C \cdot T + a_{13} C + a_{23} T + a_{33}, \quad (1.4)$$

де: a_{11} , a_{12} , a_{22} , a_{13} , a_{23} , a_{33} – поки що невідомі коефіцієнти.

Дисперсія S випадкових помилок експерименту рівна

$$S = \frac{\sum_{i=1}^9 \sum_j^4 (a_{11} C_i^2 + a_{12} C_i \cdot T_j + a_{13} C_i + a_{23} T_j + a_{33} - \eta_{ij})^2}{36}, \quad (1.5)$$

де: C_i, T_j – значення концентрації та температури, за яких вимірювалася концентрація, і які брали із табл. 3 ($i = 1, 2, \dots, 9$; $j = 1, 2, 3, 4$).

Таблиця 3. Стійкість емульсії на основі борошна перлової крупи

Найменування борошна	Концентрація борошна, %	Питома вага незруйнованої емульсії (%) за жиромісту (%)		
		30	50	70
Борошно з перлової крупи	5	68	70	76
	7	83	83	86
	9	91	91	92
	11	91	91	93
	13	93	93	93

Необхідна умова мінімуму дисперсії має вигляд:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^9 \sum_j^4 (a_{11} C_i^2 + a_{12} C_i \cdot T_j + a_{13} C_i + a_{23} T_j + a_{33} - \eta_{ij}) C_i T_j &= 0 \\ \sum_{i=1}^9 \sum_j^4 (a_{11} C_i^2 + a_{12} C_i \cdot T_j + a_{13} C_i + a_{23} T_j + a_{33} - \eta_{ij}) C_i &= 0 \\ \sum_{i=1}^9 \sum_j^4 (a_{11} C_i^2 + a_{12} C_i \cdot T_j + a_{13} C_i + a_{23} T_j + a_{33} - \eta_{ij}) T_j &= 0 \\ \sum_{i=1}^9 \sum_j^4 (a_{11} C_i^2 + a_{12} C_i \cdot T_j + a_{13} C_i + a_{23} T_j + a_{33} - \eta_{ij}) &= 0 \end{aligned} \quad (1.6)$$

Ці вирази є системою лінійних алгебраїчних рівнянь, шляхом розв'язування котрої і було отримано невідомі коефіцієнти.

Наведена методика була реалізована у середовищі системи комп'ютерної математики MAPLE 10 [2, 3]. Розроблено відповідні програми, які мають великий об'єм і в даній статті не опубліковані. Дослідження в даному напрямку будуть продовжені, а їх результати опубліковані в наступних виданнях.

Список літератури: 1. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с. 2. <http://www.marlesoft.com>. 3. <http://www.microcal.com>

Поступила в редколлегию 10.10.2009

УДК 665.391.4

О.А. ЛИТВИНЕНКО, молодший науковий співробітник, НТУ “ХПІ”