

РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИРНОЇ МАСИ

Ю.Т. Орлюк, к.т.н., с.н.с, зав. відділу,
Відділ масло- та сироробства,
Інститут продовольчих ресурсів НААН
М.М. Шинкарик, к.т.н., доц., проф.,
О.І. Кравець, к.т.н., доц.,
Кафедра обладнання харчових технологій,
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя
М.Р. Коневич, голова циклової комісії обладнання харчових виробництв
Гусятинський коледж
Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя

Обґрунтовано доцільність проведення процесу формування сиру в діапазоні тисків, що відповідають пружним властивостям сирної маси. Метою роботи було дослідження компресійних та фільтраційних характеристик сирної маси при виробництві сирів українського асортименту та встановлення оптимального тиску формування з точки зору збереження пружних властивостей сирної маси. В якості теоретичної бази для проведення досліджень компресійних та фільтраційних характеристик використовували основні засади теорії фільтраційної консолідації. Встановлено граничні значення тисків для сирів із низькою та високою температурами другого нагрівання, при яких починається пластична деформація зерен. Отримано математичні вирази, що відображають залежності компресійних та фільтраційних характеристик сирної маси від тиску. Зроблено висновок, що при отриманих граничних значення тиску, які забезпечують відділення вологи при пресуванні в межах пружних властивостей сирної маси, проходить швидко відділення вологи та рівномірне розподілення її по висоті сирної головки, що є важливим для наступного процесу пресування.

Ключові слова: компресійні властивості, фільтраційні властивості, сирна маса, реологічні характеристики, формування сиру

RHEOLOGICAL PARAMETERS OF CHEESE CURD

Y. Orlyuk, Ph.D., Technics, Senior Researcher, Head of Depfrtment,
Depfrtment of butter and cheese production,
Institute of Food Resources NAAS
M. Shynkaryk, Ph.D., Technics, Associate Professor, Professor,
O. Kravets, Ph.D., Technics, Associate Professor,
Department of Food Technologies Equipment
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University
M. Konevych, Head of Depfrtment of Food Production Equipment
Husiatyn College of Ternopil Ivan Puluj National Technical University

The article substantiates the expediency of conducting the process of forming cheese in the range of pressures corresponding to the elastic properties of the cheese mass. The purpose of the work was to study the compression and filtration characteristics of the cheese mass in the production of cheeses of the Ukrainian variety and to establish the optimum formation pressure in terms of preserving the elastic properties of the serum mass. As the theoretical base for conducting research of compression and filtration characteristics the principal fundamentals of the theory of filtration consolidation were used. Limit values of pressure for cheeses with low and high temperature of second heating, at which the plastic deformation is established. The appropriate mathematical equations which represent the dependences of compression and filtration properties of the mass are presented. It is concluded that at the received limit values of pressure, which ensure the separation of moisture during compression within the elastic properties of the serum mass,

there is a rapid separation of moisture and uniform distribution of it along the height of the cheese head, which is important for the subsequent pressing process.

Key words: *compression properties, filtration properties, cheese mass, rheological characteristics, cheese molding*

Розроблення технології виробництва сирів українського асортименту відноситься до 80-х років минулого століття і представлено досить широким асортиментом. Це «Український», «Карпатський» з високою температурою другого нагрівання, «Буковинський», «Дністровський», «Станіславський» з низькою температурою другого нагрівання та м'які сири – «Черкаський», «Гуцульська бринза» та інші.

Впровадження сучасних машин та апаратів, у цілому, не призвело до зміни режимних параметрів проведення окремих технологічних операцій, але іноді вимагає їх уточнення і конкретизації. Зокрема це стосується процесу формування сирної головки, оскільки на зміну гвинтовим пресам чи вібраційним апаратам прийшли горизонтальні та вертикальні формувальні апарати, для яких можна встановити оптимальні значення тиску та тривалості формування.

До завдань, які стоять в процесі формування, можна віднести забезпечення умов зчеплення окремих сирних зерен між собою при утворенні пласту та відділення основної маси сироватки. З цією метою використовують надлишковий тиск при певних температурних параметрах.

Процеси формування пласту та сирної головки є важливими для подальших технологічних операцій. З одного боку, підвищення тиску дозволяє зменшити тривалість процесу формування і, відповідно, підвищити продуктивність лінії, з іншого – це може призвести до надмірного ущільнення поверхневих шарів маси та до погіршення умов відділення сироватки при наступному пресуванні [1, с. 22].

Оскільки сирна маса є дисперсною системою, що складається із сирних зерен та сироватки, то в залежності від величини тиску вона може характеризуватися пружними, в'язкими або пластичними властивостями, які здатні як позитивно так і негативно впливати на процес формування сиру та його подальше пресування. Тому доцільно проводити формування в діапазоні тисків, що відповідають пружним властивостям сирної маси.

Важливим параметром також є температура дисперсного середовища, яка впливає на когезійні властивості сирних зерен. Тому у багатьох випадках формування проходить під шаром сироватки.

Найпростішою реологічною моделлю процесу зневоднення будь-якої маси може служити тіло Кельвіна-Фойгта (рис. 1), яке включає два паралельно-з'єднані елементи. Пружний елемент відображає стисливість сирної маси (характеризується коефіцієнтом стисливості та модулем стиску), а в'язкий – фільтраційні властивості, що характеризуються коефіцієнтом фільтрування та питомим опором фільтруванню.

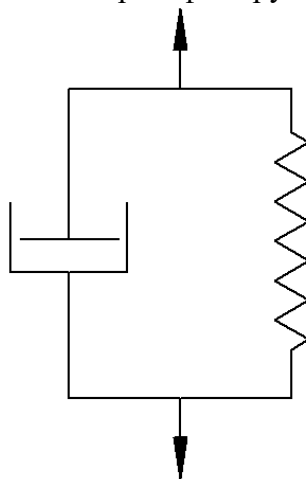


Рис. 1. Реологічна модель Кельвіна-Фойгта

У цілому, прикладений тиск (навантаження) рівний сумі тисків в'язкого і пружного елементів, а деформація пружного та в'язкого елемента – рівні (3).

Метою роботи було дослідження компресійних та фільтраційних характеристик сирної маси при виробництві сирів українського асортименту та встановлення оптимального тиску формування з точки зору збереження пружних властивостей сирної маси.

Матеріали та методи. Теоретичною базою для проведення досліджень може служити теорія фільтраційної консолідації [2, с. 15]., основні засади якої використовувалися для визначення компресійних та фільтраційних характеристик маси.

Основні припущення, що приймалися у процесі досліджень:

- сирна маса, що піддається дії тиску, є повністю насиченою водою;
- стисливість окремих сирних зерен не враховували;
- пористість згустку ототожнювали з його вологістю [3, с. 480].

Для характеристики сирної маси використовували коефіцієнт пористості – відношення об'єму пор до об'єму скелету, або у нашому випадку:

$$e = \frac{v_{\text{пор}}}{v_{\text{ск}}} = \frac{W \cdot \rho_c}{1 - W \cdot \rho_m}, \quad (1)$$

де $v_{\text{пор}}$ - об'єм пор, м³;
 $v_{\text{ск}}$ - об'єм скелету, м³;
 W – масова частка води в згустку, %;
 ρ_c – густина сироватки, кг/м³;
 ρ_m – питома густина, кг/м³.

Густина скелету можна визначити за формулою:

$$\rho_{\text{ск}} = \rho_c W + \rho_b (1 - W), \quad (2)$$

де ρ_b – густина білка, кг/м³;

1) Рух сироватки по капілярах дисперсної маси підлягає закону Дарсі, згідно з яким швидкість руху рідини через шар осаду прямо пропорційна градієнту тиску в пористому середовищі та обернено пропорційна в'язкості фільтрату і питомому опору фільтруванню [4, с. 182]:

$$q = -k \frac{\partial P}{\partial z} = \frac{1}{\mu r_0} \cdot \frac{\partial P}{\partial z}, \quad (3)$$

де q – швидкість руху рідини, м/с;
 k – коефіцієнт фільтрації;
 μ – динамічна в'язкість молочної сироватки, Па·с;
 r_0 – питомий опір фільтруванню осаду, м⁻²;
 P – тиск, Па;
 z – висота шару осаду, м.

Скелет твердої фази вважали лінійно-деформованим, тобто зміна коефіцієнту пористості пропорційна зміні тиску:

$$a = \frac{\Delta e}{\Delta p}, \quad (4)$$

де a – коефіцієнт стисливості, 1/Па;
 Δe – зміна коефіцієнту пористості;
 Δp – зміна тиску, Па.

Експерименти проводили за методикою компресійно-фільтраційних досліджень, у тонкому шарі продукту [5, с. 112].

Результати та обговорення. Отриману залежність вологості від тривалості дії навантаження представлено на рисунку 2. Збільшення тиску формування сирної маси призводить до зниження вологості і утворення більш щільної структури.

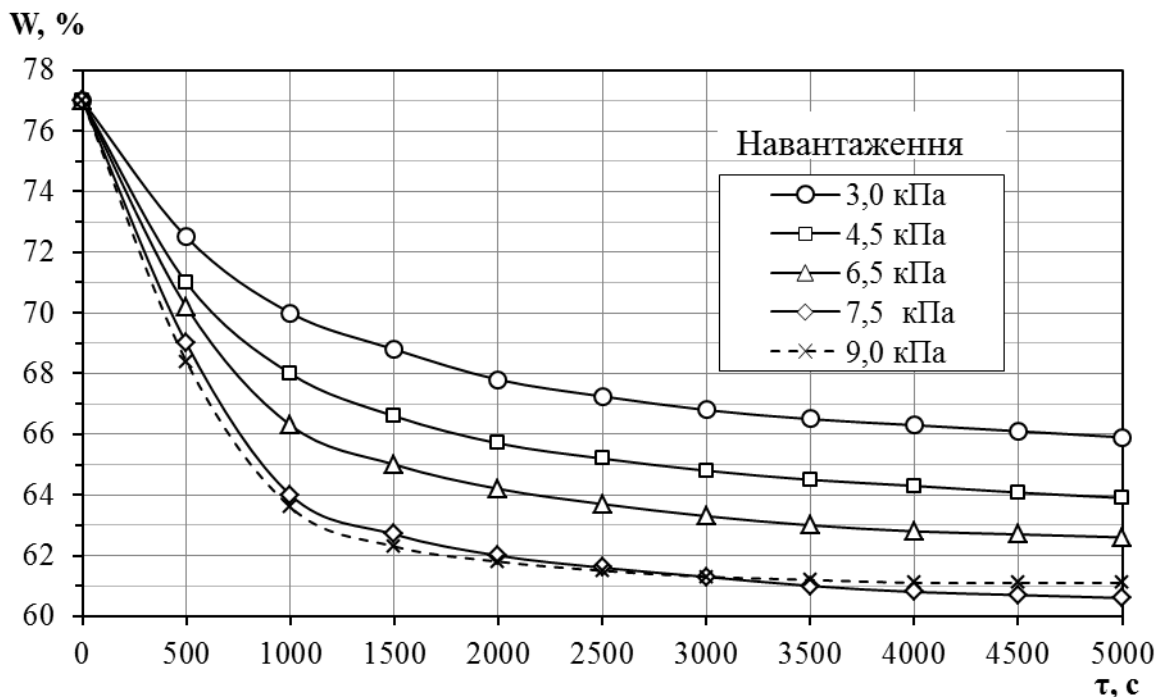


Рис. 2. Залежність вологості сирної маси від тривалості дії навантаження

Проте при досягненні певного тиску процес відділення води сповільнюється (рис. 3).

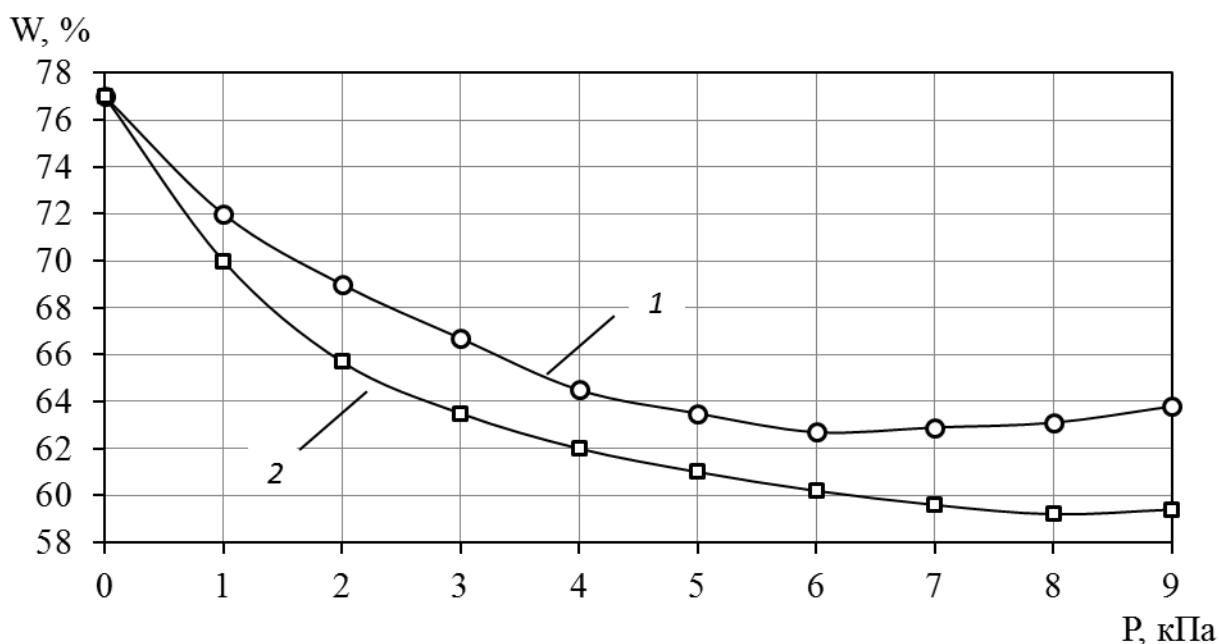


Рис 3. Вологість сирної маси під дією різних значень навантаження для сирів із низькою температурою нагрівання (1) та для сирів із високою температурою нагрівання (2) при тривалості дії навантаження 3000 с.

Можна стверджувати, що при тиску, що перевищує $6 \cdot 10^3$ Па для сирів із низькою температурою другого нагрівання та $8 \cdot 10^3$ Па для сирів з високою температурою другого нагрівання, починається пластична деформація зерен.

Очевидно, що у формувальному апараті нижні шари будуть сприймати максимальне навантаження, що призведе до їх ущільнення.

Залежність коефіцієнта пористості від прикладеного навантаження можна представити у вигляді виразу:

$$\epsilon = 1,69 \left(\frac{P}{\Delta P} \right)^{-0,42}, \quad (5)$$

де ΔP – експериментальна константа, $\Delta P = 26,8 \cdot 10^3$ Па.

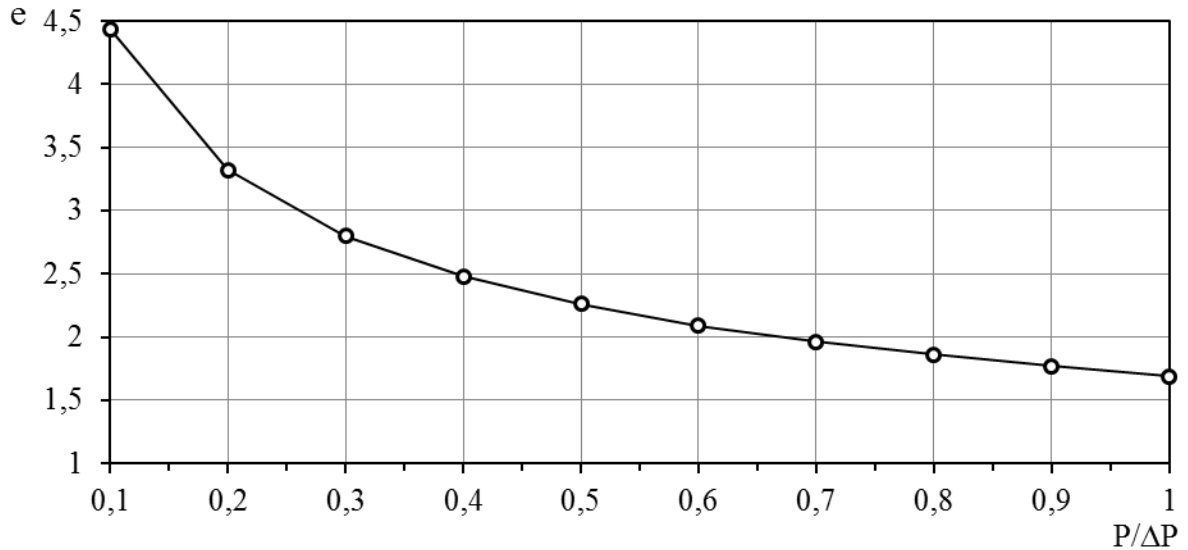


Рис. 4. Залежність коефіцієнта пористості сирної маси від прикладеного навантаження

Залежність питомого опору фільтруванню від прикладеного навантаження:

$$r = 1,14 \cdot 10^{13} \left(E + \frac{P}{\Delta P} \right)^{2,13} \quad (6)$$

Де E – експериментальна константа, $E = 0,02$.

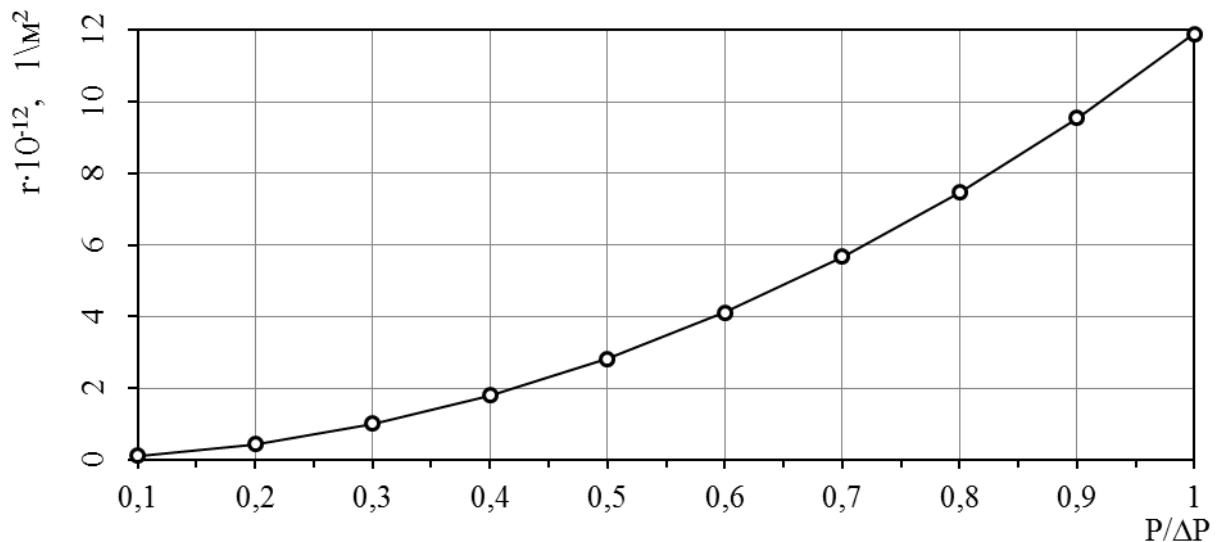


Рис. 5. Залежність питомого опору фільтруванню сирної маси від прикладеного навантаження

Висновки

При отриманих граничних значеннях тиску, які забезпечують відділення вологи при пресуванні в межах пружних властивостей сирної маси, проходить швидке відділення вологи та рівномірне розподілення її по висоті сирної головки, що є важливим для наступного процесу пресування. Використовуючи встановлені значення коефіцієнта стисливості та

фільтрації, можна визначити необхідний час дії тиску до досягнення певної вологості згустку.

Використані джерела

1. Шинкарик, М.М. Особливості гідромеханічних процесів при виробництві сирів із підплавленням сирної маси / М.М. Шинкарик, Л.В. Радіо // Харчова і переробна промисловість. – 2002. – №3. – С.21-22.
2. Гурьянов, А.И. Компрессионные и фильтрационные исследования процесса прессования творожного згустка / А.И. Гурьянов, Н.Н. Липатов // Молочная промышленность. – 1967. – №12. – С. 14-18.
3. Шинкарик М.М. Дослідження компресійно-фільтраційних характеристик білкової дисперсної фази / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2012. – №1(15). – С.476-484.
4. Жужиков В.А. Фильтрование / В.А. Жужиков – М.: Химия, 1980. – 400 с.
5. Шинкарик, М.М. Дослідження компресійно-фільтраційних характеристик сирів з підплавленням сирної маси / М.М. Шинкарик, Г.О. Єресько, Л.В. Формазюк, В.Я. Ворошук // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя. –2010. – №1. – С.111-114.

References

1. Shynkaryk, M.M., and L.V. Radio. 2002. Osoblyvosti hidromekhanichnykh protsesiv pry vyrobnytstvi syriv iz pidplavlenniam syrnoi masy – Features of гідромеханічних processes are at the production of cheeses with submelting of cheese mass. Food and processing industry. 3:21-22 (in Ukrainian).
2. Hurianov A.Y., and N.N. Lypatov. 1967. Kompresyionnye y fyltratsyonnye yssledovanyia protsessa pressovanyia tvorozhnoho zghustka - Compression and lauter researches of process of pressing of curd. Suckling industry. 12: 14-18 (in Russian).
3. Shynkaryk M.M., and O.I. Kravets. 2012. Doslidzhennia kompresiino-filtratsiinykh kharakterystyk bilkovoi dyspersnoi fazy - Research of compression-lauter descriptions of albuminous dispersible phase. Progressive technique and technologies of food productions of restaurant economy and trade. 1(15):476-484 (in Ukrainian).
4. Zhuzhykov V.A. 2002. Fyltrovaneye – Filtration. Chemistry. : Khymyia, 400 (in Russian).
5. Shynkaryk M.M., and H.O. Yeresko, L.V. Formaziuk, V.Ia. Voroshchuk. 2010. Doslidzhennia kompresiino-filtratsiinykh kharakterystyk syriv z pidplavlenniam syrnoi masy - Research of compression-lauter descriptions of cheeses is with submelting of cheese mass. Announcer of the Ternopil state technical university the name of I.Пулюя. 1: 111-114. (in Ukrainian).