

**Наталія РЯБЧЕНКО,  
Віктор ГУЦЬ,  
Олексій ГУБЕНЯ**

## **СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЯК СКЛАДОВА ЯКОСТІ М'ЯКИХ РОЗСІЛЬНИХ СИРІВ**

Завданням сучасної харчової технології є виробництво високоякісних продуктів із заздалегідь визначеними хімічним складом, харчовою цінністю та структурно-механічними властивостями. Враховуючи зміну сировинної бази, оновлення асортименту, створення дієтичних і профілактичних харчових продуктів, це завдання є досить складним і вирішити його можливо лише із застосуванням новітніх методів моделювання та дослідження.

При розробці рецептури м'якого розсільного сиру з дієтичною добавкою "Ламідан", яка виготовляється з морської капусти й рекомендована для широкого вжитку, отримано продукт із високими органолептичними властивостями [1]. Для цієї групи товарів особливо важливим показником є консистенція, яку зумовлюють структурно-механічні властивості розсільних сирів. На їх формування впливають різні чинники: хімічний склад і властивості молока, тривалість обробки згустка, розмір сирного зерна, швидкість і рівень кислотоутворення, склад і активність заквасок, кількість хлористого кальцію і кухонної солі, процеси при дозріванні сиру, рівень рН і вміст вологи. Останній є суттєвим фактором, який визначає вид структури м'якого розсільного сиру.

Грунтовні дослідження структурно-механічних властивостей харчових продуктів проведено вченими А. Н. Даурским і С. А. Мачихиним, А. В. Горбатовим, С. А. Матц [2–5]. Щодо м'яких розсільних сирів, а саме – визначення такого показника структурно-механічних властивостей, як зусилля різання (що має практичне значення), дослідження раніше не проводилися. Саме тому це і є метою цієї статті.

Актуальність питання полягає в тому, що останнім часом при реалізації зростає частка нарізаної та дрібнофасованої продукції. Споживачі все частіше віддають перевагу нарізаним розсільним сирам, які можна одразу споживати. Через це досить важливою є якість нарізання продукції.

Органолептичні показники сиру – смак, аромат, консистенція і зовнішній вигляд – взаємопов'язані між собою. Добре виражений смак розсільних сирів можливий тільки при певній консистенції. Останню потрібно оцінювати при температурі близько 20 °С, що пов'язано з властивостями молочного жиру, який може підвищувати щільність і пластичність сиру. При температурі зберігання близько 5 °С більшість гліцеридів молочного жиру перебуває в твердому стані, тому сир характеризується підвищеною твердістю. Частка твердих гліцеридів знижується при температурі вище 12–15 °С. При цьому жир починає вести себе як рідина, збільшуючи пластичність сирної маси. При температурі 35 °С практично всі гліцериди переходять в рідкий стан, і головки сиру розпливаються [3].

Сири характеризуються властивостями як твердого тіла, так і рідини – здатністю текти, приймати форму й розміри ємності. Натуральні сири є твердими тілами, тобто здатні зберігати свою форму та розміри. Для їх деформації потрібне певне зусилля. Якщо навантаження невелике і не призводить до руйнування сиру, то після його зняття сир повертається до початкового стану. В твердих сирах переважають еластичні властивості, в м'яких – в'язкі.

На практиці консистенцію оцінюють за відчуттям, які виникають у ротовій порожнині під час пережовування та проковтування сиру – вони зумовлені структурно-механічними властивостями продукту. Однак у спеціальній літературі під консистенцією розуміють суму властивостей сиру, які сприймаються очима, пальцями, шкірою, зубами, смаковими рецепторами [5].

Проведено дослідження хімічного складу м'яких розсільних сирів, виготовлених у промислово-лабораторних умовах без добавки (контроль) та з дієтичною добавкою "Ламідан" (дослід). Добавку внесено в сирну масу разом із паприкою (0.5 %) перед формуванням, попередньо піддавши її гідротермічній обробці в сироватці при температурі 85–95 °С протягом 5 хв. Якість зразків досліджено після виготовлення та дозрівання й зберігання протягом одного місяця при температурі 2–4 °С.

Визначено у сирах масову частку вологи (ГОСТ 3626–73), титровану кислотність (ГОСТ 3624–92), вміст хлористого натрію (ГОСТ 3627–81) [6, с. 62–72; 39–45; 73–79], активну кислотність [7, с. 287–288]; силу різання – на м'ятниковій експериментальній установці [8]; вміст вільної і зв'язаної вологи – прес-методом із подальшим обчисленням за відповідними формулами [9].

Результати дослідження фізико-хімічних показників наведено в таблиці.

Таблиця

#### Фізико-хімічні властивості м'яких розсільних сирів

Показник	Контроль після		Дослід після	
	виготовлення	зберігання	виготовлення	зберігання
Масова частка вологи, %, у т. ч.:	66.5	62.6	69.5	68.6
- зв'язана волога	16.8	19.2	38.4	52.3
- вільна волога	49.7	43.4	31.1	16.3
Активна кислотність, рН	6.5	5.3	6.3	5.1
Титрована кислотність, °Т	122	246	110	224
Вміст кухонної солі, %	0.2	2.9	0.2	2.9

Використання добавки "Ламідан" приводить до підвищення масової частки вологи та зниження активної й титрованої кислотності м'яких розсільних сирів.

Вологість зумовлює структурно-механічні характеристики розсільних сирів. Вплив на консистенцію визначається хімічним потенціалом (активністю води) та кількістю вологи в продукті. Однак масова частка вологи не дає уявлення про її вплив на хімічні, біохімічні та мікробіологічні зміни в розсільних сирах при зберіганні. Вагомішим чинником стійкості харчової системи є співвідношення вільної та зв'язаної вологи. Саме при додаванні "Ламідану" підвищується кількість вологи, і за рахунок альгінової кислоти в добавці зростає вміст зв'язаної води, що відповідно покращує консистенцію розсільного сиру.

Під дією хлористого натрію відбуваються фізико-хімічні зміни в білковій основі сиру, які також впливають на його структурно-механічні властивості. Кухонна сіль сприяє інтенсивному накопиченню водорозчинних білкових компонентів, регулює процес дозрівання, приймає участь у формуванні видових особливостей сиру [3]. Дослідженнями доведено, що зменшення вмісту кухонної солі в розсолі нижче 10 % призводить до погіршення консистенції – вона стає занадто м'якою. Розсільний сир розпливається, не тримає форму, погіршуються органолептичні властивості.

Одним із сучасних напрямів дослідження структурно-механічних властивостей харчових продуктів є визначення зусилля різання. За його результатами можна оцінювати консистенцію, судячи про таку властивість харчових продуктів, як опір "пережовуванню", що дає змогу уникнути "людського фактора".

Ураховуючи закономірності зміни сили різання ( $F$ ) від різних факторів, можна встановити раціональні параметри роботи обладнання, за яких зріз при низьких енерговитратах буде без деформацій і

крихкості продукту. На зусилля різання сиру та якість поверхні зрізу значно впливає швидкість ріжучого інструмента.

Проведено дослідження зміни питомого зусилля різання ( $F_r^{num}$ ) залежно від швидкості леза ( $V$ ) на експериментальній установці (рис. 1) за відповідною методикою [8].

Продукт розрізається на установці, яка є маятником, на ребрі коромисла якого закріплено лезо. Останнє запускається з певного кута  $\alpha$ , розрізає продукт і після виконаної роботи піднімається до кута  $\beta$ .

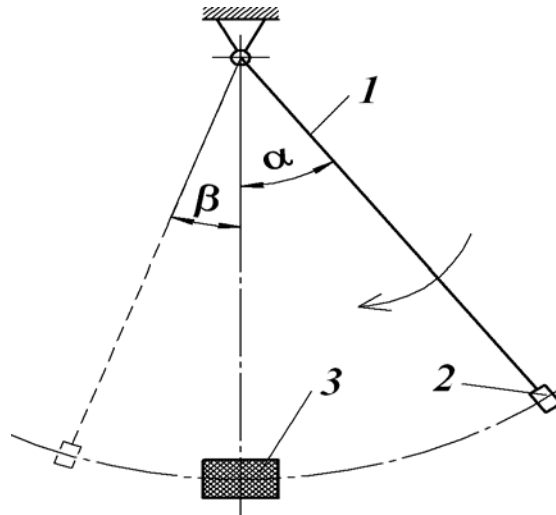


Рис. 1. Схема установки для дослідження процесу різання:  
1 – коромисло; 2 – змінний вантаж; 3 – дослідний зразок;  
 $\alpha$  – кут, під яким запуснено маятник;  
 $\beta$  – кут, на який піднявся маятник після виконаної роботи

Зусилля різання визначено на основі значень кутів  $\alpha$  і  $\beta$ , механічних характеристик установки та розмірів поверхні зрізу:

$$F_r^{num} = \frac{F_r}{h} = \frac{k_1 \bar{V} - e^{-\frac{k_1 \cdot t}{m}} (C_{mp} + V_{oy} k_1) + C_{mp}}{e^{\frac{k_1 \cdot t}{m}} - 1} \cdot \frac{1}{h}, \quad (1)$$

де  $F_r$  – зусилля різання;  $h$  – глибина, на яку лезо врізається в продукт, мм;

$V$  – швидкість руху леза – середня величина швидкості  $V_{ex}$  на початку занурення леза в продукт і при виході з нього  $V_{вих}$ ;

$C_{mp}$  – коефіцієнт питомого навантаження продукту на бокову поверхню ножа;

$V_{oy}$  – швидкість ковзання між продуктом і боковою поверхнею ножа;

$k_1$  – коефіцієнт пропорційності впливу швидкості ковзання на зусилля тертя;

$m$  – приведена до леза маса рухомої частини різального механізму.

Швидкість леза на вході в продукт та виході з нього визначено за формулами:

$$V_{ex} = R \sqrt{2 \frac{\sum P_i r_i}{J} (1 - \cos \alpha)} ; \quad (2)$$

$$V_{вих} = R \sqrt{2 \frac{\sum P_i r_i}{J} (1 - \cos(\beta + (\alpha - \beta_{впр})))} , \quad (3)$$

де  $P_i$  – вага окремої деталі маятника;  
 $R$  – довжина коромисла;  
 $J$  – момент інерції всіх деталей коромисла;  
 $r_i$  – відстань від центру ваги цієї деталі до осі маятника;  
 $\alpha$  – кут, під яким запущено маятник;  
 $\beta$  – кут, на який піднявся маятник після виконаної роботи;  
 $\beta_{впр}$  – кут, на який піднявся маятник під час холостого ходу  
 (без розрізування продукту лезом).

Вплив швидкості леза на силу різання м'якого сиру наведено на рис. 2.

При швидкості леза 1–3 м/с зусилля різання ( $F$ ) сиру без добавки змінюється прямо пропорційно швидкості леза. При подальшому збільшенні швидкості (криві 1; 2) зусилля різання знижується. Зусилля різання складається із зусиль на розрив структурних зв'язків, на деформацію продукту під ребром ножа та тертя по бокових його поверхнях. Під час різання продукту під ребром ножа виникають пружні, а потім пластичні деформації. Останні, на відміну від пружних, розвиваються з меншою швидкістю. При великих швидкостях граничне напруження зрізу та руйнування продукту досягається без значних пластичних деформацій. За рахунок цього знижується частка зусилля на деформування продукту під час різання, і загальне зусилля останнього зменшується.

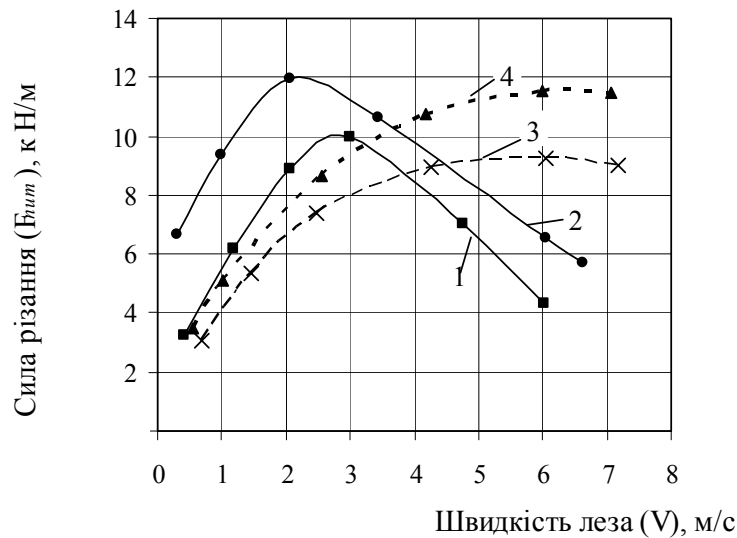


Рис. 2. Вплив швидкості руху леза на питоме зусилля різання м'якого розсільного сиру:

1 – контроль після виготовлення; 2 – контроль після дозрівання;  
3 – дослід після виготовлення; 4 – дослід після дозрівання

При додаванні до сиру дієтичної добавки "Ламідан" зусилля різання зменшується порівняно з контролем на 30–50 % (криві 3; 4). У діапазоні швидкостей 1–7 м/с ці зусилля не досягають екстремуму, але при швидкості леза 1–5 м/с вони зростають інтенсивно, а при подальшому збільшенні – незначно. При швидкості леза понад 4–5 м/с зусилля різання сиру з добавкою більші порівняно з контролем. Це можна пояснити вираженими пластичними властивостями сиру без добавок.

На основі проведених досліджень рекомендовано нарізати м'який розсільний сир без добавки після виготовлення зі швидкістю 3.5 м/с, а після дозрівання – 2.5 м/с; розсільного сиру з додаванням дієтичної добавки "Ламідан" – 6 м/с в обох випадках. Це гарантує добрий товарний вигляд нарізаних м'яких розсільних сирів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рудавська Г. Б. Доцільність збагачення м'яких розсільних сирів "Ламіданом" з метою профілактики йодної недостатності / Г. Б. Рудавська, Н. О. Рябченко : матеріали міжн. наук.-практ. конф. ["Довкілля і здоров'я людини"], (Ужгород, 17–19 квіт. 2008 р.). — Ужгород, 2008. — С. 235–237.
2. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А. В. Гудков. — М. : ДеЛи принт, 2004. — 804 с.
3. Даурский А. Н. Резание пищевых продуктов / А. Н. Даурский, С. А. Мачихин. — М. : Пищевая пром-сть, 1983. — 240 с.

4. *Горбатов А. В.* Реология мясных и молочных продуктов / А. В. Горбатов. — М. : Пищепромиздат, 1979. — С. 180—183.
5. *Матц С. А.* Структура и консистенция пищевых продуктов / С. А. Матц. — М. : Пищевая пром-сть, 1972. — 239 с.
6. *Молоко та молочні продукти. Нормативні документи : довідник : у 3 т. / укр. та рос. мовами / [за заг. ред. Іванова В. Л.].* — Львів : НІЦ "Леонорм", 2000. — Т. 2. — 344 с. — (Серія "Нормативна база підприємства).
7. *Горбатова К. К.* Биохимия молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб. : ГИОРД, 2001. — 320 с.
8. *Гуць В. С.* Моделювання процесу різання харчових продуктів / В. С. Гуць, О. О. Губеня // *Товари і ринки.* — 2007. — № 2. — С. 107—114.
9. *Журавская Н. К.* Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов / Н. К. Журавская, Л. Т. Алехина, Л. И. Осирмиенкова. — М. : Агропромиздат, 1985. — С. 92—94.