

УДК 637.05:637.35

*Ф.В. Перцевой, д-р техн. наук
М.В. Обозна, асп.
В.В. Рубіна, канд. біол. наук
Харківський державний
університет харчування та
торгівлі*

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ РЕОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СИРНОГО ПРОДУКТУ ЗАКУСОЧНОГО

Розроблена технологія сирного продукту закусочного із сталими характеристиками, який виготовлено на основі сухого знежиреного молока з використанням нових складників — борошна кукурудзяного та олії соняшникової рафінованої дезодорованої. Досліджено вплив зазначених компонентів на основні реологічні показники сирного продукту.

Ключові слова: реологічні показники, сирний продукт закусочний, часткова заміна, борошно кукурудзяне, олія соняшникова рафінована дезодорована.

The technology of cheese snack product with constant characteristics, which are based on dried skim milk using new ingredients — flour and corn oil, sunflower refined deodorized. The influence of these components of basic rheological parameters on cheese product.

Keywords: rheological parameters, cheesy snack product, partial replacement, corn flour, sunflower oil refined deodorized.

З огляду на тенденції розвитку сучасного суспільства зростає попит на дешеву високоякісну закусочну продукцію масового харчування, яка має високу біологічну, харчову цінність та органолептичні характеристики, що, в свою чергу, дозволяє задовольнити запити широкого кола споживачів.

Гострий дефіцит сиропридатного молока, його низька якість, сезонність, кризовий стан виробничої бази, тривалі терміни дозрівання сирів — все це ставить виробників сиру в невигідне становище в порівнянні з іншими галузями харчової промисловості [1].

Аналізуючи ринок сичужних сирів, виникає необхідність створення нового високоякісного сирного продукту із сталими характеристиками, високою харчовою та біологічною цінністю.

Одним із шляхів вирішення такої проблеми, згідно з положеннями теорії збалансованого харчування, є розвиток технологій комбінованих продуктів на основі сухого молока у поєднанні з компонентами рослинного походження, оскільки такі продукти мають потенційну можливість взаємного збагачення.

Однак, дефіцит молочної сировини доцільно компенсувати не тільки збільшенням використання сухого молока. Перспективи набуває організація вироблення продукції з застосуванням рослинних білків і жирів.

Нами розроблено технологію сирного продукту закусочного на основі сухого знежиреного молока із частковою його заміною на борошно кукурудзяне та з використанням олії соняшникової рафінованої дезодорованої. За сукупними показниками, аналогом нашого продукту є бринза.

Актуальність розробки зазначеної технології полягає в отриманні комбінованого продукту, який виключає ризик фактора сезонності, знижує ризик окислення молочно-го жиру, дозволяє зменшити витрати ресурсів при зберіганні сировини; має підвищену біологічну та харчову цінність за рахунок залучення незамінних факторів харчування, а також вуглеводів, вітамінів та мінералів, що, в свою чергу, обумовлює високу конку-

рентоспроможність продукту та споживчий інтерес до нього. Продукт також є привабливим для виробників — за рахунок зниження собівартості його виробництва. Новий сирний продукт є самостійним, а також може бути використаний для приготування холодних і гарячих закусок.

Оскільки розроблений продукт містить нетрадиційні компоненти по відношенню до натуральних сирів, які обумовлюють нові фізико-хімічні взаємодії в структурі такого продукту, то доцільно дослідити зміну його реологічних характеристик з урахуванням рецептурного складу.

Мета статті полягає в дослідженні впливу борошна кукурудзяного та олії соняшникової рафінованої дезодорованої на зміну ряду реологічних показників сирного продукту.

Нами досліджені наступні зразки сирного продукту. Контрольні зразки, які не містять заміни сухого молока на кукурудзяне борошно; зразки із заміною 2,5; 5; 7,5 та 10 % за концентрації від 0 до 29,2 %. Рецептурний склад обумовлений визначеними фізико-хімічними та органолептичними характеристиками готового продукту.

На рис. 1 представлено кінетику кривих повзучості та релаксації сирного продукту, тобто залежність відносної деформації від часу дії напруження. На кривій залежності відносної деформації типу повзучості від тривалості дії сталого напруження можна виділити: пружну умовно-миттєву деформацію, що миттєво виникає під дією прикладеної напруги; максимально досягнутої деформацію; високоеластичну деформацію; відносну деформацію, яка поступово зникає після зняття напруги та пластичну деформацію, яка не зникає після зняття напруги [2].

Реологічні показники, які визначені за допомогою ваг Каргіна-Соголової за концентрації олії 0 %; 14,6 % та 29,2 % та при заміні сухого знежиреного молока за сухою речовиною 0 % (даний зразок є контрольним), 5 % та 10 % представлено в табл. 1–3.

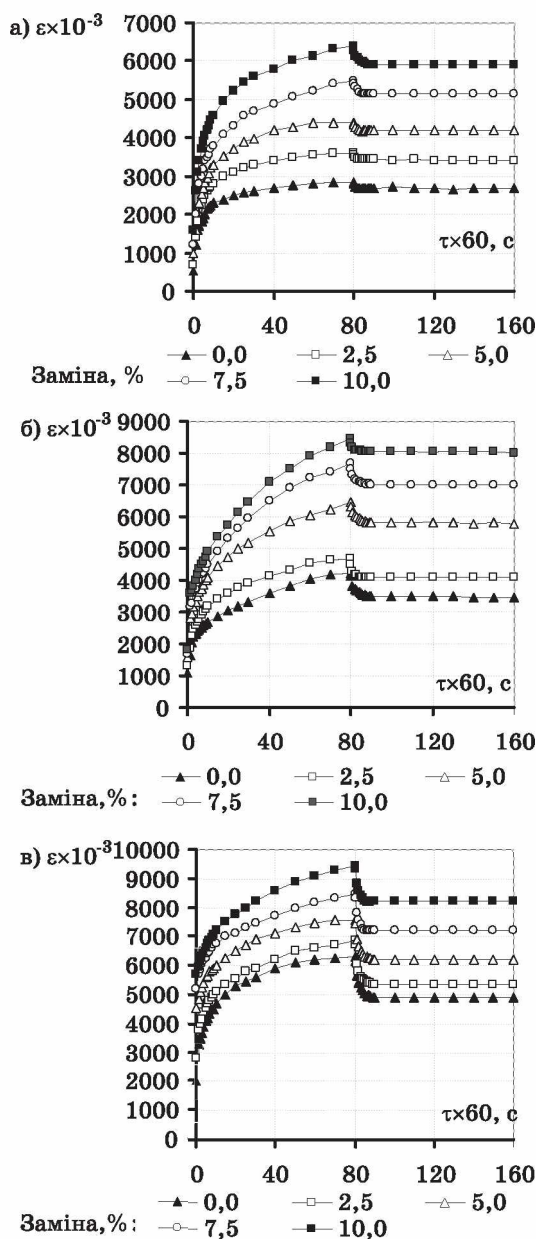


Рис. 1. Кінетика кривих повзучості та релаксації сирного продукту за концентрації олії: а) 0 %; б) 14,6 %; в) 29,2 %

Розділ 1. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Таблиця 1. Реологічні показники сирного продукту за концентрації олії соняшникової 0 %

Найменування показника		Заміна, %				
		0	2,5	5	7,5	10
$\varepsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	2544,00	3232,00	4020,00	4292,00	5220,00
$\varepsilon_{нев.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	320,00	400,00	416,00	1216,00	1216,00
$\varepsilon_{заг.}$	Загал. деформація, 10^{-3}	2864,00	3632,00	4436,00	5508,00	6436,00
σ	Напруження, Па	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05
I	Податливість, Па^{-1}	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	1660,97	1439,00	1084,24	862,60	671,53
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	697,01	528,36	435,51	439,19	371,74
η_{0}^{*}	Пластична в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$18,7 \cdot 10^6$	$15,0 \cdot 10^6$	$14,4 \cdot 10^6$	$4,9 \cdot 10^6$	$4,9 \cdot 10^6$
K	Відношення деформ звор. до заг.	0,89	0,89	0,91	0,78	0,81
$\eta_{пр.}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$2,4 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$
Пр	Відносна пружність, %:	26,26	23,90	25,97	26,29	28,90
Пл	Відносна пластичність, %:	11,17	11,01	9,38	22,08	18,89
Ел	Відносна еластичність, %:	62,57	65,09	64,65	51,63	52,21
©	Період релаксації, сек	$3,82 \cdot 10^4$	$3,89 \cdot 10^4$	$4,64 \cdot 10^4$	$1,69 \cdot 10^4$	$2,06 \cdot 10^4$

Таблиця 2. Реологічні показники сирного продукту за концентрації олії соняшникової 14,6 %

Найменування показника		Заміна, %				
		0	2,5	5	7,5	10
$\varepsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	3008,00	3344,00	4768,00	5416,00	5692,00
$\varepsilon_{нев.}$	Незворот. деформація, 10^{-3}	1296,00	1520,00	1696,00	2288,00	2800,00
$\varepsilon_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	4304,00	4864,00	6464,0	7704,00	8492,00
σ	Напруження, Па	1249,05	1249,05	1249,1	1249,05	1249,05
I	Податливість, Па^{-1}	$3,45 \cdot 10^{-3}$	$3,89 \cdot 10^{-3}$	$5,18 \cdot 10^{-3}$	$6,17 \cdot 10^{-3}$	$6,80 \cdot 10^{-3}$
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	994,46	869,81	599,35	566,72	505,28
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	712,93	654,64	465,37	388,87	387,90
η_{0}^{*}	Пластична в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$4,63 \cdot 10^6$	$3,94 \cdot 10^6$	$3,54 \cdot 10^6$	$2,62 \cdot 10^6$	$2,14 \cdot 10^6$
K	Відношення деформ звор. до заг.	0,70	0,69	0,74	0,70	0,67
$\eta_{пр.}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$2,43 \cdot 10^5$	$2,34 \cdot 10^5$	$2,18 \cdot 10^5$	$1,69 \cdot 10^5$	$1,64 \cdot 10^5$
Пр	Відносна пружність, %:	29,18	29,52	32,24	28,61	29,11
Пл	Відносна пластичність, %:	30,11	31,25	26,24	29,70	32,97
Ел	Відносна еластичність, %:	40,71	39,23	41,52	41,69	37,92
©	Період релаксації, сек	$1,11 \cdot 10^4$	$1,06 \cdot 10^4$	$1,35 \cdot 10^4$	$1,13 \cdot 10^4$	$0,98 \cdot 10^4$

Таблиця 3. Реологічні показники сирного продукту за концентрації олії соняшникової 29,2 %

Найменування показника		Заміна, %				
		0	2,5	5	7,5	10
$\varepsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	5360,00	5640,00	6724,00	6860,00	8012,00
$\varepsilon_{нев.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	1008,00	1040,00	928,00	1440,00	1120,00
$\varepsilon_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	6368,00	6680,00	7652,00	8300,00	9132,00

Розділ 1. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Закінчення табл. 3

σ	Напруження, Па	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05	1249,05
I	Податливість, Па ⁻¹	$5,10 \cdot 10^{-3}$	$5,35 \cdot 10^{-3}$	$6,13 \cdot 10^{-3}$	$6,65 \cdot 10^{-3}$	$7,31 \cdot 10^{-3}$
$E_{\text{пр}}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	511,90	404,48	262,18	234,26	216,40
$E_{\text{ел}}$	Вискоеластичний модуль (Па)	427,76	489,44	637,27	817,44	557,61
η_{α}^*	Пластична в'язкість, Па·с	$5,95 \cdot 10^6$	$5,76 \cdot 10^6$	$6,46 \cdot 10^6$	$4,16 \cdot 10^6$	$5,35 \cdot 10^6$
K	Відношення деформ звор. до заг.	0,84	0,84	0,88	0,83	0,88
$\eta_{\text{пр}}$	В'язкість пружної післядії, Па·с	$1,78 \cdot 10^5$	$2,07 \cdot 10^5$	$3,54 \cdot 10^5$	$3,20 \cdot 10^5$	$4,46 \cdot 10^5$
Пр	Відносна пружність, %:	38,32	46,23	62,26	64,24	63,21
Пл	Відносна пластичність, %:	15,83	15,57	12,13	17,35	12,26
Ел	Відносна еластичність, %:	45,85	38,20	25,61	18,41	24,53
©	Період релаксації, сек	$2,55 \cdot 10^4$	$2,60 \cdot 10^4$	$3,48 \cdot 10^4$	$2,29 \cdot 10^4$	$3,43 \cdot 10^4$

Аналіз табл. 1–3 та рис. 1 показав, що відносна пружність зразків збільшується з підвищенням концентрації олії. Отже, із збільшенням концентрації останньої можливість продукту відновлювати вихідну форму після припинення дії прикладених сил підвищується. Найвищим значенням відносної пружності характеризується зразок із заміною 7,5 % за концентрації олії 29,2 % — 64,24 %; мінімальне значення складає 23,90 % (зразок за концентрації олії 0 % із заміною 2,5 %). Найвищими показниками пластичності характеризуються зразки з концентрацією олії 14,6 %, тобто вони найбільш придатні до формування. Для зразка із заміною 10 % значення відносної пластичності максимальне — 32,97 %. Мінімальним значенням відносної пластичності характеризується зразок із концентрацією олії 0 % при заміні 5 %. Відносна еластичність непропорційно знижується із підвищенням концентрації олії від 0 до 29,2 %. Отже, знижується і можливість відновлювати форму після припинення дії механічних сил. Максимальне значення відносної еластичності має зразок із вмістом олії 0 %, що має заміну 2,5 % — 65,09 %, мінімальне — 18,41 % — зразок із вмістом олії 29,2 % із заміною 7,5 %. Умовно миттєвий модуль пружності знижується з підвищенням концентрації олії, а також із збільшенням заміни від 0 до 10 %. Імовірно, така тенденція виникла внаслідок зниження сил зв'язку молекул білку через потрапляння до просторового каркасу гідрофобних кульок олії. Для зразка із вмістом олії 0 % та заміною 0 % значення умовно миттєвого модуля пружності максимальне (можливо, через ущільнення просторового каркасу внаслідок посилення сил міжмолекулярної взаємодії молекул білка) та складає 1660,97 Па; мінімальне значення (216,40 Па) має зразок із вмістом олії 29,2 % заміна в якому складає 10 %. Імовірно, мінімальне значення умовно миттєвого модуля пружності обумовлюється зниженням вільної вологи через високий вміст в системі жиру, а також крохмалю. Вискоеластичний модуль має непропорційний характер зміни, що пов'язано із зміною сил міжмолекулярної взаємодії в системі. Його значення максимальні для зразка з вмістом олії 29,2 % та заміною 7,5 % — 817,44 Па. Найменше значення має зразок із концентрацією олії 0 % із заміною 10 % (371,74 Па).

Для більш повної оцінки реологічних властивостей продукту доцільно застосувати ще один метод — пенетрацію. За допомогою пенетрометра була визначена гранична напруга зсуву [2–4]. Залежність граничної напруга зсуву від вмісту основних компонентів зразків досліджуваного сирного продукту наведена на рис. 2.

З рис. 2 видно, що висока гранична напруга зсуву притаманна контрольним зразкам. Максимальне значення — $1355 \cdot 10^3$ Па — має контрольний зразок

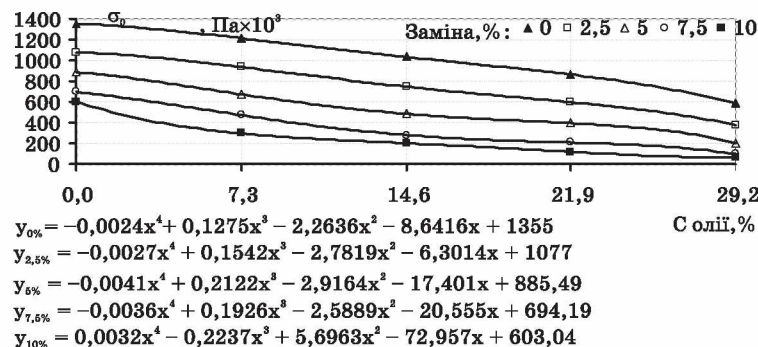


Рис. 2. Залежність зміни граничної напруги зсуву сирного продукту від рецептурного складу

без олії. Із підвищенням концентрації останньої гранична напруга зсуву для всіх зразків рівномірно знижується. Мінімальну граничну напругу зсуву мають зразки із максимальною заміною (заміна 10 % за концентрації олії 29,2 % — $654 \cdot 10^8$ Па). Отже, найбільш інтенсивно відбувається ущільнення структури у контрольному зразку. Видно, що з підвищенням концентрації борошна кукурудзяного інтенсивність ущільнення знижується. Підвищення заміни знижує інтенсивність зміни граничної напруги зсуву: заміна 7,5...10 % призводить до менш виражених змін реологічних характеристик зразків.

На основі реологічних властивостей та за текстурними ознаками, що запропоновані Ребіндером, Ніколаєвим і Мачихінім, сирний продукт наближається до системи, якій притаманна неньютонівська в'язкість, тиксотропія, реопексія та в'язкопружність. За класифікацією Ребіндера зазначені властивості вказують на коагуляційну структуру продукту, в якій взаємодія між елементами обумовлена, головним чином, силами Ван-дер-Ваальса [2].

Висновки. На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що різна концентрація борошна кукурудзяного та олії дозволяє керувати реологічними показниками сирного продукту та змінювати їх в широких межах, а саме: загальну деформацію, податливість, відносну пружність, умовно миттєвий модуль пружності, вискоеластичний модуль, відносну пластичність, а також граничну напругу зсуву. Вплив концентрації зазначених рецептурних компонентів на інші структурно-механічні показники має непропорційний характер.

ЛІТЕРАТУРА

1. Роздова, В. Ф. Растительные белки в составе плавящихся сырных продуктов [Текст] / В. Ф. Роздова // Сыроделение и маслоделение. — 2009. — № 3. — С. 36–37.
2. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик [Текст] : навчальний посібник / А. Б. Горальчук [и др.]. — Харківський державний університет харчування та торгівлі. — Харків, 2006. — 63 с.
3. МакКена, Б. М. Структура і текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы [Текст] / Б. М. МакКена ; перевод с англ. под. науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базарновой. — СПб. : Профессия, 2008. — 480 с.
4. Арет, В. А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции [Текст] / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. — СПб.: ГИОРД, 2009. — 448 с.

Надійшла до редколегії 25.01.2011 р.