

**Богдан ГОЛУБ,  
Світлана ДАНИЛЕНКО,  
Ганна РУДАВСЬКА**

## **ФОРМУВАННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИНБІОТИЧНИХ МОЛОЧНИХ НАПОЇВ**

Реологічні властивості кисломолочних напоїв відіграють значну роль як у споживацькій оцінці готової продукції, так і при визначенні параметрів технологічних процесів, обладнання тощо. Покращання консистенції кисломолочних напоїв залишається актуальною проблемою, особливо при застосуванні різного складу заквашувальної культури.

---

© Богдан Голуб, Світлана Даниленко, Ганна Рудавська, 2010

Структурно-механічні властивості ферментованих молочних продуктів залежать від формування казеїнового комплексу під час кислотної коагуляції та від продукування мікроорганізмами екзополісахаридів (ЕПС). Формуються вони переважно під час ферментації та механічної обробки утвореного згустка.

Мета роботи – виявлення впливу різних штамів пробіотичних культур на консистенцію синбіотичних молочних напоїв.

Серед чинників, які впливають на формування реологічних властивостей ферментованих молочних продуктів, найвагоміші такі:

- склад молока-сировини;
- особливості попередньої обробки молока (пастеризація, гомогенізація);
- склад заквашувальної мікрофлори;
- відповідність умов ферментації складу заквашувальної мікрофлори;
- особливості проведення механічної обробки згустка.

На консистенцію молочних продуктів значно впливає вміст сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) та жиру. Від співвідношення казеїну та сироваткових білків у молоці-сировині залежить консистенція утворюваного під час ферментації згустка. Вищий вміст казеїну сприяє зміцненню згустка та зменшенню відділення сироватки. Коагуляція казеїну відбувається при досягненні ізоелектричної точки (рН 4.7), а підвищення кислотності – переважно під час накопичення молочної кислоти. Оптимальним для формування прийнятної консистенції кисломолочного гелю вважається вміст СЗМЗ 12–14 %, жиру – 0–3.5 % [1].

Пастеризація сирого молока зумовлює часткову втрату казеїном гідрофільних властивостей, що призводить до посилення відділення сироватки під дією молочної кислоти. Саме тому особливо важливою є мікробіологічна чистота молочної сировини, що уможливує застосування менш жорсткого режиму термічної обробки. Водночас пастеризація сирого молока позитивно впливає на підвищення в'язкості готового згустка: в інтервалі 72–80 °С ефективна в'язкість непорушеного згустка кефіру збільшується удвічі (з 530–600 до 1220–1350 Па · с) [2, с. 127].

Технологія виробництва переважної кількості кисломолочних напоїв, у тому числі й синбіотичних, досить схожа. Відмінності зумовлені, головним чином, використовуваною закваскою, яка впливає на реологічні властивості готових продуктів. Важливою характеристикою закваски є утворення екзополісахаридів.

Продукування ЕПС молочнокислими бактеріями (МКБ) – ще один суттєвий чинник формування консистенції молочнокислих продуктів (*таблиця*). Застосовувані в промисловості штами пробіотичних культур характеризуються досить вираженими такими властивостями. МКБ продукують полімери, що є важливими у визначенні текстури, реологічних і органолептичних властивостей кисломолочних продуктів.

**Екзополісахариди, продуковані різними видами молочнокислих бактерій**

Полісахариди		Рід еубактерій	Вид еубактерій
Гомополісахариди	α-глюкани	<i>Lactococcus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Leuconostoc</i> <i>Weissella</i>	<i>Lc. lactis</i> <i>Lb. reuteri, Lb. sakei, Lb. fermentum, Lb. plantarum</i> <i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> , <i>Leu. citreum</i> <i>W. cibaria</i>
	β-глюкани	<i>Lactobacillus</i> <i>Oetiococcus</i> <i>Pediococcus</i>	<i>Lb. diolivorans</i> <i>O. oeni</i> <i>P. parvulus, P. damnosus</i>
	фруктани	<i>Lactobacillus</i> <i>Leuconostoc</i>	<i>Lb. acidophilus, Lb. panis, Lb. plantarum,</i> <i>Lb. reuteri, Lb. sanfranciscensis</i> <i>Leu. mesenteroides</i>
	полігалактани	<i>Lactococcus</i>	<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>
Гетеро- полісахариди		<i>Lactococcus</i>	<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>
		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lb. acidophilus, Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus, Lb. curvatus, Lb. helveticus,</i> <i>Lb. paracasei, Lb. rhamnosus, Lb. sakei,</i> <i>Lb. sanfranciscensis</i>
		<i>Streptococcus</i>	<i>S. macedottius, S. thermophilus</i>
		<i>Bifidobacterium</i>	<i>B. lactis, B. longum</i>
		<i>Propionibacterium</i>	<i>Pr. acidipropionici, Pr. freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i>

Такі ЕПС мають надзвичайно цінні технологічні переваги, оскільки в розчинах функціонують як згущувачі, стабілізатори, емульгатори, гелеутворювальні та водозв'язувальні агенти. Вони здатні попереджати перелом гелю, зменшувати синерезис і підвищувати в'язкість продукту. Завдяки таким властивостям ЕПС розглядаються як альтернатива до стабілізаторів рослинного та тваринного походження (крохмаль, пектин, гуарова камедь, желатин і казеїн), котрі використовуються у харчовій промисловості. Крім того, деякі з мікробних ЕПС (поряд зі здатністю покращувати текстуру кисломолочних продуктів) виявляють також імуномодулюючу, антивиразкову, антиканцерогенну та холестерин-редуючу активність [3; 4].

Гетерополісахариди розгалуженої або лінійної структури складаються з різноманітних моносахаридів. Здебільшого до їх складу входять глюкоза, галактоза, рамноза. Вони містять також ацетилглюкозамін, фукозу, рибозу, занозу, глюкуронові кислоти тощо.

Найактивніше ЕПС продукують МКБ родів *Lactococcus*, *Lactobacillus* та *Leuconostoc*. Представники цих родів продукують переважно гомоекзополісахариди. Серед інших пробіотиків слід відзначити *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* та *Bifidobacterium longum*, які, на відміну від зазначених вище МКБ, продукують гетероекзополісахариди. Причому їхня активність у цьому напрямі менша за активність таких продуцентів екзополісахаридів, як *Streptococcus thermophilus* чи *Lactobacillus rhamnosus*, на 65–70 % і зазвичай становить

25–600 мг/л. ЕПС-продукуючі штами біфідобактерій не утворюють надмірної кількості оцтової кислоти [5], що відзначено й нашими дослідженнями. Також вони характеризуються підвищеною стійкістю до низької кислотності та жовчних кислот, що поліпшує здатність до колонізації епітелію кишечника.

Активність утворення ЕПС залежить від виду еубактерій, умов культивування та складу середовища. На концентрацію, а інколи й на моносахаридний склад мікробних полісахаридів істотно впливає період культивування. *S. thermophilus* накопичували максимальну кількість ЕПС під кінець експоненційної фази росту. Відзначається, що у перші чотири години розвитку культури моносахаридний склад ЕПС залишається стабільним. Із початком стаціонарної фази (6–12 год) відбувається деградація ЕПС, спричинена гідролітичною активністю ензимів [5].

Аналогічні спостереження отримані під час дослідження динаміки синтезу ЕПС іншими МКБ: *L. lactis* та *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* більшу кількість ЕПС продукували також протягом експоненційної фази росту. Водночас у окремих штамів *S. thermophilus* не спостерігається синтезу ЕПС упродовж експоненційної (0–6 год) або ранньої стаціонарної фази росту (6–10 год). Максимальний рівень продукування ЕПС відбувається між 14–18 год, тобто в межах середньої та пізньої стаціонарної фази [5].

На активність продукування ЕПС значно впливає температура культивування. За нормальних умов переважають процеси біосинтезу клітинної стінки. Під час культивування за субоптимальних температур відбувається призупинення процесів поділу клітин, і вільні метаболіти спрямовуються на синтез ЕПС [5].

Важливим є також те, що продуковані МКБ ЕПС, переважно гомоекзополісахариди, проявляють і пребіотичну активність. Останнім часом з'являються підтвердження пребіотичної активності й гетероекзополісахаридів [3].

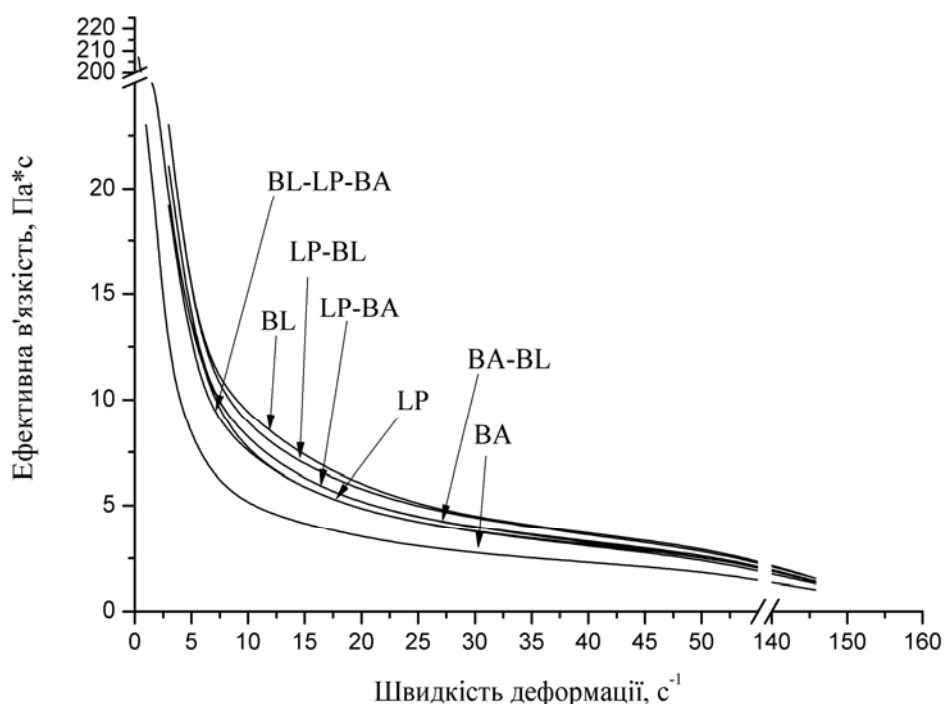
Досліджено реологічні властивості синбіотичних молочних продуктів, ферментованих різними штамми пробіотичних культур для виявлення їхнього впливу на консистенцію готового продукту. Культури мікроорганізмів відібрано в результаті попередніх досліджень пробіотичної активності, формування органолептичних властивостей кисломолочних напоїв і здатності накопичувати необхідну кількість колонієутворювальних одиниць при ферментуванні молочної сировини [6].

Синбіотичні кисломолочні напої виготовлені на основі моно- та полікультур пробіотиків:

- монокультура *Bifidobacterium longum* виділена спеціалістами Технологічного інституту молока та м'яса УААН (паспорт культури ІМВ В 7165) – далі *BL*;

- монокультура *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (*Bifidobacterium* bb-12) (виробник CHR Hansen) – далі BA;
- монокультура *Lactobacillus plantarum* виділена спеціалістами Технологічного інституту молока та м'яса УААН (паспорт культури ІМВ 2037) – далі LP;
- полікультури: BA-BL; BA-LP; BL-LP; BL-LP-BA.

Молоко ферментовано за температури 37 °С. Швидкість утворення згустка коливалась у межах 5–7 год. Згусток перемішано до утворення однорідної консистенції. Ефективну в'язкість визначено ротажним віскозиметром "Реотест-2" (рисунк).



Вплив складу пробіотичної мікрофлори синбіотичних молочних напоїв на в'язкість згустка

Згусток кисломолочних напоїв залежить переважно від розвиненості та стійкості білкової матриці. Під час виробництва кисломолочних напоїв резервуарним способом відбувається порушення казеїнового каркасу утвореного кисломолочного згустка. У результаті м'який дисперсний згусток перетворюється із драглеподібного на однорідний. При цьому ефективна в'язкість зменшується в декілька разів. Деформований згусток повністю не відновлюється, але глибина деформації та швидкість її усунення відрізняється в різних типів кисломолочних напоїв. Це може пояснюватися особливостями заквасок, зокрема утворенням ЕПС. Досліджені напої, ферментовані різними пробіотичними культурами, характеризувалися досить істотними відмінностями ефективної в'язкості, Па · с: BA – 23.3; BL – 51.9; BA-BL – 60.0; LP – 58.5; BA-LP – 54.8; BL-LP – 64.5; BL-LP-BA – 47.4.

Найбільш вираженими тиксотропними властивостями характеризується згусток, утворений *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, що забезпечує його кращу стабільність при зберіганні. Ефективна в'язкість згустка, утворена *Bifidobacterium longum*, вища в 2.5 раза, відповідно його тиксотропія менша. Це можна пояснити активнішим утворенням ЕПС. Такі властивості повинні враховуватися при підборі режиму перемішування згустка після дозрівання. Спільне культивування цих культур поліпшує стабільність консистенції згустка. Це підтверджує попередні результати органолептичної оцінки ферментованих напоїв [6]. Використання культури *Lactobacillus plantarum* також позитивно впливає на тиксотропію згустка.

Отже, отримані результати свідчать про раціональність використання досліджених культур для отримання напоїв резервуарним способом. Культура *Bifidobacterium longum*, забезпечуючи швидке зростання числа колонієутворювальних одиниць, потребує додаткової стабілізації згустка після перемішування, що може забезпечуватися використанням її в складі полівидової закваски з дослідженими культурами.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Girard M. Gelation and resistance to shearing of fermented milk: Role of exopolysaccharides / Maude Girard, C. Schaffer-Lequart // International Dairy Journal. — 2007. — N 6. — P. 666—673.
2. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / [А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и др.] ; під. ред. А. В. Горбатова. — М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. — 296 с.
3. Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios / Amatayakul T., Halmos A., Sherkat. F. [et al.] // International Dairy Journal. — 2006. — N 1. — P. 40—51.
4. Bouzar F. Exopolysaccharide Production and Texture-Promoting Abilities of Mixed-Strain Starter Cultures in Yogurt Production / Bouzar F., Cerning J., Desmazeaud M. // Journal of Dairy Science. — 1997. — N 10. — P. 2310—2317.
5. Treimo Hilde M. Effect of temperature on growth and metabolism of probiotic bacteria in milk / Hilde M. Treimo, Janneke Narvhus, A. Judith // International Dairy Journal. — 2005. — N 10. — P. 989—997.
6. Голуб Б. Пребіотична активність природних джерел полісахаридів / Б. Голуб, С. Даниленко, Г. Рудавська // Товари і ринки. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т. — № 1. — 2009. — С. 21—27.