Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 2, Issue 1, 2023 Traditional Medicine

LAKTOZADAN XOLI BO'LGAN YOGURT REOLOGIYASI

РЕОЛОГИЯ БЕЗЛАКТОЗНОГО ЙОГУРТА

RHEOLOGY OF LACTOSE-FREE YOGURT

Ibrohimjon Rahmonovich Asqarov, *Andijon davlat universiteti*
Kimyo kafedrasi professori, kimyo fanlari doktori, O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan ixtirochi, O'zbekiston TABOBAT Akademiyasi raisi
Qobiljon Qaxramonovich Otaxonov, *Andijon davlat universiteti*
Kimyo kafedrasi mudiri, dotsent, kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Jamshidbek Asatillo o'g'li Habibullayev, *Andijon davlat universiteti*
Kimyo kafedrasi o'qituvchisi

DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol2.iss1.2023.148

Annotatsiya. *Yogurt sevib istemol qilinadigan mahsulotlar ro'yhatida eng yuqoridan joy oladi. Afsuski yogurt tarkibidagi sut shakari nomi bilan mashxur bo'lgan laktoza mavjud bo'lib ba'zi bir iste'molchilar organizmi bu modda istemolida qiyinchiliklarga uchraydi va bir qator noqulayliklar keltirib chiqairadi. Shu narsani oldini olish maqsadida jahon tajribasida yogur ishlab chiqairsh jarayonida laktozani to'liq parchalash amaliyoti qo'llaniladi. Lekin bu jarayon yogurtning sifatiga qanday ta'sir ko'rsatishi quyidagi tadqiqotning asosiy maqsadi hisoblanadi va turli xil boshlang'ich laktazasiz(ferment) va laktaza birikmalaridan foydalangan holda laktozasiz yogurtning reologik xususiyatlarini baholash. Reologik tahlil davomida ferment kontsentratsiyasiga va starter va ferment birikmalariga qarab laktoza gidrolizlanishining yogurt xususiyatlariga ta'siri o'rganildi Barcha yogurt namunalari uchun yopishqoqlik natijalari bo'yicha sezilarli farqlar (p<0,05) aniqlandi.*

Аннотация. *Йогурт находится на вершине списка любимых продуктов. К сожалению, йогурт содержит лактозу, известную как молочный сахар, и организм некоторых потребителей с трудом усваивает это вещество и вызывает ряд неприятных ощущений. Для предотвращения этого в мировом опыте используется практика полного расщепления лактозы в процессе производства йогурта. Однако то, как этот процесс влияет на качество йогурта, является основной целью следующего исследования и оценки реологических свойств безлактозного йогурта с использованием различных исходных комбинаций без лактазы (ферментов) и лактазы. В ходе реологического анализа изучали влияние гидролиза лактозы на свойства йогурта в зависимости от концентрации фермента и комбинации закваски и фермента. Значимые различия (p<0,05) были обнаружены в результатах вязкости для всех образцов йогурта.*

Abstract. *Yogurt is at the top of the list of favorite products. Unfortunately, yogurt contains lactose, known as milk sugar, and the body of some consumers has difficulty consuming this substance and causes a number of discomforts. In order to prevent this, in the world experience, the practice of completely breaking down lactose is used in the process of yogurt production. However, how this process affects the quality of yogurt is the main goal of the following study and to evaluate the rheological properties of lactose-free yogurt using different starting lactase-free (enzyme) and lactase combinations. During the rheological analysis, the effect of lactose hydrolysis on yogurt properties was studied depending on enzyme concentration and starter and enzyme combinations. Significant differences (p<0.05) were found in viscosity results for all yogurt samples.*

Kalit so'zlar*: laktoza, laktozadan xoli yogurt, enzim, qovushqoqlik, tekstura, konsistensiya.*

***Ключевые слова**: лактоза, безлактозный йогурт, фермент, вязкость, текстура, консистенция.*

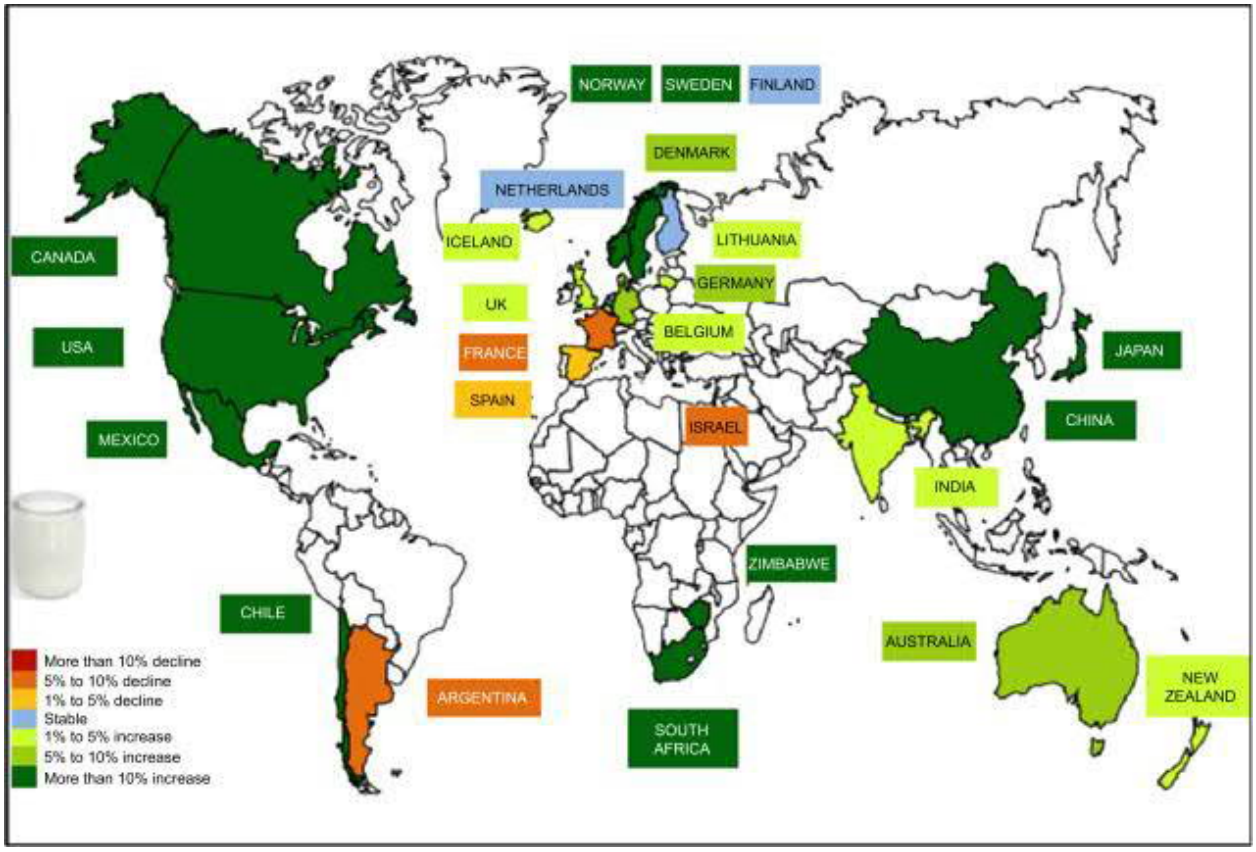
***Key words**: lactose, lactose-free yogurt, enzyme, viscosity, texture, consistency*

Kirish. Yogurt bu *Lactobacillus delbrueckii* va *Streptococcus thermophiles* deb ataladigan bakteriyalar bilan sutni achitish orqali ishlab chiqariladigan taniqli sut mahsulotlaridan biridir. Yogurtning bir qator sog'liq uchun foydalari borligi allaqachon isbotlangan, masalan tirik bakteriyalarning mavjudligi, terapevtik istiqboldan boshlab, ovqat hazm qilishni yaxshilash, ishtahani kuchaytirish, antikanserogen faollik, enterogastrik peristaltikani kuchaytirish va sarum xolesterinini kamaytirish. Bundan tashqari, u ko'plab biologik moddalar oqsillar, minerallar va vitaminlarning boy manbaidir (Yu, 2016). Yogurtning bu noyob xususiyatlari uning ta'mi, mustahkamligi va sog'liq uchun foydalari tasdiqlangan.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 + \textbf{issiqlik}.$$

Yogurt fermentatsiya jarayoning asosiy kimyoviy reaksiyasi (laktozaning parchalanishi)

Laktoza sutdagi asosiy uglevod bo'lib, sigir sutida taxminan 4,5-4,8% ni tashkil qiladi. Bu sutemizuvchilar manbasiga qarab bir oz farq qiladi va yogurt ishlab chiqarish jarayonida bakteriyalar uchun energiya manbayidir(Mende , 2012). Laktoza oziq-ovqat va farmatsevtika



1-rasm. 2010 yildan 2015 yilgacha bo'lgan global yogurt tendentsiyalarining o'zgarishi (sotib olish yoki sotish hajmi)(Chandan, 2017)

sanoatida keng ilda foydalaniladi. Sanoatning turli sohalarida laktozaning bir nechta foydali ilovalari mavjud bo'lsa-da, yogurt ishlab chiqarishda iste'molchilar uchun ba'zi kamchiliklarga ega.

Sut mahsulotlari shaklida qabul qilingan laktoza insonning ingichka ichak cho'tkasi chegarasida mavjud bo'lgan laktaza fermenti ta'sirida u monosaxaridlari glyukoza va galaktozaga gidrolizlanadi . Biroq, dunyo aholisining taxminan 70% aholisi ingichka ichakda ushbu fermentni ishlab chiqarishda muammolar bor. Natijada, tarkibida gidrolizlanmagan laktoza bo'lgan har qanday sut mahsulotini iste'mol qilish diareya, meteorizm, qorin og'rig'i, ishtahani yo'qotish, ko'ngil aynishi va boshqalar kabi bir qator noxush alomatlarga olib kelishi mumkin (Nagaraj va boshq., 2009).

Sut mahsulotlarida laktoza kontsentratsiyasini kamaytirishning sanoatda qo'llaniladigan bir qancha usullari mavjud : membrana texnologiyasi, immobilizatsiyalangan ferment texnologiyasi, xom hujayra ekstraktlari va erkin (eruvchan) tozalangan ferment va boshqalar. mahsulot (Nagaraj va boshq., 2009). Bir nechta tadqiqotchilar laktoza gidrolizlangan yogurtni iste'mol qilish hazm bo'lishini ta'minlashi, shirin ta'm, tezroq fermentatsiya vaqti, yaxshi tana, mustahkamlik va og'iz hissi bilan ta'minlashi mumkinligini xabar qildi(Nagaraj va boshq., 2009). Garchi u zardobni ajratish va yogurtning yopishqoqligini kamaytirishi mumkin. Shu sababli, laktozasiz yogurtning reologiyasini tahlil qilish ishlab chiqarish jarayoniga kiritilgan o'zgaruvchilarning yakuniy mahsulotning hissiy xususiyatlariga, ayniqsa uning tuzilishiga ta'sirini tavsiflash va taxmin qilish imkonini beradi.

Tadqiqotning maqsadi turli xil boshlang'ich va laktaza birikmalaridan foydalangan holda laktozasiz yogurtning reologik xususiyatlarini baholash edi (starter sifatida **FD-DVS YC-X11Yo-Flex,** va enzim sifatida **Ha-Lactase 5200** ishlatildi**).**

Pasterizatsiya qilingan qoramol suti mahalliy do'kondan sotib olindi (yog'liligi 2,5%, LTD Tukuma piens , Latviya). Dastlab sigir suti (pH 6,70 ± 0,05) pasterizatsiya qilingan (5 daqiqa davomida 90,0±1,0 □C), 40 °C gacha tez sovutilgan va fermentning turli konsentrasiyalarini (Ha-Lactase 5200) qo‘shish uchun beshta stakanga (uch marta) bo‘lingan. , Chr. Hansen Holding A/S, Daniya). Tadqiqotda ishlatiladigan ferment konsentratsiyasi : 0 (A), 500 (B); 1000 (C); 1500 (D) va 2000 (E) BLU L-1. Har bir namunaga bir vaqtning o'zida ferment va muzlatilgan FD-DVS YC-X11 (LTD Danisco , Daniya; tarkibida Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus va Streptococcus thermophilus) qo'shilgan. Barcha stakanlar termostatda (Inkubator IN55, Memmert , Germaniya) 42±2 °C da 5±0,5 soat davomida pH 4,8±0,10 ga yetguncha inkubatsiya qilindi . Shundan so'ng, namunalar aralashtiriladi va 5 ± 1 ° C gacha sovutiladi . Keyin, yogurt solingan stakanlar pishib, tahlil qilishdan oldin 24 soat davomida 5 ° C da saqlanadi .

Yopishqoqlik DV-III Ultra Programmable Reometer (Brookfield Engineering Laboratories Inc., AQSh) yordamida o'lchandi . Yogurt 4 °S haroratda bir kechada saqlanganidan keyin kichik namuna ushlagichiga o'tkazildi. SC4-16 milning aylanish tezligi 10 min-1 ga o'rnatildi. Ma'lumotlar Rheocalc V2.6.: Reometr dasturida shpindel aylanishi boshlanganidan 10 soniya o'tgach qayd etilgan . Yopishqoqlik har safar yangi yogurt namunasi yordamida 5 marta o'lchandi.

TA.HD Plus (Stable Micro Systems, Buyuk Britaniya) yogurtlarning qattiqlik, mustahkamlik, yopishqoqlik kabi tekstura xususiyatlari uchun ishlatilgan . Yagona siqish testi orqa ekstruziya xujayrasi diski yordamida amalga oshirildi (A/BE; diametri 35 mm; masofa 30 mm; sinovdan oldingi tezlik 1,00 mm s-1; sinov tezligi 1,00 mm s-1; sinovdan keyingi tezlik 10,00 mm s- 1; tetik kuchi 0,098 N) va 50 kg yuk xujayrasi bo'lgan uzatma paneli. Barcha ma'lumotlar keyingi tahlil qilish uchun Exponent 32 Software tomonidan avtomatik ravishda kompyuterda to'plangan .

CaCl (5%) bilan aralashtiriladi . Keyin namunalar 95 °C ga qizdirildi va oqsilni bo'lish va zardob olish uchun filtr qog'ozidan quyiladi . Zardobni shaffofroq qilish uchun u 10 daqiqa davomida santrifüj qilingan (Centurion Scientific Limited - Pro -Research K243). RCFt -12446 km s-1, 13000 aylanish tezligida. Alohida shakarlarning tarkibi - glyukoza, galaktoza va laktoza yuqori samarali suyuq xromatograf LC 20 Prominence (Shimadzu, Yaponiya) tomonidan aniqlangan . Xromatografik parametrlar quyidagicha o'rnatildi : detektor - sinishi ko'rsatkichi RID-

10A; ustun - Alltech NH2, 4,6 mm × 250,0 mm, 5 mkm ; harorat 25 ° C; izokratik elutsiya rejimi, mobil faza –A – asetonitril, B – deionlangan suv (A70 : B30); in'ektsiya namunasining hajmi - 10 mkl ; tahlilning umumiy vaqti - 15 daqiqagacha; oqim tezligi - 1,0 ml min-1. Olingan ma'lumotlar Shimadzu LabSolutions dasturi (LCsolution Version 1.21 SP1) yordamida qayta ishlandi.

Dispersiya tahlili (ANOVA) Statistical 10.0 dasturiy ta’minoti (Stat Soft. Inc., Tulsa, AQSH) yordamida amalga oshirildi va parametrlarning o‘rtacha taqqoslashlari 0.05 ahamiyatga ega bo‘lgan t-testi yordamida amalga oshirildi.

Tadqiqot natijalari. Reologik tahlil davomida ferment kontsentratsiyasiga va starter va ferment birikmalariga qarab laktoza gidrolizlanishining yogurt xususiyatlariga ta'siri o'rganildi . Barcha yogurt namunalari uchun yopishqoqlik natijalari bo'yicha sezilarli farqlar ($p<0,05$) aniqlandi. Natijalarga ko'ra , ferment va madaniyat va ferment birikmalarining kontsentratsiyasiga nisbatan bir nechta korrelyatsiyalar kuzatilgan .

Birinchidan, FD-DVS YC-X11 + Ha-Lactase 5200 fermenti qo'shilgan Acidifix 1.0 + Ha-Lactase 5200), sezilarli darajada ($p <0.05$) yuqori yopishqoqlik kuzatildi (2-rasmga qarang maxsus belgi bilan ko’rsatilgan).

Boshqa tomondan, FD-DVS YC-X11 ferment kontsentratsiyasining o'zgarishiga yuqori ta'sir ko'rsatdi. Ha-Lactase 5200 bilan FD-DVS YC-X11 starterli namunalar ferment kontsentratsiyasiga nisbatan yopishqoqlikning doimiy pasayishini ta'minladi. Nazorat namunasi

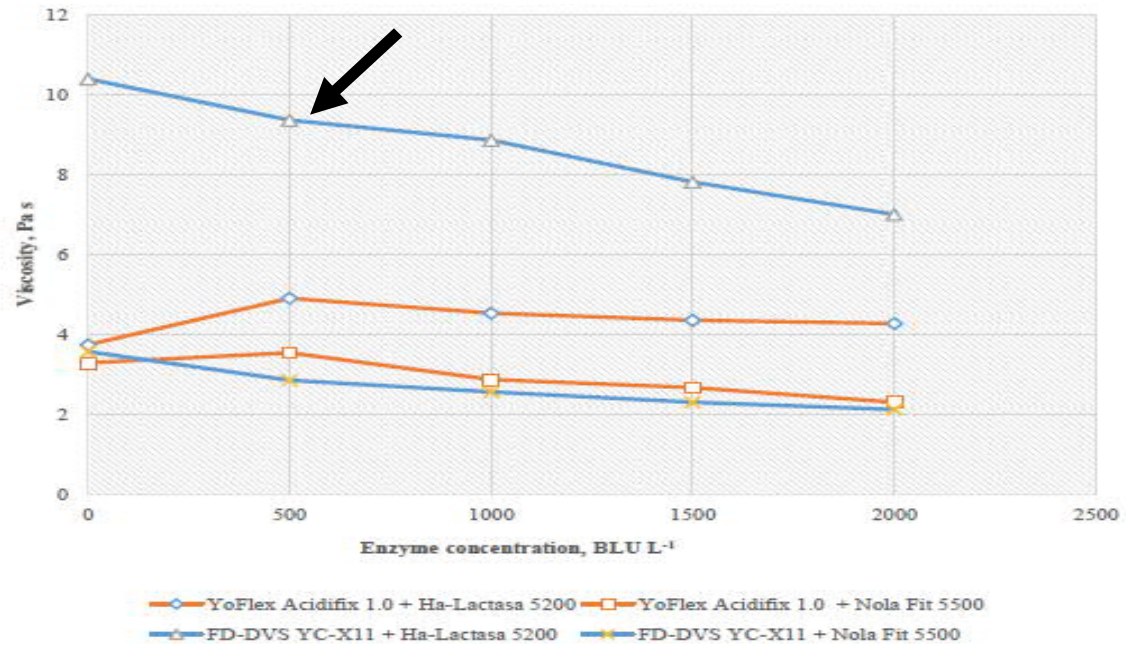


Fig. 3.1. Yogurt viscosity

2-rasm. Yogurtning yopishqoqlik xususiyatlari

eng yuqori yopishqoqlikka ega bo'lib, qo'shilgan fermentning yuqori miqdori eng past yopishqoqlikda aks ettirilgan.

Yopishqoqlik birinchi navbatda eng past ferment kontsentratsiyasiga (500 BLU L-1) nisbatan sezilarli darajada oshdi va keyinchalik namunalarda ferment konsentratsiyasi ortishi bilan bir vaqtning o'zida kamaydi. Umuman olganda, barcha kombinatsiyalar (boshlang'ich sifatida, ferment sifatida, ferment miqdori sifatida) ferment kontsentratsiyasining yogurtning yopishqoqligiga sezilarli ta'sirini ko'rsatdi degan xulosaga kelish mumkin.

Yogurtning teksturaviy xususiyatlarichiqilishi kerak bo'lgan yogurtning muhim xususiyatlari

- bu teksturaviy xususiyatlar. Yogurt namunalarining teksturaviy xususiyatlari quyida keltirilgan (3.1-rasmga qarang – yulduzcha bilan ko'rsatilgan). Tajriba davomida uchta asosiy jihat o'lchandi qat'iylik, yopishqoqlik va mustahkamlik.

Qattiqlik natijalari namunalar orasida sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatdi ($p < 0,05$). Ha-Lactase 5200 fermenti bo'lgan boshlang'ich namuna standartga nisbata o'sish kuzatildi. Va keyinchalik pasayish 1000 BLU L-1 fermenti kontsentratsiyasi bilan gidrolizlangan namunada kuzatildi, bu kombinatsiyadagi ferment konsentratsiyasi 1500 va 2000 BLU L-1 yuqori bo'lgan namunalarda mustahkamlik yana oshdi. Ferment konsentratsiyasi o'rtasida sezilarli farq aniqlanmagan ($p > 0,05$).

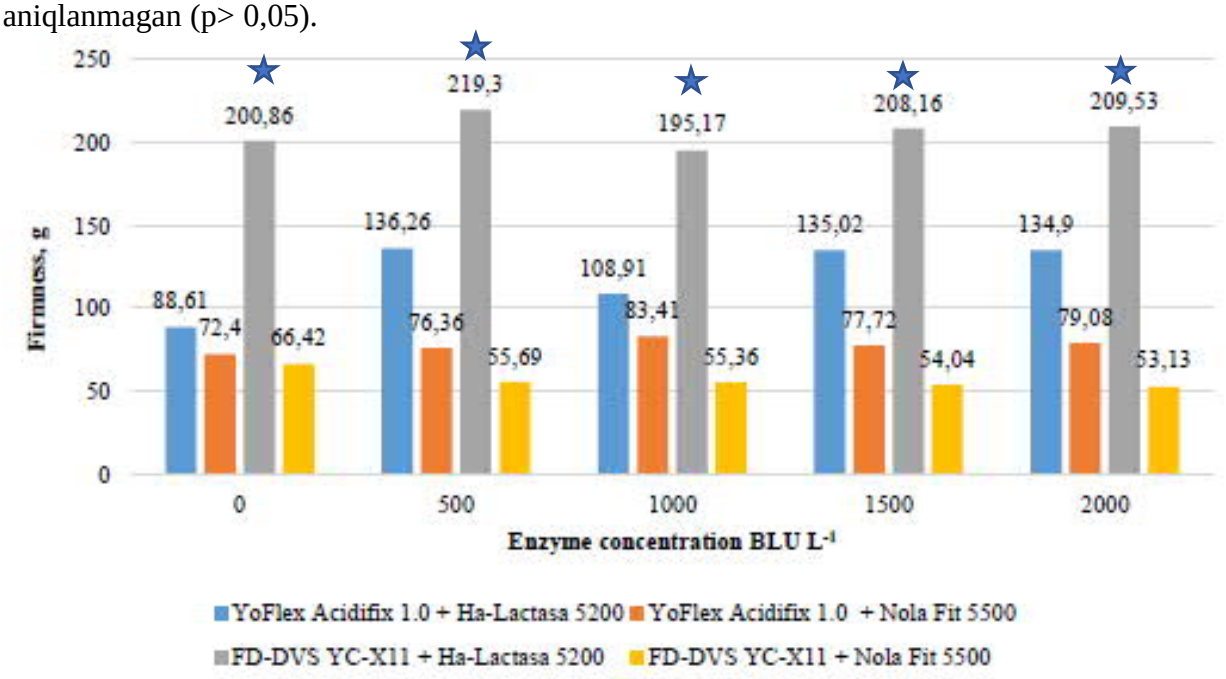


Figure 3.14. Firmness results of yogurt samples

3-rasm. Yogurtning qattiqlik xususiyatlari

Biroq, boshlanuvchilar o'rtasida sezilarli farq aniqlandi ($p < 0,05$). FD-DVS YCX11 bilan fermentlangan namunalarda mustahkamlik sezilarli darajada yuqori edi.Ushbu kombinatsiyalarda FD-DVS YCX11 + Ha-Lactase 5200 nazorat namunalari pastroq natijalar berdi.

1-jadval. Yogurt shakar tarkibi.

FD-DVS YCX11 + Ha-Lactase 5200			
Ferment konsentratsiyasi BLU L^{-1}	Glyukoza	Galaktoza	Laktoza
0	0.97	9.78	29.85
500	28.79	17.973	0.0
1000	28.391	18.76	0.0
1500	26.159	23.049	0.0
2000	25.45	22.86	0.0

Yuqoridagi jadvaldan ko'rinib turibdiki ferment qo'shilgan na'munalardan ferment konsentratsiyasidan qatiy nazar laktoza to'liq parchalangan. Lekin boshqa shakar miqdorida esa farqalar turlicha.

Xulosalar. Ferment va uning konsentratsiyasi yopishqoqlikka sezilarli ta'sir ko'rsatadi ($p < 0,05$). Boshlang'ich madaniyatidan qat'i nazar, Ha-Laktazning eng past konsentratsiyasi (500

BLU L-1) bo'lgan namunalarda yuqori yopishqoqlik aniqlandi . Starter ta'sirini solishtirganda, **FD-DVS YC-X11 bilan Ha-Lactase** birikmasi sezilarli darajada yuqori (p <0,05) yopishqoqlikni ta'minladi. Ferment va uning konsentratsiyasi yogurtning viskoelastik xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi (p <0,05). **Ha-Lactase 5200** bilan gidrolizlangan namunalarda mustahkamlik, yopishqoqlik va mustahkamlik sezilarli darajada yuqori (p<0,05) edi. **Ha-Laktaz** bilan gidrolizlangan namunalarda kuzatilgan yaxshiroq teksturaviy xususiyatlar, **FD-DVS YC-X11** bilan fermentlangan namunalarda sezilarli darajada yuqori qattiqlik (p <0,05) aniqlandi . Nola Fit 5000 ning yuqori konsentratsiyasi pastroq ko'rsatkichlarda aks ettirilgan, shunga o'xshash tendentsiya Ha-laktaza bilan namunalarda kuzatilmagan.

Йогурт является одним из известных молочных продуктов, производимых путем ферментации молока бактериями, называемыми Lactobacillus delbrueckii и Streptococcus thermophiles. Уже доказано , что йогурт имеет ряд преимуществ для здоровья, таких как наличие живых бактерий с терапевтической точки зрения, улучшение пищеварения, повышение аппетита, противораковая активность, усиление кишечно -желудочной перистальтики и снижение уровня холестерина в сыворотке. Кроме того, это богатый источник многих биологических веществ, белков, минералов и витаминов (Ю, 2016). Эти уникальные свойства йогурта доказаны его вкусом, консистенцией и пользой для здоровья.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 + \text{тепло.}$$

Основная химическая реакция процесса ферментации йогурта (расщепление лактозы)

Лактоза является основным углеводом молока, составляющим около 4,5-4,8% коровьего молока. Он незначительно варьируется в зависимости от источника млекопитающих и является источником энергии для бактерий при производстве йогурта (Mende, 2012). Лактоза широко используется в пищевой и фармацевтической промышленности. Хотя лактоза имеет несколько полезных применений в различных отраслях промышленности, она имеет некоторые недостатки для потребителей при производстве йогурта.

Лактоза, поступающая в виде молочных продуктов , гидролизуется до моносахаридов глюкозы и галактозы под действием фермента лактазы, присутствующего в щеточной кайме тонкой кишки человека. Однако примерно у 70% населения мира есть проблемы с выработкой этого фермента в тонком кишечнике. В результате потребление любого молочного продукта, содержащего негидролизованную лактозу, может вызвать ряд неприятных симптомов, таких как диарея, метеоризм, боль в животе, потеря аппетита, тошнота и т. д. (Nagaraj et al., 2009).

Существует несколько методов, используемых в промышленности для снижения концентрации лактозы в молочных продуктах: мембранная технология, технология иммобилизованных ферментов, сырые клеточные экстракты и свободный (растворимый) очищенный фермент и т.п. продукт (Nagaraj et al., 2009). Несколько исследователей сообщили, что потребление йогурта, гидролизованного лактозой , может улучшить усвояемость, сделать вкус более сладким, ускорить ферментацию, улучшить консистенцию и ощущение во рту (Nagaraj et al., 2009).). Хотя он может отделить сыворотку и снизить вязкость йогурта. Таким образом, анализ реологии безлактозного йогурта позволяет описать и оценить влияние переменных, включаемых в производственный процесс, на органолептические свойства конечного продукта, особенно на его структуру.

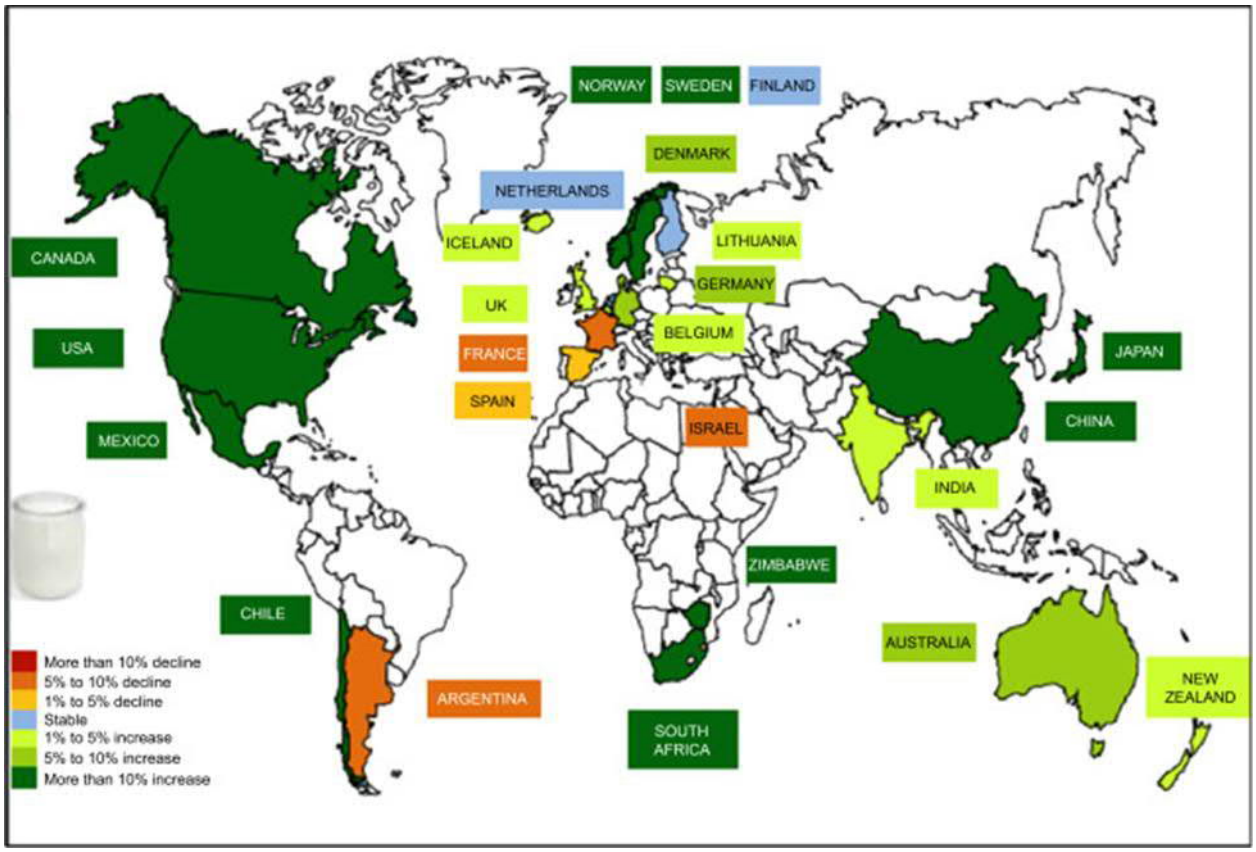


Рисунок 1. Изменение глобальных тенденций в отношении йогурта (объем покупки или продажи) с 2010 по 2015 год (Shandan , 2017)

Целью исследования было оценить реологические свойства безлактозного йогурта с использованием различных комбинаций закваски и лактазы (FD-DVS YC-X11Yo-Flex в качестве закваски и Ha-Lactase 5200 в качестве фермента).

Пастеризованное коровье молоко было куплено в местном магазине (жирность 2,5%, ООО « Тукума »). piens , Латвия). Сначала коровье молоко (pH 6,70 ± 0,05) пастеризовали (90,0 ± 1,0 □C в течение 5 мин), быстро охлаждали до 40 °C и добавляли различные концентрации фермента (Ha-Lactase 5200) в пять чашек (три раза). , Xp. Hansen Holding A/S, Дания). Концентрация фермента, использованная в исследовании: 0 (A), 500 (B); 1000 (C); 1500 (Д) и 2000 (Э) БЛУ Л-1. В каждый образец одновременно добавляли фермент и замороженный FD-DVS YC-X11 (LTD Danisco , Дания; содержащий Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus и Streptococcus thermophilus). Все чашки инкубировали в термостате (Incubator IN55, Memmert , Германия) при 42±2°C в течение 5±0,5 часов до достижения pH 4,8±0,10. После этого образцы перемешивают и охлаждают до 5 ± 1 °C. Затем чашки с йогуртом созревали и хранились при 5°C в течение 24 часов перед анализом.

Вязкость измеряли с помощью ультрапрограммируемого реометра DV-III (Brookfield Engineering Laboratories Inc., США). После ночного хранения при 4°C йогурт перенесли в небольшой держатель для образцов. Скорость шпинделя SC4-16 была установлена на 10 мин-1. Данные регистрировались через 10 секунд после начала вращения шпинделя в Rheocalc. V2.6.: Программное обеспечение реометра . Вязкость измеряли 5 раз, каждый раз используя образец свежего йогурта.

TA.HD Plus (Stable Micro Systems, Великобритания) использовали для определения текстурных свойств йогуртов, таких как плотность, консистенция, вязкость. Однократное испытание на сжатие было проведено с использованием ячеистого диска обратного

выдавливания (A/BE, диаметр 35 мм, расстояние 30 мм, скорость до испытания 1,00 мм с-1, скорость испытания 1,00 мм с-1, скорость после испытания 10,00 мм с-1). - 1; усилие срабатывания 0,098 Н) и выдвижная панель с тензодатчиком 50 кг. Все данные автоматически собираются на компьютере программным обеспечением Exponent 32 для дальнейшего анализа.

Смешать с CaCl (5%). Затем образцы нагревали до 95 °C и фильтровали через фильтровальную бумагу для отделения белка и экстракции сыворотки . Ее центрифугировали в течение 10 минут, чтобы сделать сыворотку более прозрачной (Centurion Scientific Limited - Pro - Research K243). RCFt -12446 км с-1 при 13000 об/мин. Состав индивидуальных сахаров - глюкозы, галактозы и лактозы - определяли на высокоэффективном жидкостном хроматографе LC 20 Prominence (Shimadzu, Япония). Хроматографические параметры были установлены следующие: детектор - показатель преломления РИД-10А; колонка - Alltech NH2, 4,6 мм × 250,0 мм, 5 мкм ; температура 25°C; изократический режим элюирования, подвижная фаза – А – ацетонитрил, Б – деионизированная вода (А70 : В30); объем инъекционной пробы - 10 мкл ; общее время анализа - до 15 минут; скорость потока - 1,0 мл мин-1. Полученные данные обрабатывали с помощью программного обеспечения Shimadzu LabSolutions (LCsolution Version 1.21 SP1).

Дисперсионный анализ (ANOVA) проводили с использованием программного обеспечения Statistical 10.0 (Stat Soft. Inc., Талса, США), а средние сравнения параметров выполняли с использованием t-критерия с уровнем значимости 0,05.

Результаты. В ходе реологического анализа изучали влияние гидролиза лактозы на свойства йогурта в зависимости от концентрации фермента и комбинации закваски и фермента. Значимые различия ($p<0,05$) были обнаружены для результатов вязкости для всех образцов йогурта. Согласно результатам, наблюдалось несколько корреляций относительно концентрации фермента и культуры и ферментных соединений.

первых, при добавлении Acidifix 1.0 + Ha-Lactase 5200 с FD-DVS YC-X11 + Ha-Lactase 5200 наблюдалась значительно ($p < 0,05$) высокая вязкость (см. рис. 3.1, обозначено специальным символом).

С другой стороны, FD-DVS YC-X11 показал сильное влияние на изменение концентрации фермента. Образцы со стартером FD-DVS YC-X11 с Ha-Lactase 5200 обеспечивали постоянное снижение вязкости по отношению к концентрации фермента. Контрольный образец имел самую высокую вязкость, а большее количество добавленного фермента отражалось в самой низкой вязкости.

Вязкость сначала значительно увеличивалась при самой низкой концентрации фермента (500 BLU л-1), а затем уменьшалась одновременно с увеличением концентрации фермента в образцах. В общем, все комбинации (как закваска, как фермент, как количество фермента).Можно сделать вывод , что концентрация фермента оказывает значительное влияние на вязкость йогурта.

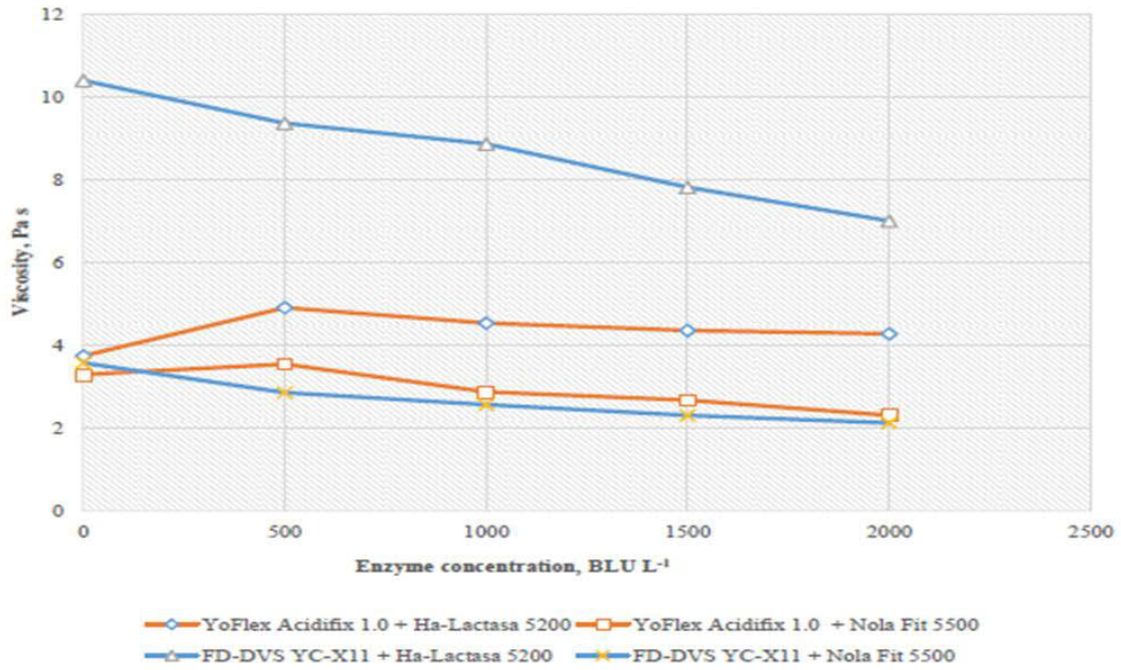


Fig. 3.1. Yogurt viscosity

Рисунок 2. Вязкостные свойства йогурта

Текстурные свойства йогурта Наиболее важными свойствами экстрагируемого йогурта являются текстурные свойства. Текстурные характеристики образцов йогурта показаны ниже (см. рис. 3.14, отмечены звездочкой). В ходе эксперимента измерялись три основных аспекта : твердость, адгезия и консистенция.

Результаты по твердости показали, что между образцами были значительные различия ($p < 0,05$). Наблюдалось увеличение по сравнению с исходным стандартом образца с ферментом Ha-Lactase 5200. Затем наблюдалось снижение в образце, гидролизованном с концентрацией фермента 1000 BLU л-1, консистенция снова увеличивалась в образцах с более высокой концентрацией фермента. 1500 и 2000 BLU L-1 в этой комбинации. Достоверной разницы между концентрациями фермента обнаружено не было ($p>0,05$).

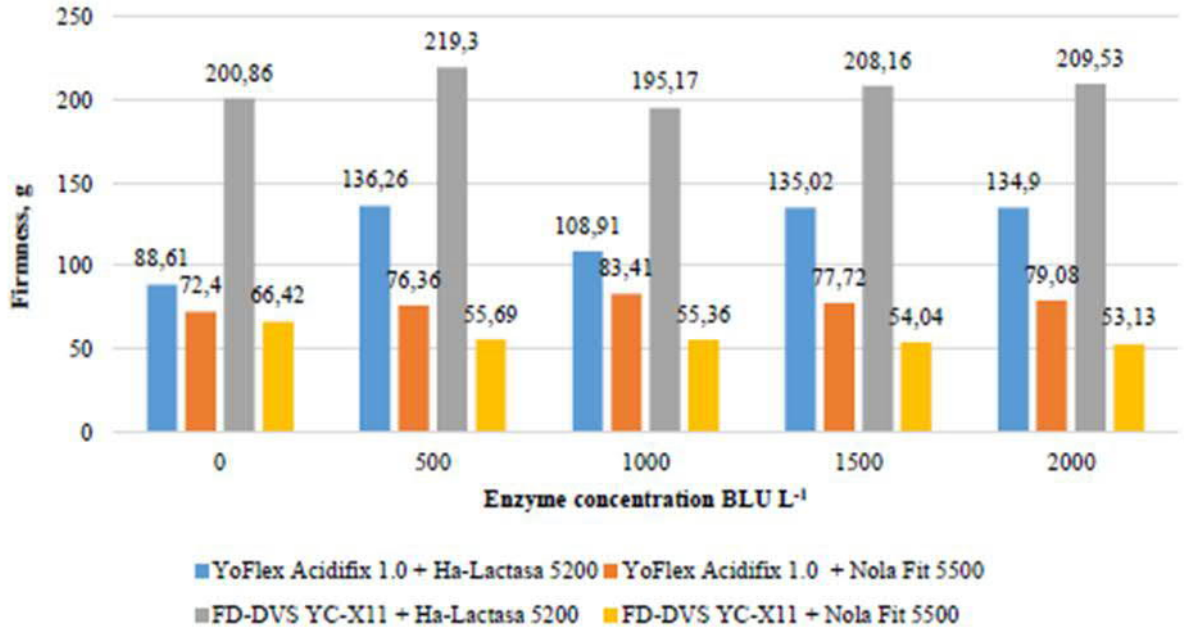


Figure 3.14. Firmness results of yogurt samples

Рисунок 3. Свойства твердости йогурта

Однако между новичками была обнаружена достоверная разница ($p < 0,05$). Стойкость была значительно выше в образцах, ферментированных FD-DVS YCX11. В этих комбинациях контрольные образцы FD-DVS YCX11 + Ha-Lactase 5200 дали более низкие результаты.

Содержание сахара в йогурте.

FD-DVS YCX11 + На-лактаза 5200			
Концентрация фермента BLU L^{-1}	Глюкоза	Галактоза	лактоза
0	0,97	9,78	29,85
500	28,79	17.973	0,0
1000	28.391	18,76	0,0
1500	26.159	23.049	0,0
2000 г.	25.45	22,86	0,0

Как видно из приведенной выше таблицы, лактоза полностью разлагалась из образцов с добавлением фермента независимо от концентрации фермента. Но есть различия в количестве других сахаров.

Выводы. Фермент и его концентрация оказывают существенное влияние на вязкость ($p < 0,05$). Независимо от исходной культуры образцы с наименьшей концентрацией На-лактазы (500 BLU л-1) показали высокую вязкость. Сравнивая эффект стартера, комбинация Ha-Lactase с FD-DVS YC-X11 обеспечивала значительно более высокую ($p < 0,05$) адгезию.

Фермент и его концентрация оказывают существенное влияние на вязкоупругие свойства йогурта ($p < 0,05$). Прочность, вязкость и плотность были значительно выше ($p<0,05$) в образцах, гидролизованных Ha-Lactase 5200. Лучшие текстурные свойства наблюдались у образцов, гидролизованных На-лактазой, значительно более высокая твердость ($p < 0,05$) была обнаружена у образцов, ферментированных FD-DVS YC-X11. Высокая концентрация Nola Fit 5000 отражалась более низкими значениями, в пробах с На-лактазой подобной тенденции не наблюдалось.

Yogurt is one of the well-known dairy products produced by fermenting milk with bacteria called Lactobacillus delbrueckii and Streptococcus thermophiles. Yogurt has already been proven to have a number of health benefits, such as the presence of live bacteria, from a therapeutic perspective, improving digestion, increasing appetite, anticancer activity, increasing enterogastric peristalsis, and lowering serum cholesterol. In addition, it is a rich source of many biological substances, proteins, minerals and vitamins (Yu, 2016). These unique properties of yogurt are proven for its taste, consistency and health benefits.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 + \text{heat.}$$

The main chemical reaction of the yogurt fermentation process (breakdown of lactose)

Lactose is the main carbohydrate in milk, making up about 4.5-4.8% of cow's milk. It varies slightly depending on the mammalian source and is an energy source for bacteria during yogurt production (Mende, 2012). Lactose is widely used in the food and pharmaceutical industries. Although lactose has several useful applications in various industries, it has some disadvantages for consumers in yogurt production.

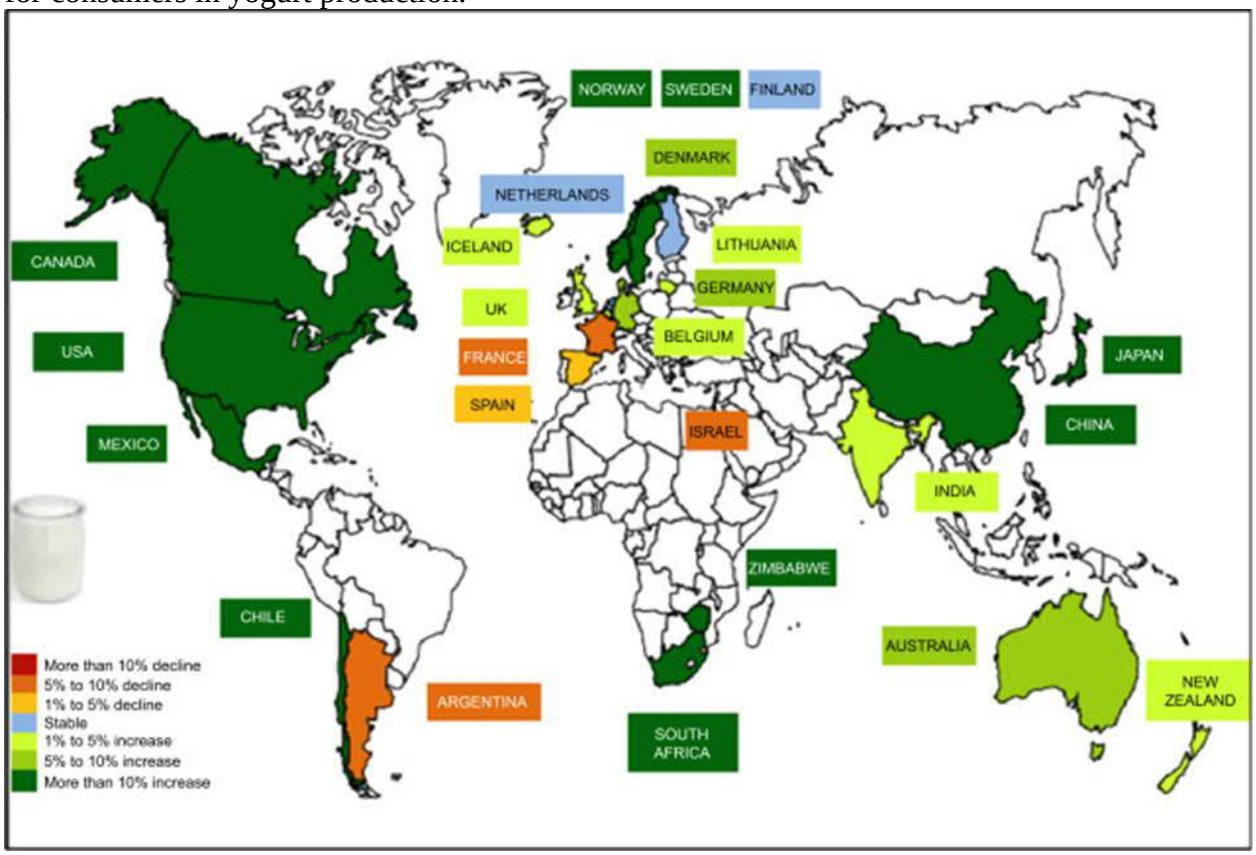


Figure 1. Change in Global Yogurt Trends (Buy or Sell Volume) from 2010 to 2015 (Shandan, 2017)

Lactose received in the form of dairy products is hydrolyzed into its monosaccharides glucose and galactose under the action of lactase enzyme present in the brush border of the human small intestine. However, approximately 70% of the world's population has problems producing this enzyme in the small intestine. As a result, consumption of any dairy product containing unhydrolyzed lactose can cause a number of unpleasant symptoms such as diarrhea, flatulence, abdominal pain, loss of appetite, nausea, etc. (Nagaraj et al. ., 2009).

There are several methods used in the industry to reduce lactose concentration in dairy products: membrane technology, immobilized enzyme technology, crude cell extracts and free (soluble) purified enzyme, etc. product (Nagaraj et al., 2009). Several researchers have reported that consumption of lactose hydrolyzed yogurt can improve digestibility, sweeter taste, faster fermentation time, better body, consistency and mouthfeel (Nagaraj et al., 2009).). Although it can separate the whey and reduce the viscosity of the yogurt. Therefore, the analysis of the rheology of lactose-free yogurt allows to describe and estimate the effect of the variables included in the production process on the sensory properties of the final product, especially its structure.
The purpose of the study was to evaluate the rheological properties of lactose-free yogurt using different starter and lactase combinations (FD-DVS YC-X11Yo-Flex as starter, and Ha-Lactase 5200 as enzyme).

Pasteurized cow's milk was purchased from a local store (fat content 2.5%, LTD Tukuma piens, Latvia). First, cow's milk (pH 6.70 ± 0.05) was pasteurized (90.0 ± 1.0 □C for 5 min), rapidly cooled to 40 °C, and different concentrations of the enzyme (Ha-Lactase 5200) were added to divided into five cups (three times). , Chr. Hansen Holding A/S, Denmark). Enzyme concentration used in the study: 0 (A), 500 (B); 1000 (C); 1500 (D) and 2000 (E) BLU L-1. Enzyme and frozen FD-DVS YC-X11 (LTD Danisco, Denmark; containing Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus and Streptococcus thermophilus) were added to each sample at the same time. All cups were incubated in a thermostat (Incubator IN55, Memmert, Germany) at 42±2 °C for 5±0.5 hours until the pH reached 4.8±0.10. After that, the samples are mixed and cooled to 5 ± 1 °C. The yogurt cups were then ripened and stored at 5°C for 24 hours before analysis.

Viscosity was measured using a DV-III Ultra Programmable Rheometer (Brookfield Engineering Laboratories Inc., USA). After overnight storage at 4 °C, the yogurt was transferred to a small sample holder. The spindle speed of SC4-16 was set to 10 min-1. Data were recorded 10 seconds after the start of spindle rotation in Rheocalc V2.6.: Rheometer software. Viscosity was measured 5 times, each time using a fresh yogurt sample.

TA.HD Plus (Stable Micro Systems, Great Britain) was used for textural properties of yogurts such as firmness, consistency, viscosity. A single compression test was performed using a back extrusion cell disk (A/BE; diameter 35 mm; distance 30 mm; pre-test velocity 1.00 mm s-1; test velocity 1.00 mm s-1; post-test velocity 10.00 mm s- 1; trigger force 0.098 N) and an extension panel with a load cell of 50 kg. All data is automatically collected on the computer by Exponent 32 Software for further analysis.

Mix with CaCl (5%). The samples were then heated to 95 °C and filtered through filter paper to separate the protein and extract the whey. It was centrifuged for 10 minutes to make the serum clearer (Centurion Scientific Limited - Pro -Research K243). RCFt -12446 km s-1 at 13000 rpm. The composition of individual sugars - glucose, galactose and lactose - was determined by a high-performance liquid chromatograph LC 20 Prominence (Shimadzu, Japan). Chromatographic parameters were set as follows: detector - refractive index RID-10A; column - Alltech NH2, 4.6 mm × 250.0 mm, 5 µm; temperature 25 ° C; isocratic elution mode, mobile phase – A – acetonitrile, B – deionized water (A70 : B30); volume of the injection sample - 10 µl; total analysis time - up to 15 minutes; flow rate - 1.0 ml min-1. The obtained data were processed using Shimadzu LabSolutions software (LCsolution Version 1.21 SP1).

Analysis of variance (ANOVA) was performed using Statistical 10.0 software (Stat Soft. Inc., Tulsa, USA), and mean comparisons of parameters were performed using the t-test with a significance level of 0.05.

Results. During the rheological analysis, the effect of lactose hydrolysis on yogurt properties was studied depending on enzyme concentration and starter and enzyme combinations. Significant differences ($p<0.05$) were found for viscosity results for all yogurt samples. According

to the results, several correlations were observed regarding the concentration of enzyme and culture and enzyme compounds.

First, Acidifix 1.0 + Ha-Lactase 5200 with FD-DVS YC-X11 + Ha-Lactase 5200 added, significantly ($p < 0.05$) high viscosity was observed (see Figure 3.1 indicated by a special symbol).

On the other hand, FD-DVS YC-X11 showed a high effect on the variation of enzyme concentration. Samples with FD-DVS YC-X11 starter with Ha-Lactase 5200 provided a constant decrease in viscosity with respect to enzyme concentration. The control sample had the highest viscosity, and the higher amount of added enzyme was reflected in the lowest viscosity.

Viscosity first increased significantly at the lowest enzyme concentration (500 BLU L-1) and then decreased simultaneously with increasing enzyme concentration in the samples. In general, all combinations (as starter, as enzyme, as amount of enzyme). It can be concluded that enzyme concentration had a significant effect on yogurt viscosity.

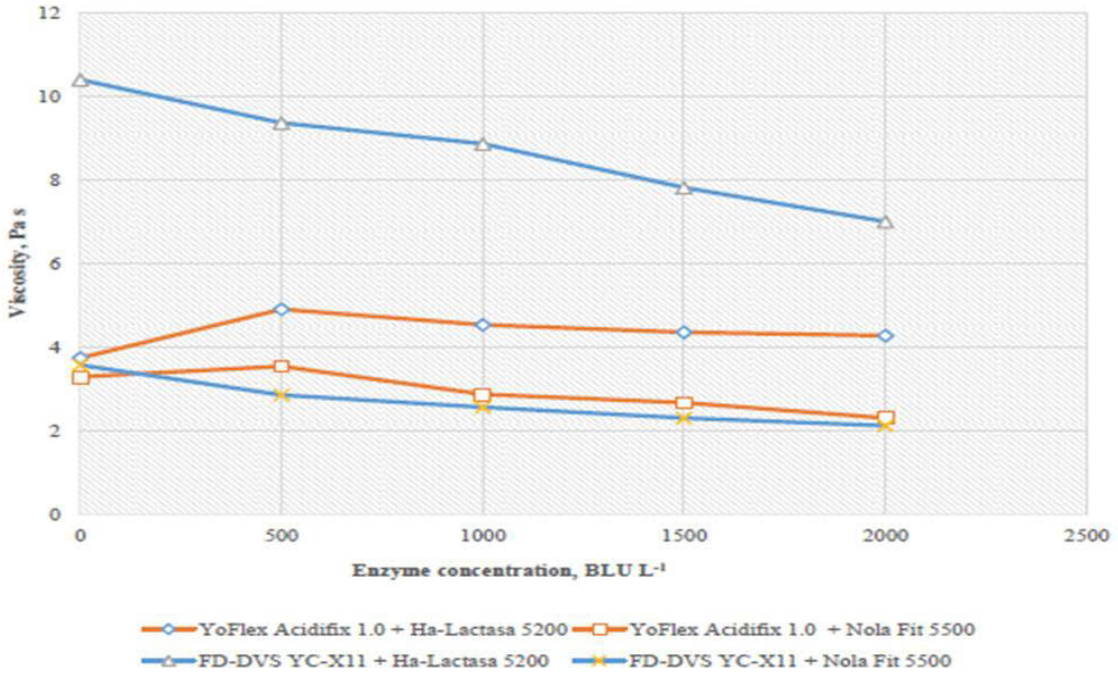


Fig. 3.1. Yogurt viscosity

Fig-3. Yogurt viscosity

Textural Properties of Yogurt The most important properties of yogurt to be extracted are textural properties. The textural characteristics of the yogurt samples are shown below (see Figure 3.14 - indicated by an asterisk). During the experiment, three main aspects were measured: firmness, adhesion and consistency.

The hardness results showed that there were significant differences between the samples ($p < 0.05$). An increase was observed compared to the initial sample standard with the enzyme Ha-Lactase 5200. And then a decrease was observed in the sample hydrolyzed with the enzyme concentration of 1000 BLU L-1, the consistency increased again in the samples with higher enzyme concentration of 1500 and 2000 BLU L-1 in this combination. No significant difference was detected between enzyme concentrations ($p > 0.05$).

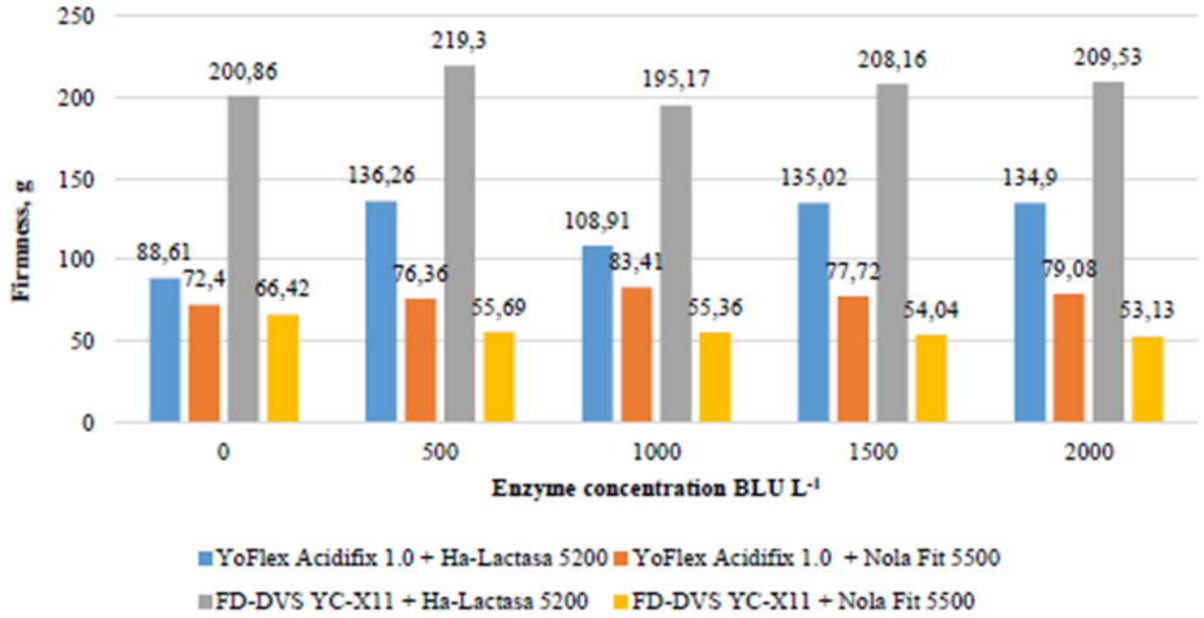


Fig-4. Yogurt firmness

However, a significant difference was found between beginners ($p < 0.05$). Firmness was significantly higher in samples fermented with FD-DVS YCX11. In these combinations, FD-DVS YCX11 + Ha-Lactase 5200 control samples gave lower results.

Table-1. Yogurt sugar content.

FD-DVS YCX11 + Ha-Lactase 5200			
Ferment concentration BLU L^{-1}	Glucose	Galactose	Lactose
0	0.97	9.78	29.85
500	28.79	17.973	0.0
1000	28.391	18.76	0.0
1500	26.159	23.049	0.0
2000	25.45	22.86	0.0

As can be seen from the above table, lactose was completely decomposed from the samples with added enzyme, regardless of the enzyme concentration. But there are differences in the amount of other sugars.

Conclusions. Enzyme and its concentration have a significant effect on viscosity ($p < 0.05$). Regardless of the initial culture, the samples with the lowest concentration of Ha-Lactase (500 BLU L-1) showed high viscosity. Comparing the effect of the starter, the combination of Ha-Lactase with FD-DVS YC-X11 provided significantly higher ($p < 0.05$) adhesion. The enzyme and its concentration have a significant effect on the viscoelastic properties of yogurt ($p < 0.05$). Strength, viscosity, and firmness were significantly higher ($p<0.05$) in samples hydrolyzed with Ha-Lactase 5200. Better textural properties observed in samples hydrolyzed with Ha-Lactase, significantly higher firmness ($p < 0.05$) was found in samples fermented with FD-DVS YC-X11. A high concentration of Nola Fit 5000 was reflected in lower values, a similar trend was not observed in samples with Ha-lactase.

REFERENCES

1. Aguilera J., M., Stanley D.W., (1999) Microstructure and mass transfer: Solid-liquid extraction, In: Microstructural Principles of Food Processing and Engineering. 2nd ed. Aguilera J., M., Stanley D.W. (eds). Gaithersburg, Maryland, AN Aspen Publication, p. 325–340

2. Cui B., Lu Y.M., Tan C.P., Wang G.Q., Li G.H. (2014) Effect of cross-linked acetylated starch content on the structure and stability of set yoghurt. Food Hydrocolloids, Vol. 35, p. 576–582
3. Goff H.D. (2002) Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. Current Opinion in Colloid & Interface Science, Vol. 7(5–6), p. 432–437.
4. Han X., Yang Z., Jing X., Yu P., Zhang Y., Yi H., Zhang L. (2016) Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. BioMed Research International, Vol. 2016, p. 1–6.
5. Ibrahim A.H. (2018) Impact of hydrolyzed lactose by β-galactosidase enzyme on the physicochemical and organoleptic properties of fermented camel milk. Emirate Journal of Food and Agriculture, Vol. 30(9), p. 778–790.
6. Jaster H., Arend G. D., Rezzadori K., Chaves V. C., Flávio Reginatto H., Cunha Petrus J. C. (2018) Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by block freeze concentration. Food Research International, Vol. 104, p. 119–125.
7. Jelen P., Tossavainen O. (2003) Low lactose and lactosefree milk and dairy products - Prospects, technologies and applications. Australian Journal of Dairy Technology, Vol. 58(2), p. 161–165.
8. Kasimov S., Nazarova G., Kasimova D., Yunusova Z., Rakhmatova M. (2015) A single nucleotide polymorphism C/T - 13910 and consumption of dairy products in Uzbek population. Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences, Vol. 4(86), p. 15042–15050.
9. Mlichová Z., Rosenberg M. (2006) Current trends of β-galactosidase application in food technology. Journal of Food and Nutrition Research, Vol 45(2), p. 47–54.
10. Schmidt C., Mende S., Jaros D., Rohm H. (2017) Fermented milk products: effects of lactose hydrolysis and fermentation conditions on the rheological properties. Dairy Science and Technology, Vol. 96(2), p. 199–211.
11. Souza S.O., Santos V.S., Santos E.S., Ávila D.V.L., Nascimento C.C., Costa S.S.L., Garcia A.B., Araujo R.G.O. (2018) Evaluation of the mineral content in milk and yogurt types using chemometric tools. Microchemical Journal, Vol. 143, p. 1–8.
12. Wolf I.V., Vénica C.I., Perotti M.C. (2015) Effect of reduction of lactose in yogurts by addition of β-galactosidase enzyme on volatile compound profile and quality parameters. International Journal of Food Science and Technology, Vol 50(5), p. 1076–1082.

Author Biographies

Ibragim R. Askarov*, Andijan State University*

Professor of the Department of Chemistry, Doctor of Chemistry, Honored Inventor of Uzbekistan, Chairman of the TABOBAT Academy of Uzbekistan

Kobiljon K. Otakhonov*, Andijan State University*

Head of the Department of Chemistry, Associate Professor, Doctor of Philosophy in Chemistry (PhD)

Jamshidbek A. Habibullaev*, Andijan State University*

Teacher of the Department of Chemistry