МРНТИ 65.63.33 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.4.29-1173**

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЙОГУРТ, ОБОГАЩЕННЫЙ ЭКСТРАКТОМ ПОЛИФЕНОЛОВ ИЗ СКОРЛУПЫ АРАХИСА

[1]Т.Ч. Тултабаева, [1]У.Т. Жуманова, [1]Б.Ч. Тултабаев, [2]А.Е. Шоман, [1]А. Сагандык, [1]А. Мулдашева, [1]Д. Айкен, [1]Н. Батталова, [3]М. Тултабаев

[1]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан,
[2]Научно-инновационного центра Agro Tech - Astana IT University, Астана, Казахстан,
[3]Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан

Корреспондент-автор: yrath2510@gmail.com

Целью данного исследования было изучение применения полифенолов скорлупы арахиса для обогащения молочного йогурта, а также их влияние на физико-химические и органолептические свойства йогурта. Полифенолы были извлечены из скорлупы арахиса и добавлены в состав йогурта в количестве 0,25%, 0,5%, 0,75%. Добавление полифенолов скорлупы арахиса повысило влагоудерживающую способность, снизило синерезис и улучшило стабильность в течение периода хранения (15 дней) по сравнению с контрольным образцом. Титруемая кислотность увеличивалась в течение срока хранения, а влагоудерживающая способность улучшалась при добавлении экстракта полифенолов. Органолептический анализ показал, что йогурт, обогащённый 0,5%-ной добавкой полифенолов скорлупы арахиса, был предпочтительнее по органолептическим параметрам. Эти результаты дают представление о том, как оптимизировать обогащение йогурта полифенолами арахиса для улучшения его физико-химических и органолептических свойств.

Ключевые слова: полифенолы, арахис, йогурт, экстрактация, обогащение.

СЫҒЫНДЫМЕН БАЙЫТЫЛҒАН ФУНКЦИОНАЛДЫ ЙОГУРТ ЖЕРЖАҢҒАҚ ҚАБЫҒЫНАН ЖАСАЛҒАН ПОЛИФЕНОЛДАР

[1]Т.Ч. Тултабаева, [1]У.Т. Жуманова, [1]Б.Ч. Тултабаев, [2]А.Е. Шоман, [1]А. Сагандык, [1]А. Мулдашева, [1]Д. Айкен, [1]Н. Батталова, [3]М. Тултабаев

[1]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Казахстан,
[2]Agro Tech ғылыми-инновациялық орталық-Astana IT University, Астана, Казахстан,
[3]Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail:yrath2510@gmail.com

Бұл зерттеудің мақсаты сүт йогуртын байыту үшін жержаңғақ қабығының полифенолдарын қолдануды, сондай-ақ олардың йогурттың физика-химиялық және органолептикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу болды. Полифенолдар жержаңғақ қабығынан алынып, йогурт құрамына 0,25%, 0,5%, 0,75% мөлшерінде қосылды. Жержаңғақ қабығының полифенолдарын қосу бақылау үлгісімен салыстырғанда сақтау кезеңінде (15 күн) ылғал ұстау қабілетін арттырды, синерезисті азайтты және тұрақтылықты жақсартты. Титрленетін қышқылдық сақтау мерзімі ішінде өсті, ал полифенол сығындысы қосылған кезде ылғал сақтау қабілеті жақсарды. Органолептикалық талдау көрсеткендей, жержаңғақ қабығының 0,5% полифенол қоспасымен байытылған йогурт органолептикалық параметрлер бойынша қолайлы болды. Бұл нәтижелер физикалық-химиялық және органолептикалық қасиеттерін жақсарту үшін йогуртты жержаңғақ полифенолдарымен байытуды қалай оңтайландыру керектігі туралы түсінік береді.

Түйін сөздер: полифенолдар, жержаңғақ, йогурт, экстракция, байыту.

FUNCTIONAL YOGURT ENRICHED WITH EXTRACT POLYPHENOLS FROM PEANUT SHELLS

[1]T. Tultabayeva, [1]U. Zhumanova, [1]B. Tultabayev, [2]A. Shoman, [1]A. Sagandyk, [1]A. Muldasheva, [1]D. Aiken, [1]N. Battalova, [3]M. Tultabayev

[1]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan,
[2] Scientific and Innovation Center Agro Tech , Astana IT University, Astana, Kazakhstan,
[3] K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,
e-mail:yrath2510@gmail.com

The aim of this study was to investigate the application of peanut shell polyphenols for enriching dairy yogurt and their impact on the yogurt' s physicochemical and organoleptic properties. Polyphenols were extracted from peanut shells and incorporated into the yogurt at concentrations of 0.25%, 0.5%, and 0.75%. The addition of peanut shell polyphenols increased water-holding capacity, reduced syneresis, and improved stability during a 15-day storage period compared to the control sample. Titratable acidity increased over the storage period, while water-holding capacity improved with the addition of polyphenol extract. Organoleptic analysis revealed that yogurt enriched with 0.5% peanut shell polyphenols was preferred in terms of organoleptic properties. These findings provide insights into optimizing yogurt enrichment with peanut polyphenols to enhance its physicochemical and organoleptic characteristics.

Keywords: polyphenols, peanuts, yogurt, extraction, enrichment.

Введение. Полифенолы - это одна из самых многочисленных и широко распространенных групп веществ растительного мира, вторичные метаболиты которых имеют более 8000 фенольных структур. Полифенольные соединения присутствуют в рационе человека, и их регулярное употребление является необходимым для здорового питания [1]. Источники пищевых полифенолов в природе многочисленны, и их можно найти в различных продуктах растительного происхождения, включая злаки, орехи, специи, ягоды, овощи и фрукты.

Общепризнанные и научно обоснованные преимущества полифенолов для здоровья человека вызывают большой интерес исследователей в области питания. В настоящее время доказано, что некоторые полифенолы, принимаемые в качестве добавок или вместе с пищей, действительно могут улучшить состояние здоровья пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Кроме того, многие исследования, проведённые в лабораторных условиях или на животных, показывают, что длительное употребление в пищу продуктов, богатых полифенолами, может предотвратить некоторые виды рака, диабет второго типа, нейродегенеративные заболевания и ухудшение работы мозга [2]. Доказано, что многие полифенолы обладают антиоксидантной, гепатопротекторной, противовоспалительной, противоопухолевой и противовирусной активностями. Полифенольные соединения обладают функциональными свойствами и биологической активностью (антивозрастной, противовоспалительной, антиоксидантной и антипролиферативной), которые эффективно укрепляют здоровье человека [3].

Растительные продукты и продукты их переработки хорошо известны как важные источники фенольных соединений. Однако в последние годы возрос интерес к отходам пищевой промышленности как к источникам полифенолов. Многочисленные исследования в этой области показали, что побочные продукты переработки пищевых продуктов содержат большее количество биологически активных соединений по сравнению с исходным сырьём [4,5].

Побочные продукты сельскохозяйственной продукции часто являются более богатыми источниками фенольных соединений, чем соответствующие исходные материалы или пищевые продукты [6,7].

Побочным продуктом переработки очищенного арахиса является его скорлупа (в некоторых источниках используют термин «шелуха»). Скорлупа составляет около 30% от общего веса бобовых, на 1 кг арахисового ореха приходится около 200-300 г скорлупы [8]. Ежегодно во всем мире производится около 11 000 000 тонн таких отходов арахисовой промышленности, основная часть которых в прежние годы выбрасывалась или сжигалась [9].

В последние годы разрабатываются новые способы использования сельскохозяйственных

отходов, производимых при переработке арахиса, в различных отраслях, в том числе и в пищевой промышленности. Большой интерес представляет скорлупа арахиса, как источник биоактивных и функциональных соединений, которые являются безопасными для человека при их потреблении [10].

Основные полифенолы, обнаруженные в скорлупе арахиса, представляют собой флавоноиды, фенольные кислоты и стильбены. Было показано, что скорлупа арахиса различных корейских сортов содержит большое количество антиоксидантов: от 428,1 до 739,8 мкг эквивалентов галловой кислоты/г для полифенолов, от 142,6 до 568,0 мкг эквивалентов кверцетина/г для флавоноидов и от 5,76 до 34,56 мг/г аминокислот [11].

Сообщается, что общее содержание фенолов в скорлупе арахиса составило 41,8, 19,9 и 7,3 мг/г при экстракции метанолом, этанолом и ацетоном соответственно. Основным флавоноидным соединением скорлупы арахиса является лютеолин [12]. При изучении фенольных соединений в шелухе арахиса четырёх разных сортов установлено, что содержание лютеолина составляло от 0,95 до 3,16 мг/г скорлупы, а общее содержание фенольных соединений - от 4,2 до 10,2 мг/г скорлупы [13]. Таким образом, побочные продукты переработки арахиса богаты фенольными соединениями, а в скорлупе арахиса основным фенольным соединением является лютеолин.

Побочные продукты арахиса пока еще не нашли широкого практического применения в пищевой промышленности, но в последние годы проводятся многочисленные исследования по возможности использования кожуры и скорлупы арахиса, а также извлеченных из них экстрактов полифенолов в составе продуктов питания.

Одним из направлений применения экстрактов полифенолов из растительного сырья является их использование для улучшения фенольного уровня йогурта. Йогурт хорошо известен своей превосходной усвояемостью и биодоступностью белка, калия, кальция и витаминов группы В, поэтому он является важным дополнением к рациону [14]. Йогурт популярен как полезный ферментированный продукт, однако он не содержит в своем составе полифенолы, поэтому для улучшения фенольного уровня йогурта применяются растительные добавки. В работе [15] в качестве функциональных компонентов для обогащения йогуртов использовали этанольные экстракты четырех различных сортов винограда и виноградный каллюс. В другом исследовании [16] было показано, что обогащение йогурта полифенольным экстрактом клубники в количестве 0,5 мг/мл в семь раз увеличивает антиоксидантную активность продукта по сравнению с контролем.

Джени и соавторы [17] обнаружили, что включение экстракта кожуры граната в состав йогурта повышает содержание фенольных соединений, таких как флавоноиды и антоцианы, что усиливает питательную ценность и антиоксидантные характеристики продукта. В исследовании [18] было установлено, что добавление полифенольного экстракта из кожуры зеленого банана оказывает значительное влияние на такие параметры йогурта, как pH, титруемая кислотность, вязкость, способность удерживать воду, синерезис и общее содержание сухих веществ. При этом различия в цвете между контрольными и обогащенными образцами не наблюдались. Альмехизиа и др.[19] показали, что использование полифенолов из кожуры имбиря в функциональном йогурте улучшает его способность удерживать влагу и снижает синерезис. Кроме того, текстура йогурта с добавлением экстракта была лучше спустя три недели хранения по сравнению с контрольным образцом. Исследователи считают, что полифенолы из кожуры имбиря можно успешно микрокапсулировать для повышения стабильности продукта при хранении в холодильнике. В работе [20] показано, что добавление экстрактов полифенолов бенгальской акации приводит к улучшению питательных и органолептических свойств функционального йогурта. Таким образом, экстракты полифенолов из растительного сырья являются ценным компонентом для обогащения йогурта.

Однако до сих пор не проводилось исследований по использованию экстракта полифено-

лов из скорлупы арахиса в кисломолочных продуктах. Целью данного исследования была разработка йогурта, обогащенного полифенолами из скорлупы арахиса, а также изучение влияния экстракта полифенолов из скорлупы арахиса на физико-химические и органолептические свойства йогурта.

Материалы и методы.

Сырьевые материалы.

Свежий арахис (*Arachis hypogaea* L.) и цельное коровье молоко были куплены на местном рынке города Астаны. Использовалась бактериальная закваска Yolactis Classic, производитель ТОО «European Food Company», Казахстан. Эксперименты проводились в лаборатории КАТИУ им. С.Сейфуллина.

Приготовление экстракта полифенолов из скорлупы арахиса.

Скорлупу арахиса очистили от загрязнений и трижды промыли водой, после чего высушили в вакуумной печи при температуре 55 °C в течение 36 часов до достижения постоянного веса. Высушенную скорлупу арахиса измельчили в порошок с помощью дробилки и просеяли через сито из нержавеющей стали с размером ячеек 0,095–0,995 мм. Перед использованием все образцы порошка хранились в эксикаторе в холодильнике при температуре 5 °C.

Для ультразвуковой экстракции в химический стакан на 400 мл добавили 20,0 г порошка из скорлупы арахиса и 200 мл 70% этилового спирта (рис.1,а) Образцы подвергли ультразвуковой обработке при мощности ультразвука 200 Вт и частоте в диапазоне 10 кГц в течении 30 минут (рис.1,б). Этанольный экстракт отфильтровали с помощью центрифугирования и выпарили до 1/4 от первоначального объема с помощью роторного испарителя при температуре 35 °C. (рис.1,в) Концентрированный раствор лиофилизирован с помощью сублимационной сушки для получения порошков. В данном исследовании все эксперименты по экстракции проводились и анализировались в трёхкратной повторности.



а **б** **в**

Рис.1 — Последовательность процесса экстракции полифенолов из скорлупы арахиса, где: а — суспензия измельчённой скорлупы арахиса в 70% этиловом спирте, б — ультразвуковая экстракция, в — роторный испаритель.

Приготовление функционального йогурта.

Йогурт был приготовлен из цельного молока, которое нагревали в течение 5-10 минут при температуре 95 °C, а затем охлаждали до 45 °C. Закваска была равномерно распределена в молоке

в количестве 2 % (по массе) и перемешана. Были взяты четыре образца молока, в которое была добавлена закваска (контрольный и три экспериментальных образца). Приготовление функционального йогурта проводилось с использованием 3 концентраций экстракта полифенолов скорлупы арахиса (ЭПС): C_1 - 0,25%; C_2 - 0,5% и C_3 - 0,75%. В контрольном образце йогурта (С) не было добавок. После этого образцы разлили по предварительно стерилизованным стаканчикам и инкубировали при температуре 42-45 °С в течение 4-8 часов. Характеристики йогурта изучали в течение 15 дней при температуре около 4 ± 1 °С.

Физико-химический анализ функционального йогурта. pH и титруемая кислотность.

Для определения pH образца йогурта, обогащенного полифенолами, использовался цифровой pH-метр (HI-2211, Hanna Instruments, Румыния). К образцу объемом 5 мл добавили 10 мл дистиллированной воды. Для калибровки pH-метра использовались три значения pH буферного раствора.

Для определения кислотности йогурта использовалось кислотно-щелочное титрование. Образец массой 10 г смешали с 10 мл горячей дистиллированной воды и оттитровали 0,1 н раствором гидроксида натрия с 0,5 % фенолфталеином в качестве индикатора.

Влагоудерживающая способность.

Влагоудерживающую способность измеряли с помощью метода, описанного в работе [21], при котором образец йогурта весом 20 г центрифугировали при 5000 об/мин в течение 10 минут при температуре 20 °С. Отделившуюся сыворотку сливали, а образец взвешивали в граммах. Влагоудерживающую способность рассчитывали по формуле (1):

$$\text{ВУС (\%)} = \frac{M - Mc}{M} \times 100\% \qquad (1)$$

где Mc – вес сыворотки после центрифугирования (г), M - вес йогурта (г)

Синерезис.

Образцы йогурта были отделены от сыворотки, затем для сведения к минимуму нарушения структуры сгустка постепенно было добавлено 25 мл застывшего йогурта в центрифужные пробирки объёмом 50 мл при температуре 5 °С. Затем их центрифугировали в течение 20 минут при 3394 об/мин в центрифуге(СМ-6МТ). В качестве показателя синерезиса сыворотки использовалась массовая доля надосадочной жидкости (мл/100 г йогурта), которую рассчитывали по следующей формуле (2):

$$\text{Синерезис (\%)} = \frac{Vc}{V} \times 100 \qquad (2)$$

где Vc - обьем надосадочной жидкости, V - начальный объем йогурта.

Органолептическая оценка функционального йогурта.

Органолептическую оценку исследуемых образцов проводили в сравнении с контролем. В качестве дескрипторов выбраны вкус, цвет, запах, внешний вид и консистенция изделий. Данные параметры оценивали по пятибалльной шкале.

Обсуждение и результаты. Синерезис и влагоудерживающая способность - два важных показателя качества йогурта. Пробы С, C_1, C_2 и C_3 показали изменения влагоудерживающей способности; значения варьировались от 67,25 до 62,31; от 69,18 до 62,77; от 72,23 до 66,12 и от 70,87 до 65,74 процентов (табл.1).

В контрольном образце йогурта в первый день существенно снижалась способность удерживать воду по сравнению с образцами C_1, C_2 и C_3. Было замечено, что ЭПС обеспечивает преимущества в плане сохранения и повышения способности удерживать воду. Изначально образец C_3 обладал более высокой способностью удерживать воду по сравнению с йогуртом из контрольной группы (рис.2) На способность йогурта удерживать воду может влиять множество факторов, таких как тип используемого молока, способ обработки, а также любые дополнительные добавки или стабилизаторы, используемые в процессе производства. Содержание воды в йогурте влияет на его кремообразную текстуру. Исследование выявило положительную кор-

реляцию между добавлением ЭПС и способностью удерживать воду, при этом на эту способность также влияет тип используемой бактериальной культуры.

Таблица 1. Физико-химические показатели образцов йогурта

Показатели	Образцы	Сроки хранения (сутки)			
		0	5	10	15
Водоудерживающая способность (%)	C	67,25	66,85	64,61	62,31
	C1	69,18	67,50	65,21	62,77
	C2	72,23	69,94	67,98	66,12
	C3	70,87	68,98	67,9	65,74
Синерезис (%)	C	15,78	17,37	19,14	21,25
	C1	14,24	15,32	16,78	17,65
	C2	13,89	14,34	15,27	16,55
	C3	12,97	13,23	14,47	15,21
pH	C	4,69	4,66	4,62	4,55
	C1	4,67	4,63	4,54	4,49
	C2	4,65	4,62	4,56	4,49
	C3	4,61	4,57	4,49	4,37
Титруемая кислотность	C	0,75	0,82	0,85	0,89
	C1	0,81	0,86	0,95	1,02
	C2	0,91	0,98	1,04	1,13
	C3	1,05	1,12	1,17	1,25

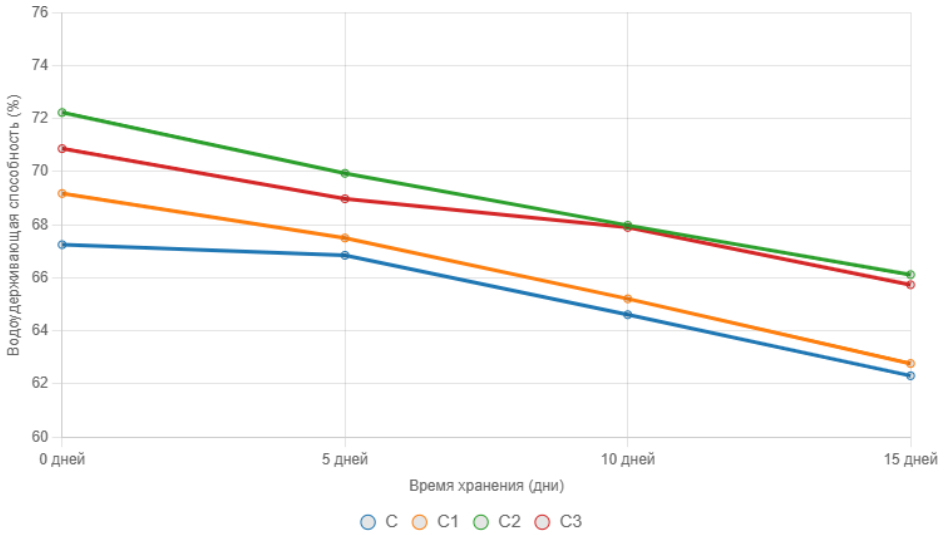


Рис.2 - Изменение влагоудерживающей способности в процессе хранения в контрольном (С) и обогащенных ЭПС образцах йогурта (C_1 - 0,25%; C_2 - 0,5% и C_3 -0,75%.)

Наряду с влагоудерживающей способностью, синерезис - нежелательное отделение сыворотки в йогуртах - считается показателем качества. Согласно полученным результатам синерезис увеличивается в процессе хранения и обратно пропорционален содержанию ЭПС. На начальный момент в контрольном образце (C_0) наблюдался более высокий синерезис (15,78) по сравнению с йогуртами, обогащёнными ЭПС. Образцы C_1, C_2 и C_3 (14,24, 13,21 и 12,57 соответственно) продемонстрировали наименьшее количество синерезиса (рис.3)

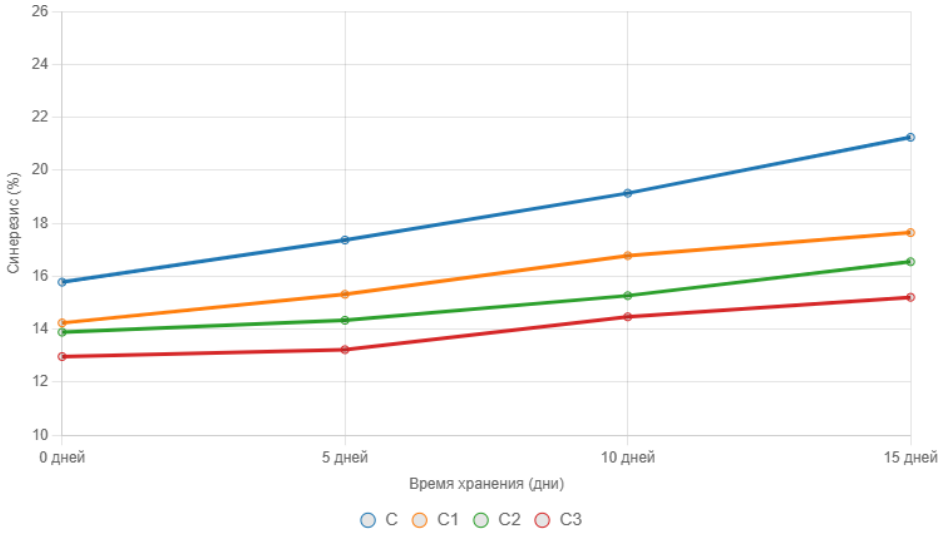


Рис.3 - Изменение синерезиса в процессе хранения в контрольном (С) и обогащенных ЭПС образцах йогурта (C_1 - 0,25%; C_2 - 0,5% и C_3 -0,75%.)

В таблице 1 представлены результаты влияния различных дозировок ЭПС на титруемую кислотность йогурта в течение 15-дневного периода хранения. Показано, что с увеличением концентрации ЭПС в процессе хранения наблюдалось значительное повышение титруемой кислотности. Изменения титруемой кислотности йогурта, обогащённого полифенолами, необходимо учитывать для контроля качества продукта в процессе хранения (рис.4)

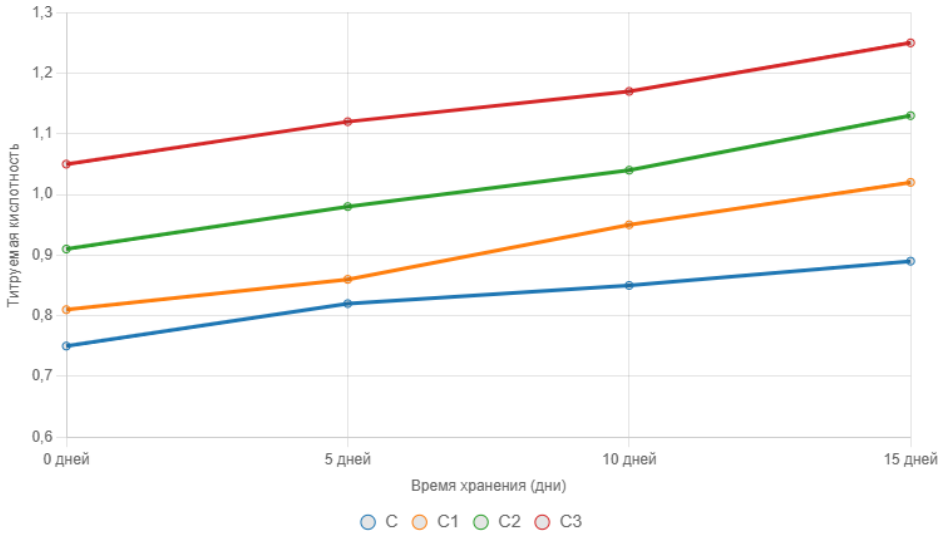


Рис.4 - Изменение титруемой кислотности в процессе хранения в контрольном (С) и обогащенных ЭПС образцах йогурта (C_1 - 0,25%; C_2 - 0,5% и C_3 -0,75%.)

Изменения pH в йогуртах, обогащённых полифенольным экстрактом, проходили с интервалом в 5 дней в течение 15 дней (табл.1). На протяжении всего периода хранения значения pH йогурта неуклонно снижались, при этом не наблюдалось существенных различий между обработанными и контрольным образцами. В начале хранения значения pH образцов C_1, C_2 и C_3 составили 4,67; 4,65 и 4,61 соответственно. Контрольный йогурт, напротив, имел более высокий pH — 4,69. В течение 15-дневного периода хранения в образце C_3 наблюдалось самое значительное снижение pH (5,17 %), в то время как в контрольном образце (C_0) снижение было наименьшим (2,63 %). Также в течение 15-дневного периода хранения снизился pH всех образцов (рис.5).

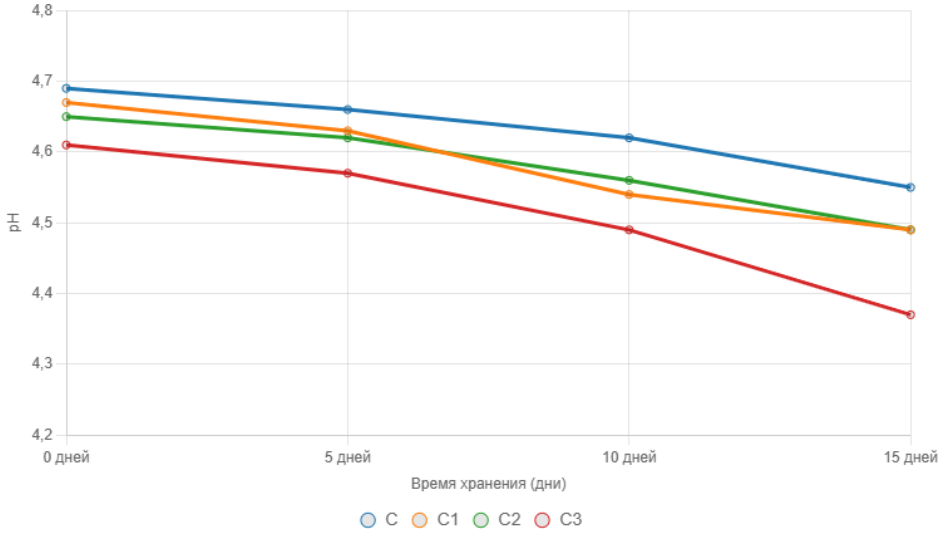


Рис.5 - Изменение pH в процессе хранения в контрольном (С) и обогащенных ЭПС образцах йогурта (C_1 - 0,25%; C_2 - 0,5% и C_3 -0,75%.)

Поскольку ЭПС является кислотой, pH йогурта снижался по мере увеличения уровня ЭПС. Непрерывное превращение лактозы в молочную кислоту бактериями, которые вырабатывают молочную кислоту во время хранения, обусловлено микробной активностью [17]. Этот процесс приводит к постепенному снижению pH по мере того, как бактерии в йогурте испытывают метаболические изменения. На этот естественный процесс могут влиять температура, кислотность молока и условия хранения.

Цвет, вкус, текстура и общая приемлемость функционального йогурта оценивались путем сравнения образцов, обогащенных экстрактом полифенолов скорлупы арахиса (ЭПС), с контрольными образцами. Образцы были идентифицированы по характерному белому цвету с кремовым оттенком, однородной кремообразной текстуре и безошибочно узнаваемому вкусу и аромату коровьего молока. Между образцами, обработанными ЭПС, и контролем были выявлены заметные различия. По цвету C_3 получил наивысшую оценку, а по вкусу, текстуре и общей приемлемости — C_2. По цвету, текстуре и общей приемлемости все обогащенные йогурты были идентичны контрольному образцу. Эти результаты подчёркивают положительное влияние ЭПС на органолептические свойства, указывая на то, что количество ЭПС в образце йогурта C_2 (0,5%) является наиболее эффективным для улучшения органолептических свойств функционального йогурта.

Выводы. Применение экстракта полифенолов скорлупы арахиса для обогащения функционального йогурта привело к улучшению его физико-химических и органолептических харак-

теристик. На протяжении всего срока хранения все обогащённые йогурты показали лучшие результаты по сравнению с контрольным образцом по таким показателям, как pH, титруемая кислотность, снижение синерезиса, увеличение влагоудерживающей способности.

Результаты органолептической оценки показали, что добавление ЭПС в количестве 0,5% в йогурт улучшило его текстуру и вкусовые качества. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об эффективности использования экстракта полифенолов скорлупы арахиса для разработки функционального йогурта.

Финансирование. *Данное исследование было профинансировано Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан, грант № BR22883587 "Совершенствование и разработка технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья для укрепления продовольственной безопасности Республики Казахстан".*

Литература

1. Abbaszadeh H., Keikhaei B., Mottaghi S. A review of molecular mechanisms involved in anticancer and antiangiogenic effects of natural polyphenolic compounds// Phyther Research. -2019 Vol.33 (8).- P.2002-2014. DOI 10.1002/ptr.6403.

2. Cory H., Passarelli S., Szeto J., Tamez M., Mattei J.. The role of polyphenols in human health and food systems: a mini-review// Frontiers in Nutrition. - 2018 - Vol.5. - Article 87. DOI 10.3389/fnut.2018.00087.

3. Yahfoufi N., Alsadi N., Jambi M., Matar C. The immunomodulatory and anti-inflammatory role of polyphenols// Nutrients. - 2018 - Vol. 10(11). - P.1-23. DOI 10.3390/nu10111618.

4. Shahidi F. Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods// Trends Food Science & Technology. - 2009 - Vol.20. - P.376-387. DOI 10.1016/j.tifs.2008.08.004.

5. Amin, T., Bashir, O., Bhat, S.A., & Malik, M.A. (Eds.). (2022). Integrated Waste Management Approaches for Food and Agricultural Byproducts (1st ed.)//Apple Academic Press. - New York.-2023.-258 p.ISSN 9781003282327. DOI 10.1201/9781003282327

6. De Oliveira W.P., Biasoto A.C.T., Marques V.F., Dos Santos I.M., Magalhaes K., Correa L.C., Negro-Dellacqua M., Miranda M.S., de Camargo A.C., Shahidi F. Phenolics from winemaking by-products better decrease VLDL-cholesterol and triacylglycerol levels than those of red wine in Wistar rats.// Journal of Food Science. - 2017- Vol.82. -P.2432-2437. DOI 10.1111/1750-3841.13841.

7. Volstatova T., Marsik P., Rada V., Geigerova M., Havlik J. Effect of apple extracts and selective polyphenols on the adhesion of potential probiotic strains of Lactobacillus gasseri R and Lactobacillus casei FMP.// Journal of Functional Foods. - 2017- Vol.35. -P.391-397. DOI 10.1016/j.jff.2017.06.005.

8. Sorita G.D.; Leimann F.V.; Ferreira S.R.S. Biorefinery approach: Is it an upgrade opportunity for peanut by-products?// Trends in Food Science& Technology.- 2020**.** -Vol.105 (4). - P.56–69 DOI10.1016/j.tifs.2020.08.011.

9. Perea-Moreno M.A., Manzano-Agugliaro F., Hernandez-Escobedo Q., Perea-Moreno A.J. Peanut shell for energy: Properties and its potential to respect the environment.// Sustainability. – 2018- Vol.10(9). - P.3254. DOI 10.3390/su10093254.

10. Isanga J., Zhang G.N. Biologically active components and nutraceuticals in peanuts and related products: Review // Food Reviews International. - 2007. - Vol.23(2). - P.123-140. DOI: 10.1080/87559120701224956.

11. Adhikari B., Dhungana S.K., Ali MW, Adhikari A, Kim I-D and Shin D-H. Antioxidant activities, polyphenol, flavonoid, and amino acid contents in peanut shell.// Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. - 2019 - Vol.18(4). -P.437-442. DOI 10.1016/j.jssas.2018.02.004

12. Duh P.D., Yeh D.B. and Yen G.C. Extraction and Identification of an Antioxidative Component from Peanut Hulls.// Journal of the American Oil Chemists' Society. -1992- Vol.69(12). - P. 814–818. DOI 10.1007/BF02635922.

13. Yen G.C., and Duh P.D. Antioxidant activity of methanolic extracts of peanut hulls from various cultivars.// Journal of the American Oil Chemists' Society.-1995 – Vol.72. - P.1065–1067. DOI 10.1007/BF02660723.

14. Rahman M.N., Islam M.N., Mia M.M., Hossen S., Dewan M.F., Mahomud M.S. Fortification of set yoghurts with lemon peel powders: An approach to improve physicochemical, microbiological, textural and sensory properties.//Applied Food Research .- 2024.- Vol.4 (1):100386. DOI 10.1016/j.afres.2023.100386

15. Karaaslan M., Ozden M., Vardin H. et al. Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts.// LWT-Food Science Technology. - 2011- Vol.44 (4). - P.1065-1072. DOI 10.1016/j.lwt.2010.12.009.

16. Singh R., Kumar R., Venkateshappa R. et al. Studies on physicochemical and antioxidant properties of strawberry polyphenol extract-fortified stirred Dahi// International Journal of Dairy Technology. - 2013 - Vol.66(1). - P.103-108. DOI 10.1111/j.1471-0307.2012.00874.x.

17. Jany J.F., Nupur A.H., Akash S.I., Karmoker P., Mazumder M.A.R., Alim M.A. Fortification of functional yogurt by the phytochemicals extracted from pomegranate peel.// Applied Food Research. - 2024.- Vol.4(2):100479. DOI 10.1016/j.afres.2024.100479.

18. Mahomud M.S., Islam M.N., Hossen D., Wazed M.A., Yasmin S., Sarker M.S.H. Innovative probiotic yogurt: Leveraging green banana peel for enhanced quality, functionality, and sensory attributes.// Heliyon. - 2024- Vol.10 (19):38781. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e38781.

19. Almehizia A.A., Al-Omar M.A., Naglah A.M., Zen A.A., Rouf M.A., Nupur A.H., et al. Incorporation of ginger peel polyphenol into yogurt inproves its stability: Physicochemical and microbiological characterization.// Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia. - 2025. - Vol.39 (2). - P.201-213. DOI 10.4314/bcse.v39i2.2.

20. Pramanika T., Mazumdera M. A. R., Janya J. F., Akasha S. I., Rahmana A., Bhuiyanb M. K. H. Functional yogurt: An approach to fortify yogurt by polyphenols extracted from Bengal currant //Applied Food Research. - 2025. - Vol.5 (1):100715. DOI 10.1016/j.afres.2025.100715.

21. Zhou W., Cao X., Islam M.N., Zheng H., Li J., Liu F., Dai Y. Comparison of hydrability, antioxidants, microstructure, and sensory quality of barley grass powder using ultra-micro-crushing combined with hot air and freeze drying.// Food Science and Nutrition. – 2021. - Vol.9 (4). - P.1870-1880. DOI 10.1002/fsn3.2138.

Сведения об авторах

Тултабаева Т.Ч. - профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: tultabayeva.tamara567@gmail.com;

Жуманова У.Т. - ответственный за научные проекты, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: umyt.zhumanova@mail.ru;

Тултабаев Б.Ч. - главный инженер по научным проектам, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: baha-baha63@mail.ru;

Шоман А.Е. - директор Научно-инновационного центра Agro Tech, Astana IT University, Астана, Казахстан, e-mail: a.shoman@astanait.edu.kz;

Сагандык А. – докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: assema.bukeyeva@gmail.com;

Мулдашева А. – докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: aknurmuldasheva@gmail.com;

Айкен Д. - магистр технических наук, младший научный сотрудник,Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: Didi_dom@mail.ru;

Батталова Н. - Магистр технических наук, младший научный сотрудник, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: sasha_battalova@mail.ru .

Тултабаев М. - профессор- исследователь, Казахского университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: yrath2510@gmail.com.

Information about the authors

Tultabaeva T.Ch. - Professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: tultabayeva.tamara567@gmail.com;

Zhumanova U.T. - Head of Scientific Projects, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: umyt.zhumanova@mail.ru;

Tultabaev B.Ch. - Chief Engineer for Scientific Projects, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: baha-baha63@mail.ru;

Shoman A.E. - Director of the Agro Tech Scientific and Innovation Center, Astana IT University, Astana, Kazakhstan, e-mail: a.shoman@astanait.edu.kz;

Sagandyk A. -Doctoral Student, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: assema.bukeyeva@gmail.com;

Muldasheva A. - PhD student, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: aknurmuldasheva@gmail.com;

Aiken D. - master of Technical Sciences, Junior Researcher, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: Didi_dom@mail.ru;

Battalova N. - master of Technical Sciences, Junior Researcher, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: sasha_battalova@mail.ru.

M. Tultabaev - Research Professor, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: yrath2510@gmail.com.