

DETERMINATION OF WATER-SOLUBLE VITAMINS IN SOY MILK-BASED ICE CREAM BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

Kadirova Nafisakhon Bannobovna

Fergana State Technical University, Fergana, Republic of Uzbekistan

kadirovanafisa1978@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-8151-5574>

Abdurakhimov Akhror Anvarovich

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Salikhanova Dilnoza Sayidakbarovna

Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the
Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract

The paper presents the results of the determination of water-soluble vitamins in soy milk-based ice cream by high-performance liquid chromatography (HPLC) with a photodiode array detector. The components were identified based on the retention times of standard solutions, while quantitative determination was performed using calibration dependencies. Vitamins B₁, B₃ (nicotinic acid), B₉, B₂, and C were detected in the analyzed sample. Vitamins PP (nicotinamide), B₆, and B₁₂ were not detected under the analytical conditions used. The highest content was found for vitamin C, amounting to 8.410 mg/100 g. The obtained results confirm the applicability of HPLC for the comprehensive assessment of the vitamin composition of new types of frozen desserts based on soy milk.

Keywords

soy milk, ice cream, water-soluble vitamins, HPLC, photodiode array detector, vitamin C, B vitamins.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВИТАМИНОВ В
378

МОРОЖЕНОМ НА ОСНОВЕ СОЕВОГО МОЛОКА МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Кадилова Нафисахон Баннобевна - Ферганский государственный технический
университет, Фергана, Республика Узбекистан

Абдурахимов Ахрор Анварович - Ташкентский химико-технологический
институт, Ташкент, Республика Узбекистан

Салиханова Дилноза Сайидакбаровна - Институт общей и неорганической
химии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан

***Аннотация.** В работе представлены результаты определения водорастворимых витаминов в мороженом на основе соевого молока методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с фотодиодно-матричным детектором. Идентификацию компонентов проводили по времени удерживания стандартных растворов, а количественное определение по калибровочным зависимостям. В исследуемом образце обнаружены витамины В₁, В₃ (никотиновая кислота), В₉, В₂ и С. Витамины РР (никотинамид), В₆ и В₁₂ при использованных условиях анализа не обнаружены. Наибольшее содержание установлено для витамина С 8,410 мг/100 г. Полученные результаты подтверждают возможность применения ВЭЖХ для комплексной оценки витаминного состава новых видов замороженных десертов на основе соевого молока.*

Ключевые слова: мороженое, водорастворимые витамины, ВЭЖХ, HPLC, соевое молоко, фотодиодно-матричный детектор, витамин С, витамины группы В.

Введение

Разработка пищевых продуктов на основе растительного сырья является одним из актуальных направлений современной пищевой технологии. Соевое молоко представляет интерес как источник белка, липидов, минеральных веществ и ряда биологически активных соединений. Его применение в технологии

мороженого позволяет расширить ассортимент комбинированных и растительных десертов и создать продукты с новым составом и функционально ориентированными свойствами.

Витаминный состав является важным показателем пищевой и биологической ценности продукта. Для точного определения водорастворимых витаминов широко применяется высокоэффективная жидкостная хроматография, позволяющая разделять, идентифицировать и количественно определять компоненты сложных пищевых матриц.

Цель исследования определить содержание водорастворимых витаминов в мороженом на основе соевого молока методом ВЭЖХ и оценить их количественное содержание в 100 г готового продукта.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служило мороженое на основе соевого молока. Анализ проводили с использованием жидкостного хроматографа LC-40 Nexera Lite (Shimadzu, Япония), оснащённого насосом LC-40D, автосамплером SIL-40 и фотодиодно-матричным детектором SPD-M40 (PDA), с обработкой данных в программном обеспечении LabSolutions ver. 6.92.

В качестве стандартов использовали аскорбиновую кислоту (витамин С), тиамин (B_1), пиридоксин (B_6), никотиновую кислоту (B_3), цианокобаламин (B_{12}), никотинамид (витамин РР), рибофлавин (B_2) и фолиевую кислоту (B_9). Следует различать никотиновую кислоту (B_3) и никотинамид (РР): обе формы относятся к витамину B_3 , однако в данном анализе они учитывались как отдельные аналитические соединения.

Для приготовления исходных стандартных растворов витаминов С, B_1 , B_6 , B_3 , B_{12} и РР навеску 5 мг соответствующего стандарта растворяли в 50 мл 0,1 н. раствора HCl, получая концентрацию 100 мг/л. Стандартные растворы B_2 и B_9

готовили растворением 5 мг вещества в 50 мл 0,025%-ного раствора NaOH. Для построения калибровочных зависимостей использовали серию рабочих растворов соответствующих концентраций.

Для экстракции водорастворимых витаминов 10 г исследуемого образца помещали в коническую колбу вместимостью 50 мл и добавляли 25 мл 0,1 н. раствора HCl. Экстракцию проводили в ультразвуковой ванне GT SONIC-D3 при 60 °С в течение 20 мин. После охлаждения смесь фильтровали, объём доводили водой до 25 мл. Затем 1,5 мл экстракта фильтровали через шприцевой фильтр с размером пор 0,22 мкм и переносили во флакон для хроматографического анализа.

Разделение проводили на обращённо-фазовой колонке Shim-pack GIST C18 (150 × 4,6 мм; 5 мкм). В качестве подвижной фазы использовали ацетонитрил (А) и водный раствор уксусной кислоты (В). Объём инъекции составлял 10 мкл, скорость потока 0,6 мл/мин, температура термостата колонки 40 °С. Аналитические сигналы регистрировали при 265, 291 и 550 нм. Витамин С определяли при 265 нм по отдельной 15-минутной градиентной программе.

Таблица 1. Градиентная программа подвижной фазы для определения витаминов группы В

№	Время, мин	Ацетонитрил (А), %	Водный раствор уксусной кислоты (В), %
1	0	0	100
2	3	0	100
3	14	20	80
4	17	50	50
5	18	0	100
6	25	Завершение	—

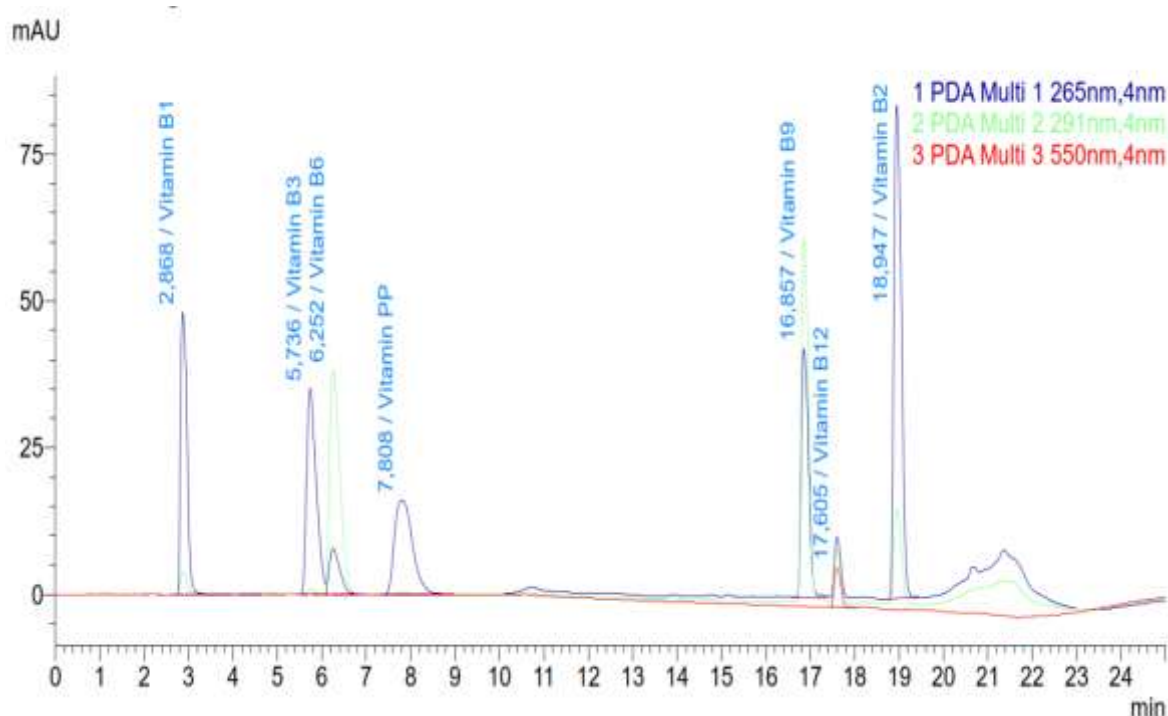


Рисунок 1. Хроматограмма стандартной смеси витаминов.

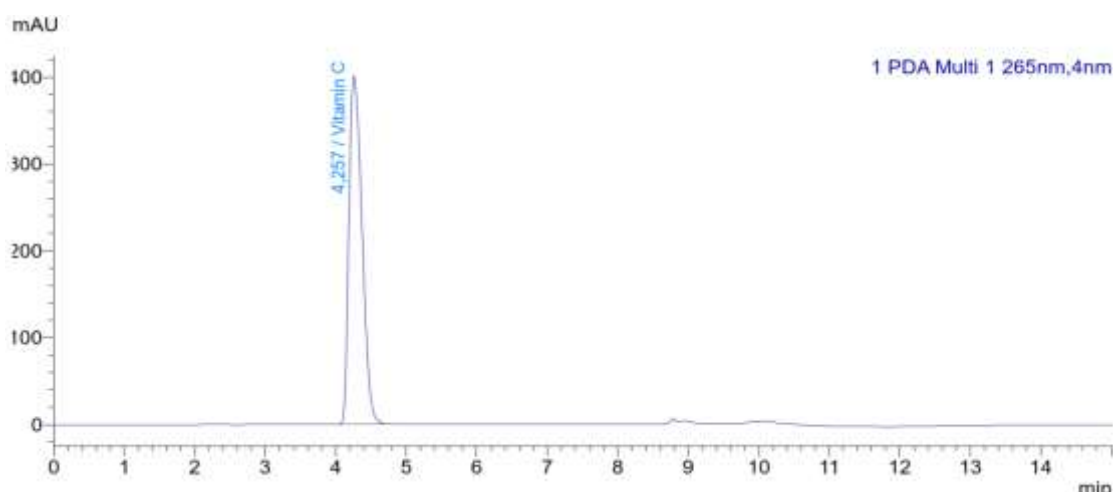


Рисунок 2. Хроматограмма стандартного раствора витамина С.

Результаты и их обсуждение

Сопоставление хроматограмм показывает, что изображения стандартных растворов и исследуемого образца не перепутаны. На хроматограмме стандартной смеси присутствуют пики всех введенных стандартов с характерными временами удерживания: B1 - около 2,868 мин, B3 - 5,736 мин, B6 - 6,252 мин, PP - 7,808 мин,

B9 - 16,857 мин, B12 - 17,605 мин и B2 - 18,947 мин. В хроматограмме исследуемого экстракта зарегистрированы только компоненты, фактически обнаруженные в образце: B1, B3, B9 и B2. Для витамина С стандартный пик наблюдался при 4,257 мин, а в образце - при 4,288 мин, что подтверждает корректность идентификации с учётом допустимого небольшого смещения времени удерживания в реальной пищевой матрице.

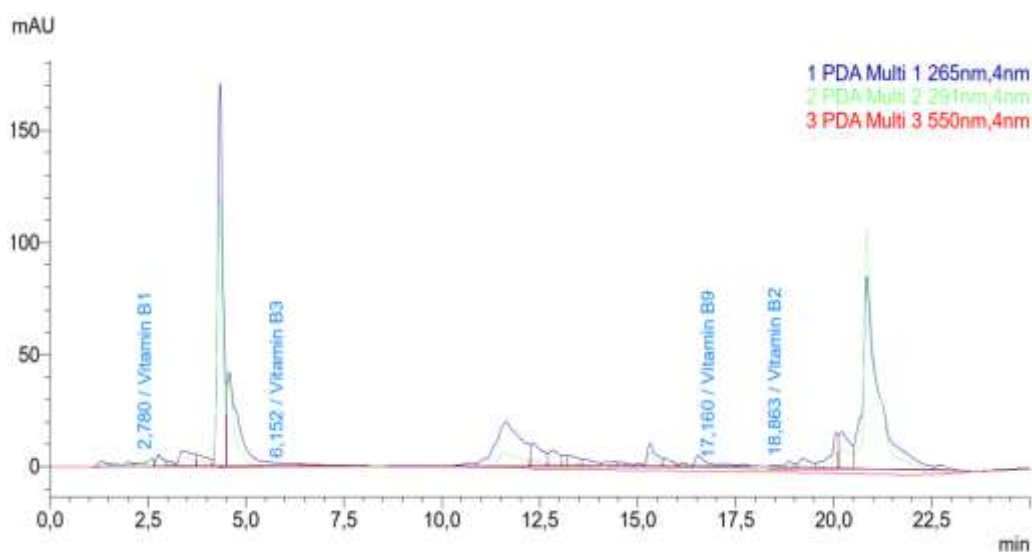


Рисунок 3. Хроматограмма экстракта мороженого на основе соевого молока при определении витаминов группы В.

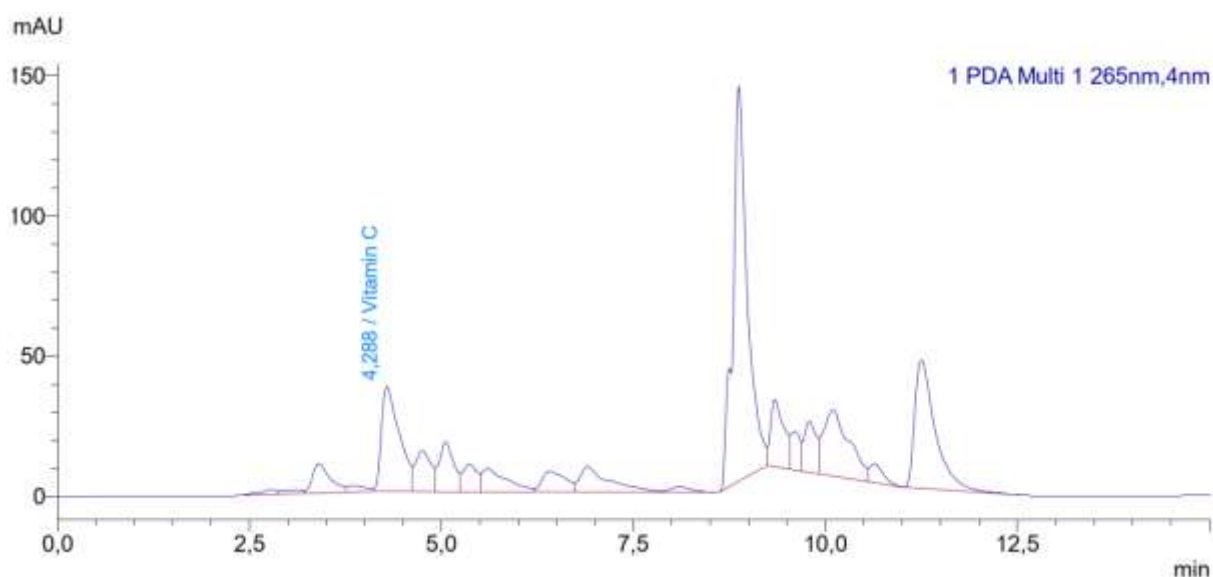


Рисунок 4. Хроматограмма экстракта мороженого на основе соевого молока при определении витамина С.

Количественные результаты были рассчитаны исходя из концентрации витамина в экстракте и принятой схемы пробоподготовки: 10 г образца экстрагировали до конечного объёма 25 мл. Поэтому содержание витамина в 100 г продукта рассчитывали умножением концентрации в экстракте (мг/л) на коэффициент 0,25. Арифметическая проверка исходных данных подтверждает корректность приведённых значений.

Таблица 2.

Содержание водорастворимых витаминов в мороженом на основе соевого молока

№	Витамин	Время удерживания, мин	Концентрация в экстракте, мг/л	Содержание в 100 г продукта, мг/100 г
1	В ₁ (тиамин)	2,780	2,105	0,526
2	В ₅ (никотиновая кислота)	6,152	0,035	0,009
3	РР (никотинамид)	Не обнаружен	0	0,000
4	В ₉ (фолиевая кислота)	17,160	0,242	0,061
5	В ₂ (рибофлавин)	18,863	0,811	0,203
6	В ₆ (пиридоксин)	Не обнаружен	0	0,000
7	В ₁₂ (цианокобаламин)	Не обнаружен	0	0,000
8	С (аскорбиновая кислота)	4,288	33,639	8,410

Наиболее высокое содержание среди определённых соединений установлено для витамина С 8,410 мг/100 г. Содержание витамина В₁ составило 0,526 мг/100 г,

B_2 - 0,203 мг/100 г, B_9 - 0,061 мг/100 г, B_3 в форме никотиновой кислоты - 0,009 мг/100 г. Витамины РР (никотинамид), B_6 и B_{12} в исследуемом образце при использованных условиях анализа не были обнаружены.

Полученные результаты показывают, что разработанное мороженое на основе соевого молока содержит комплекс водорастворимых витаминов, при этом доминирующим по количественному содержанию является витамин С. Однако интерпретация биологической ценности должна учитывать рецептуру продукта, термическую обработку, возможные потери при хранении и предел обнаружения применённой методики.

Заключение

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с PDA-детектированием определён витаминный состав мороженого на основе соевого молока. В продукте выявлены витамины B_1 , B_3 (никотиновая кислота), B_9 , B_2 и С. Наибольшее содержание установлено для витамина С - 8,410 мг/100 г. Результаты подтверждают целесообразность применения ВЭЖХ для контроля витаминного состава и научного обоснования пищевой ценности новых видов замороженных десертов на основе растительного сырья.

Список литературы:

1. ГОСТ 32042. Премиксы. Методы определения витаминов группы В.
2. ГОСТ EN 12822. Продукты пищевые. Определение витамина Е методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
3. ГОСТ EN 14148. Продукты пищевые. Определение витамина К1 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
4. Shimadzu Corporation. LC-40 Nexera Series. Technical documentation for high-performance liquid chromatography systems.

5. Kadirova N. B. Analysis of the Constituents of Soybean Oil // Scientific and Technical Journal of Fergana Polytechnic Institute. 2024. Vol. 28. Special Issue No. 29. P. 209–212. (in Uzbek).

6. Kadirova N. B., Sagdullaeva D. S., Turaev A. S., Abdurakhimov A. A., Salikhanova D. S. Improvement of the Hydration Process of Soybean Oil Obtained from Local Soybean Varieties // Scientific and Technical Journal of Fergana Polytechnic Institute. 2024. Vol. 28. Special Issue No. 29. P. 218–221. (in Uzbek).

7. Kadirova N. B., Khoshimova S. A. Technology for the Production of Fermented Soy-Based Dairy Products // Scientific and Technical Journal of Fergana Polytechnic Institute. 2024. Vol. 28. Special Issue No. 1. P. 218–221. (in Uzbek).

8. Kadirova N. B. Determination of the Composition and Physicochemical Properties of Local Soybeans // Scientific and Technical Journal of Fergana State Technical University. 2025. Vol. 29. Special Issue No. 6. P. 215–218. (in Uzbek).

9. Kadirova N. B., Abdurakhimov A. A., Nazirova R. M., Salikhanova D. S., Sagdulayeva D. S. Characteristics of Ice Cream as a Frozen Food Product // Scientific and Technical Journal of Fergana State Technical University. 2025. Vol. 29. Special Issue No. 6. P. 218–221. (in Uzbek).

10. Kadirova N. B., Abdurakhimov A. A., Salikhanova D. S. Comparison of Soy Milk Yogurt with Cow's Milk Yogurt Based on Physicochemical and Colloidal Parameters // Journal of Food Science. 2026. Vol. 4. P. 12–17. DOI: 10.5281/zenodo.21713432. (in Uzbek).