

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 543.544.5.068.7

DOI 10.26456/vtchem2025.3.11

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИРО И ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВИТАМИНОВ МЕТОДОМ ВЭЖХ В КОМПОЗИТНЫХ СМЕСЯХ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

А.И. Васильева¹, М.А. Феофанова¹, Е.Г. Кекина²

¹ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

² Российская медицинская академия непрерывного профессионального
образования Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Москва

В данной работе проведены исследования композитных смесей (белковых концентратов) на содержание жир- и водорастворимых витаминов методом ВЭЖХ. Модифицирована методика пробоподготовки метода ВЭЖХ с учетом реологических особенностей композитных смесей, а также расширен нижний диапазон методик измерения. Проведена сравнительная оценка полученных результатов в 4 видах композитных смесей. По итогам работы арахисовая и тыквенная смеси могут рекомендоваться, как источники витаминов для создания функциональных продуктов питания населения Арктической зоны.

Ключевые слова: витамины, композитные смеси, специальное питание населения Арктической зоны, высокоэффективная жидкостная хроматография.

Введение

На сегодняшний день политика государства направлена на стратегическое планирование и развитие Арктической зоны до 2035 года. Задача достаточно непростая из-за сложных климатических условий региона. Развитие адаптации у рабочих Арктической зоны зависит не только от специфики труда, но и силы действия климатических факторов, а также от индивидуальной резистентности организма.

Специальное питание для северных регионов – это не просто диета, а комплексный подход к обеспечению здоровья и поддержанию работоспособности людей, проживающих в суровых климатических условиях. Жители арктического региона чаще, чем жители южных широт и центральной России, сталкиваются с недостатком витаминов.

По статистике, рацион людей, проживающих в северных регионах, не сбалансирован, в нем много рафинированных продуктов, продуктов глубокой переработки. Кроме того, остается открытым вопрос

по схеме доставки продовольствия и развитию транспортной инфраструктуры этих регионов [1].

Изучение обмена веществ у жителей Крайнего Севера показало, что имеются сдвиги в обмене всех макронутриентов: белков, жиров, углеводов. Кроме того, может снижаться усвоение витаминов и минеральных веществ. Поэтому нормы содержания пищевых веществ в рационе и их калорийность для северян должны быть повышены по сравнению с нормами для районов с умеренным климатом [2].

Существует необходимость внедрения в рацион питания функциональных продуктов с использованием композитных смесей для поддержания баланса витаминов в организме.

На сегодняшний день имеется ряд методик определения жирорастворимых витаминов в продуктах питания. Где используются методы флуориметрии, титриметрии, а также методики определения высокоэффективной жидкостной хроматографии. В последнем из методов нижний диапазон определения таких методик достаточно большой и сложно судить о концентрации жирорастворимых витаминов начиная от 12 мг/кг и от 0,5 до 1,5 мг/кг для водорастворимых витаминов соответственно. Зачастую используя высокочувствительные методы анализа, можно определить концентрацию ниже заявленной в аттестованных методиках. Для определения специфических композитных смесей необходима также модификация пробоподготовки для метода ВЭЖХ.

В данной работе были исследованы 4 образца композитных смесей (белковых концентратов) на содержание жирорастворимых витаминов методом ВЭЖХ. Исследования проводились на жидкостном хроматографе LicArt 62 с автоматическим дозатором, термостатом колонок и спектрофотометрическим детектором UV-62, работающим в диапазоне длин волн 190 – 900 нм. В качестве стандартов применялись ГСО для жирорастворимых витаминов: ретинола ацетат, холикальциферол, альфа токоферол. Для водорастворимых витаминов: аскорбиновая кислота, пиридоксин гидрохлорид, рибофлавин. Обсчет результатов был произведен с помощью статистической программы Excel.

Экспериментальная часть. Анализ водо- и жирорастворимых витаминов имеет принципиальные различия. Используются разные способы пробоподготовки методики и хроматографического анализа. Так как пробы являются тонкодисперсными порошками, в данном случае потребовалась дополнительная очистка образцов.

Для исследования водорастворимых витаминов брали 1 г пробы помещали в коническую колбу объемом 100 мл, добавляли 15 мл 0,01

молярной соляной кислоты. Полученную смесь перемешивали с помощью магнитной мешалки в течение 10 минут, осадку давали отстояться. Надосадочную жидкость фильтровали с применением вакуума в колбе Бунзена с воронкой Бюхнера. Очистку экстракта проводили на картридже Discovery DSC-18 SPE. Через картридж последовательно проливали 5 мл метанола, 5 мл воды, затем наносили 3 мл пробы, промывали 1,5 мл воды, затем элюировали 2 мл метанола. Собранный метанольный экстракт упаривали, а сухой остаток растворяли в 1 мл подвижной фазы.

Для исследования жирорастворимых витаминов: брали 5 г пробы помещали в коническую колбу на 250 мл, добавляли 100 мг гидрохинона и 25 мл 10% водно-спиртового раствора гидроксида калия, затем смесь омыляли на водяной бане при температуре 70-75°C в течение 30 минут. Остужали до комнатной температуры, добавляли 20 мл дистиллированной воды и 50 мл гексана. Экстракт переносили в делительную воронку, встряхивали и отстаивали. После разделения слоёв водно-спиртовой слой сливали обратно в коническую колбу, а гексановый слой оставляли в воронке. Повторяли экстракцию гексаном ещё 2 раза. Объединенные гексановые вытяжки промывали порциями 25-30 мл воды до нейтральной реакции по лакмусу. Сушили над безводным сульфатом натрия и переносили в колбу ротационного испарителя. Пробу упаривали, затем растворяли в 5 мл изопропилового спирта.

Аналитический сигнал витаминов регистрировали спомощью спектрофотометрического детектора с длиной волны 280 нм и хроматографической колонки C18 25 x 2,5.

Для количественной оценки витаминов в протеиновых пробах использовали метод градуировочного графика.

Обсуждение результатов

Таким образом, по модифицированным методикам были получены результаты анализа в белковых протеинах. Нижний диапазон для водорастворимых витаминов был снижен в 10 раз. Так соотношение выходной шум/сигнал, его СКО было умножено на 9, т.е. чувствительность методики заметно увеличилась до 1 мг/кг, а относительная неопределенность измерений не превышала при этом 15%. При этом сходимость результатов составила 15,2%, а воспроизводимость 21%.

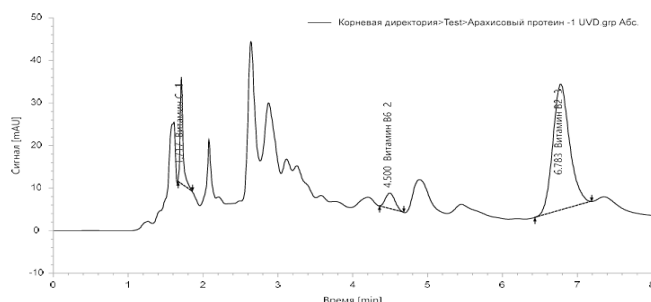


Рис. 1. Содержание водорастворимых витаминов в арахисовом протеине.

Таблица 1.

Содержание водорастворимых витаминов в протеинах

Наименование витамина	Содержание жирорастворимых витаминов в протеинах, мг/кг			
	Арахисовый	Конопляный	Льняной	Тыквенный
Аскорбиновая кислота (витамин С)	21,1±1,7	112,8±9,0	32,2±2,6	127,6±10,2
Пиридоксин гидрохлорид	10,7±1,6	28,1±2,2	4,9±0,7	33,7±2,7
Рибофлавин	9,3±1,4	Менее 1	3,4±0,5	17,7±1,4

По результатам исследований композитных смесей наибольшую концентрацию по водорастворимым витаминам имел тыквенный протеин. Содержание аскорбиновой кислоты составило 127,6±10,2 мг/кг, пиридоксин гидрохлорид 33,7±2,7, рибофлавин 17,7±1,4 мг/кг соответственно. На втором месте по содержанию водорастворимых витаминов был конопляный протеин. Так тыкву богатую витаминами используют в Китае в качестве функциональных продуктов питания, которые играют важную роль в укреплении иммунитета населения предотвращении распространении смертельных вирусных заболеваний, в частности при Covid-19[3]. По результатам исследования четырех протеинов по количеству водорастворимых витаминов их можно

расположить в порядке убывания тыквенный-конопляный-арахисовый-льняной.

Таблица 2.

Содержание жирорастворимых витаминов в протеинах

Наименование витамина	Содержание жирорастворимых витаминов в протеинах, мг/кг			
	Арахисовый	Конопляный	Льняной	Тыквенный
Ретинол	39,4±9,5	менее 0,1	36,1±8,7	33,5±8,0
Холикальциферол	1,1±0,3	0,21±0,05	1,08±0,26	0,76±0,18
Токоферол	3,4±0,8	0,32±0,08	3,93±0,94	5,06±1,21

Нижний диапазон для жирорастворимых витаминов был также снижен в 10 раз. И соотношение выходной шум/сигнал, его СКО было умножено на 9, т.е чувствительность методики также заметно увеличилась. Относительная погрешность увеличилась до 25% расчетный показатель сходимости 25,2% воспроизводимости 35,3%, что допустимо для высокоэффективной хроматографии.

Полученные результаты анализа для композитной смеси арахиса (протеин): витамин А с концентрацией 39,4±9,5 мг/кг; витамин Д3 с концентрацией 1,1±0,3 мг/кг; витамин Е с концентрацией 3,4±0,8 мг/кг, что так же хорошо соотносится с результатами зарубежных авторов [4].

По количеству жирорастворимых витаминов композитные смеси аналогично можно расположить в порядке убывания арахисовый-тыквенный-льняной-конопляный. Интересно отметить, что получение жирорастворимых витаминов из льняного протеина может в будущем являться весьма перспективным.

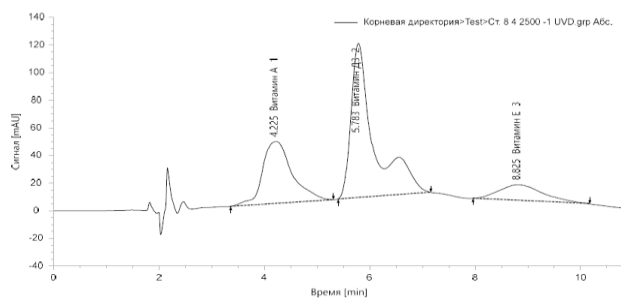


Рис. 2. Содержание жирорастворимых витамины в тыквенном протеине

Заключение

По результатам работы были установлены нижние диапазоны методик для жиро- и водорастворимых витаминов. С помощью сниженных диапазонов методик были получены значимые результаты исследования для витаминов в растительных протеинах. Так наиболее богатыми по содержанию витаминов оказались тыквенный и арахисовый протеины. Возможно их применение в функциональных продуктах питания, например, хлебобулочные изделия, как часто потребляемое населением.

Список литературы

1. Полешкина И.О. Оценка эффективности продовольственного обеспечения районов Крайнего Севера России //Экономика региона-2018- Т.14 вып.3 -с.820-835
2. Полбицын С. Н., Дрокин В. В., Журавлев А. С. Стратегические приоритеты формирования системы продовольственного обеспечения северных, полярных и арктических территорий//Управление экономическими системами-2012
3. Abushal, S. A. (2021). Compliance with COVID-19 preventive measures and healthy diet among infected and uninfected Saudi Arabian residents. *MicrobialBiosystems*, 6(2), 1–10.
4. Tian Chengrui, Li YunHealth-Protection Composition of Pumpkin Plant Foods for Human Nutrition 41: 165-177, 1991. 165

Об авторах:

ВАСИЛЬЕВА Арина Игоревна – магистр химико-технологического факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170002, г. Тверь, Садовый пер., д. 35); e-mail: aivasileva1@edu.tversu.net

ФЕОФАНОВА Мариана Александровна – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической и аналитической химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170002, г. Тверь, Садовый пер., д.35,); e-mail: Feofanova.MA@tversu.ru

КЕКИНА Елена Геннадьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры гигиены ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ (123995, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1); e-mail: lentaegk@yandex.ru

QUANTITATIVE DETERMINATION OF FAT AND WATER-SOLUBLE VITAMINS BY HPLC IN COMPOSITE MIXTURES USED IN FUNCTIONAL FOODS

A.I. Vasileva¹, M.A. Feofanova¹, E.G. Kekina²

¹*Tver State University, Tver*

²*Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow*

In this work, composite mixtures (protein concentrates) have been studied for the content of fat- and water-soluble vitamins by HPLC. The method of sample preparation of the HPLC method has been modified, taking into account the rheological features of composite mixtures, and the lower range of measurement methods has been expanded. A comparative valuation of the results obtained in 4 types of composite mixtures was carried out. According to the results of the work, peanut and pumpkin mixtures can be recommended as sources of vitamins for creating functional food products for the population of the Arctic zone.

Keywords: *vitamins, composite mixtures, special nutrition for the population of the Arctic zone, high performance liquid chromatography.*

Дата поступления в редакцию: 10.06.2025.

Дата принятия в печать: 17.06.2025.