

Фомина Лариса Валерьевна,

к.х.н., доцент кафедры химии,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: flvbaan@mail.ru

Безносюк Сергей Александрович,

д.ф.-м.н., заведующий кафедрой физической и неорганической химии,

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»,

e-mail: bsa1953@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ И КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОДСЛАСТИТЕЛЕЙ

Fomina L.V., Beznosyuk S.A.

MODERN METHODS OF IDENTIFICATION AND QUANTITATIVE DETERMINATION OF NATURAL AND SYNTHETIC SWEETENERS

Аннотация. Представлен обзор современных методов идентификации и количественного определения природных и синтетических подсластителей, используемых в пищевой промышленности. Рассмотрены традиционные методы анализа и современные инструментальные подходы. Показано, что классические методы, сохраняя свое значение для образовательных и скрининговых целей, имеют существенные ограничения при анализе сложных смесей и многих современных подсластителей. Основное внимание уделено высокоэффективной жидкостной хроматографии как «золотому стандарту» анализа подсластителей.

Ключевые слова: подсластители, сахарозаменители, ВЭЖХ, качественный и количественный анализ, глюкоза, фруктоза, сахароза, мальтит, сорбит, мальтодекстрин, эритрит, ксилит, сукралоза, стевиозид.

Abstract. This article presents a review of modern methods for the identification and quantification of natural and synthetic sweeteners used in the food industry. Traditional analytical methods and modern instrumental approaches are discussed. It is shown that classical methods, while valuable for educational and screening purposes, have significant limitations when analyzing complex mixtures and many modern sweeteners. The focus is on high-performance liquid chromatography as the "gold standard" for sweetener analysis.

Keywords: Sweeteners, sugar substitutes, HPLC, qualitative and quantitative analysis, glucose, fructose, sucrose, maltitol, sorbitol, maltodextrin, erythritol, xylitol, sucralose, stevioside.

Рост потребления подсластителей и сахарозаменителей в напитках и продуктах питания в настоящее время связывают как с увеличением числа пациентов с сахарным диабетом и ожирением, так и с общемировым трендом на снижение калорийности рациона. В пищевой промышленности используются натуральные подсластители (сорбит, ксилит, эритрит, маннит, мальтит, изомальт, стевиозид) и искусственные (аспартам, ацесульфам калия, сахаринат и цикламат натрия, сукралоза). Учитывая дискуссию о потенциально неблагоприятном влиянии некоторых подсластителей на здоровье человека, во многих странах установлены максимально допустимые концентрации данных веществ в продуктах питания, что обуславливает необходимость разработки новых и совершенствования имеющихся методов их контроля [1].

Первыми методами идентификации сахаров и подсластителей были цветные реакции, основанные на различиях в химическом строении молекул. Для

глюкозы классическими являются реакции «серебряного зеркала» с аммиачным раствором Ag_2O и взаимодействие с $\text{Cu}(\text{OH})_2$ при нагревании, приводящее к образованию оранжевого осадка Cu_2O . Для фруктозы специфична реакция Селиванова с резорцином в соляной кислоте, дающая вишнево-красное окрашивание благодаря образованию оксиметилфурфурола. Сахароза, являясь невосстанавливающим дисахаридом, не дает положительной пробы Троммера до проведения гидролиза, что отличает её от моносахаридов. Однако классические методы имеют существенные ограничения: неспецифичны для многих современных подсластителей (эритрит, мальтит, сукралоза), непригодны для количественного анализа сложных смесей. «Золотым стандартом» анализа подсластителей (табл.) является высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), позволяющая разделять, идентифицировать, количественно определять компоненты смеси с высокой чувствительностью и воспроизводимостью. Наиболее чувствительными и точными при анализе подсластителей являются масс-спектрометрические методы детектирования [2]. Особую сложность представляет анализ комбинированных подсластителей, содержащих несколько компонентов. Показано, что предел обнаружения сукралозы на фоне эритрита – 28 мкг/мл.

Таблица – Физико-химические методы анализа сахаров и сахарозаменителей

Название	Метод количественного анализа
Глюкоза	Ионообменная ВЭЖХ с импульсным амперометрическим детектированием; Титриметрический метод с медно-тарtratным реактивом [3], [4]
Сахароза	ВЭЖХ с рефрактометрическим детектированием (подвижная фаза (ПФ) ацетонитрил:вода); Ионообменная ВЭЖХ с импульсным амперометрическим детектированием [3], [5]
Фруктоза	Фотометрический метод по реакции Селиванова (сравнение со стандартным раствором); ВЭЖХ с рефрактометрическим детектором [4], [5]
Мальтит	ВЭЖХ с рефрактометрическим детектированием согласно ГОСТ EN 15086 [6]
Сорбит (сорбитол)	Ионная хроматография на ионном хроматографе (колонка Carb 1, элюент NaOH, амперометрический детектор); ВЭЖХ по ГОСТ EN 15086 [6], [7]
Мальто-декстрин	Определение декстрозного эквивалента титриметрическим методом с медно-тарtratным реактивом [8], [9]
Эритрит	ЖХГВ с рефрактометрическим детектором (ПФ ацетонитрил:вода 95:5) [10], [11]
Сукралоза	ВЭЖХ с обращенно-фазовой колонкой и рефрактометрическим детектором (подвижная фаза водный метанол) согласно ГОСТ EN 16155 [10], [11]
Стевиозид	ВЭЖХ на колонках C18 или NH_2 (ПФ ацетонитрил-вода или метанол-вода, детектирование при 210 нм) [12]; тонкослойная хроматография, капиллярный электрофорез и спектроскопия в ближней инфракрасной области [13]
Ксилит	ВЭЖХ с рефрактометрическим детектированием (ПФ ацетонитрил:вода) [6], колориметрия после окисления бихроматом калия [14]

Таким образом, арсенал методов анализа подсластителей включает как классические цветные реакции, пригодные для скрининга и образовательных целей, так и современные инструментальные методы – ВЭЖХ с различными типами детекторов (рефрактометрическими, УФ, масс-спектрометрическими, испарительного светорассеяния), гидрофильную хроматографию, капиллярный

электрофорез и ЯМР-спектроскопию (при подтверждении структуры гликозидов). Развитие методов анализа подсластителей остается актуальной задачей аналитической химии, что подтверждается значительным числом публикаций в данной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Aiswarya P.S., Thadathil D.A., George L., Varghese A.** Food Additives and Evolved Methods of Detection: A Review // *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. – 2024. – DOI: 10.1080/10408347.2024.2372501.
2. **Jinadasa B.K.K.K., Elliott C., Yeh T.-S.** Recent applications of mass spectrometry in sweetener analysis // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2023. – Vol. 122. – Article 105418.
3. **Яшин Я.И., Яшин А.Я.** Высокоэффективная жидкостная хроматография. Состояние и перспективы. // *Журнал аналитической химии*. – 2001. – Т. 56, № 8. – С. 790-808.
4. **Степаненко Б.Н.** Химия и биохимия углеводов (полисахариды). – М.: Высшая школа, 1978. – 256 с.
5. **Хефтман Э.** (ред.). Хроматография. Практическое приложение метода. В 2-х частях. – М.: Мир, 1986. – 422 с.
6. ГОСТ EN 15086-2015. Продукты пищевые. Определение содержания изомальтита, лактита, мальтита, маннита, сорбита и ксилита. – М.: Стандартинформ, 2016.
7. Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Том II. – М.: ФЭМБ, 2018.
8. ГОСТ Р 54641-2011 (ISO 10504:1995). Сахар. Метод определения крахмала. – М.: Стандартинформ, 2012.
9. Дудкин М.С., Щелкунов Л.Ф. Пищевые волокна. – Киев: Урожай, 1988. – 152 с.
10. ГОСТ EN 16155-2015. Продукты пищевые. Определение содержания сукралозы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2016.
11. Хроматографический анализ пищевых продуктов: Практическое руководство / под ред. В. В. Бражникова. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 304 с.
12. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
13. **Федоров С.В.** Контроль содержания стевиозида в растительном сырье методами ВЭЖХ и ТСХ // *Химико-фармацевтический журнал*. – 2003. – Т. 37, № 10. – С. 40-43.
14. ГОСТ EN 25268-82. Изделия кондитерские методы определения ксилита и сорбита. – М.: Стандартинформ, 2012.