



Работа выполнена в рамках государственного задания СамГТУ на 2014 г. (код проекта 1285).

Список литературы

1. Гуревич С. М. Флюсы для электросварки титана // Автомат. сварка. 1958. № 10. С. 3–13.
2. Лашко С. В., Павлов В. И., Парамонова В. П. Экзотермическая пайка (сварка) проводов в расплавленных галогенидах // Свароч. произв. 1973. № 5. С. 38–39.
3. Делимарский Ю. К. Химия ионных расплавов. Киев : Наук. думка, 1980. 327 с.
4. Лидоренко Н., Мучник Г., Трушевский С. Аккумуляция плавением // Наука и жизнь. 1974. Вып. 3. С. 19–21.
5. Багоцкий В. С., Скундин А. М. Химические источники тока. М., 1981. 360 с.
6. Мощенский Ю. В. Дифференциальный сканирующий калориметр ДСК-500 // Приборы и техника эксперимента. 2003. № 6. С. 143.
7. Егунов В. П. Введение в термический анализ. Самара, 1996. 270 с.

УДК 543.54:547

ОДНОВРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОФЕИНА, КОНСЕРВАНТОВ И ПОДСЛАСТИТЕЛЕЙ В НАПИТКАХ



Р. К. Чернова, Е. И. Селифонова

Саратовский государственный университет
E-mail: selif-ei@yandex.ru

Методом капиллярного электрофореза определено содержание кофеина, консервантов (аскорбиновой, сорбиновой, бензойной кислот) и подсластителей (сахарината натрия, ацесульфам калия) при совместном присутствии в 5 типах напитков: чае, кофе, какао, газированных и энергетических напитков. Дана сравнительная характеристика содержания кофеина и пищевых добавок E200, E210, E300, E950, E954 в указанных горячих и прохладительных газированных напитках. Превышения нормативов по содержанию консервантов и подсластителей в исследованных пробах не обнаружено.

Ключевые слова: капиллярный электрофорез, консерванты, подсластители, кофеин, содержание, напитки.

Simultaneous Electrophoretic Determination of Caffeine, Preservatives and Sweeteners in Drinks

R. K. Chernova, E. I. Selifonova

The method of a capillary electrophoresis determined the content of caffeine, preservatives (ascorbic, sorbic, benzoic acids) and sweeteners (sodium saccharin, potassium acesulfame) at joint presence at 5 types of drinks: tea, coffee, cocoa; the aerated and power drinks. The comparative characteristic of the content of caffeine and food additives of E200, E210, E300, E950, E954 in the specified hot and soft aerated drinks is given. Excess of standards for the content of preservatives and sweeteners in the studied tests it isn't revealed.

Key words: capillary electrophoresis, preservatives, contents, drinks, tea, coffee, influence, comparison.

Введение

Кофеин, консерванты и подсластители стали постоянными спутниками жизни современного человека, регулярно попадая в его

организм с пищей, напитками, лекарственными средствами. Они по-разному могут влиять на организм людей, вызывая различные осложнения таких выявленных или скрытых серьезных заболеваний, как гипертония, аллергия, панкреатит, диабет и др. Так, повышенное содержание кофеина в напитках ведет к увеличению давления, частоты сердечных сокращений и спазму сосудов. Консерванты, обладая противомикробным, противогрибковым и противобактериальным эффектами, применяемые для длительного хранения продуктов, попадая в организм человека, подавляют его ферментативную активность, способствуют подавлению иммунитета, нарушению обмена веществ, вызывают учатившиеся в последние десятилетия аллергические реакции. Подсластители нарушают работу сердечно-сосудистой системы, возбуждают нервную систему. В связи с изложенным употребление указанных веществ нормируется и подлежит контролю.

Для определения пищевых добавок с международными кодами: E210, E954, E950, E200, E300 применяют хроматографические, электрохимические, спектрофотометрические, масс-спектрометрические, капиллярно-электрофоретические методы. Наиболее часто применяемыми методами для определения кофеина и аскорбиновой кислоты являются электрохимические [1–5]; для сорбиновой,



бензойной кислот, сахарината натрия – ВЭЖХ [6–8]. Лишь в единичных работах описано применение капиллярного электрофореза для отдельного определения аскорбиновой, сорбиновой, бензойной кислот, сахарината натрия, ацесульфата калия в пищевых объектах [9–15].

В настоящей работе сделан акцент на целесообразность одновременного определения кофеина и добавок с указанными E-кодами в продуктах питания методом капиллярного электрофореза с применением системы «Капель 103 РТ».

Материалы и методы исследования

В работе использовали х.ч. препараты: натрия тетраборнокислого десятиводного, додецилсульфата натрия, гидроксида натрия, HCl, сорбата калия, аскорбиновой кислоты, бензоата натрия, кофеина фармакопейного, ацесульфата калия, сахарината натрия; ч.д.а. препарат ЭДТА.

Ведущий электролит содержал 10 ммоль/дм³ тетраборнокислого натрия, 40 ммоль/дм³ ДДС, 0,05 моль/дм³ раствора комплексона III.

Исходные водные растворы аскорбиновой, бензойной, сорбиновой кислот, кофеина, сахарината натрия, ацесульфата имели концентрацию 1000М/дм³. К раствору аскорбиновой кислоты добавлялся комплексон III.

Все растворы хранили в холодильнике (4±2)°С в течение нескольких месяцев или недель (аскорбиновая и сорбиновая кислоты). Перед выполнением измерений проводились работы: отбор и подготовка проб; подготовка системы капиллярного электрофореза, в том

числе капилляра, градуировка системы капиллярного электрофореза. Система капиллярного электрофореза «Капель 103 РТ», с положительной полярностью источника высокого напряжения, внутренним диаметром капилляра 75 мкм, полной длиной капилляра 60 см и эффективной длиной 50 см, оснащена специализированным программным обеспечением на основе персонального компьютера. Детектор – фотометрический (254 нм).

Определение концентрации компонентов в пробах проводили с использованием градуировочных и контрольного стандартных растворов.

Для приготовления градуировочного раствора № 1 в сухой стакан вместимостью 100 см³ помещали по 5 см³ растворов аскорбиновой и сорбиновой кислот, по 10 см³ растворов бензойной кислоты, кофеина, сахарината натрия, ацесульфата калия, тщательно перемешивали. Для приготовления градуировочного раствора № 2 в мерную колбу вместимостью 25 см³ помещали 10 см³ градуировочной смеси № 1, доводили до метки водой и тщательно перемешивали. Для приготовления градуировочного раствора № 3 в мерную колбу вместимостью 50 см³ помещали 5 см³ градуировочной смеси №2, доводили до метки водой и тщательно перемешивали. Для приготовления контрольного раствора в мерную колбу вместимостью 50 см³ помещали 5 см³ градуировочной смеси № 1, доводили до метки водой и тщательно перемешивали.

Массовые концентрации стандартных веществ в градуировочных и контрольном растворах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Массовые концентрации компонентов в растворах стандартов

Компонент	Массовая концентрация компонента, мг/дм ³			
	Градуировочные растворы			Контрольный раствор
	№ 1	№ 2	№ 3	
Кофеин	200	80	8	20
Аскорбиновая кислота	100	40	4	10
Сорбиновая кислота	100	40	4	10
Бензойная кислота	200	80	8	20
Сахаринат натрия	200	80	8	20
Ацесульфат калия	200	80	8	20

Результаты и их обсуждение

Подготовка капилляра. Новый капилляр промывали последовательно по 10 минут дистиллированной водой, раствором гидроксида натрия, дистиллированной водой и ведущим электролитом. Для ежедневной подготовки

капилляр непосредственно перед анализом промывали 5 минут раствором гидроксида натрия, 5 минут дистиллированной водой, 10 минут раствором ведущего электролита. Все отработанные растворы собирали в сливную пробирку, не погружая в нее выходной конец капилляра. Да-



лее промывали капилляр буферным раствором при напряжении +25 кВ в течение 5 минут, для чего оба конца капилляра погружали в промылочные буферные растворы. Затем проверяли состояние капилляра, анализируя контрольный раствор. При этом в первую очередь обращали внимание на стабильность времени миграции компонентов. Между анализами капилляр промывали рабочим буферным раствором в течение 3 минут. После работы с реальными образцами в конце рабочего дня капилляр промывали 10 минут дистиллированной водой и оставляли концы капилляра на ночь в воде.

Подготовка пробы. Анализируемую пробу напитка подготавливали, фильтруя в сухую посуду через целлюлозно-ацетатный фильтр (размер пор 0,2 мкм), отбрасывая первые 1,0 см³ фильтрата. В сухую пробирку Эппендорф помещали 1,0 см³ подготовленной пробы, центрифугировали в течение 5 минут при 5000 об/мин и регистрировали электрофореграммы. В применяемом боратном буферном растворе (рН≈9) (ведущий электролит) исследуемые соединения, кроме кофеина, находятся в ионизированном состоянии в форме анионов, что и позволяет для их отдельного определения

применять капиллярный электрофорез. Кофеин же находится в недиссоциированном состоянии. Для его перевода в анионную форму в состав ведущего электролита вводится анионное поверхностно-активное вещество – додецилсульфат натрия (ДДС) в концентрации 40 мМ, при которой в растворе образуются отрицательно заряженные мицеллы. Гидрофобные молекулы кофеина сольбилизируются мицеллами ДДС и вместе с ними перемещаются при наложении высокого напряжения на электроды к аноду. Таким образом, анионы кислот и мицеллярная форма кофеина разделяются вследствие различий их электрофоретических подвижностей. На получаемых электрофореграммах наблюдается сначала пик кофеина, а затем пики анионов аскорбиновой, сорбиновой и бензойной кислот, сахарината натрия и ацесульфам калия (рис. 1–4).

Типы исследованных проб приведены в табл. 2.

Как видно из приведенных электрофореграмм, в исходной пробе обнаружены: кофеин, аскорбиновая кислота и ацесульфам калия, что подтверждено методом добавок (электрофореграмма приведена ниже).

Таблица 2

Виды исследованных напитков российских производителей

№	Типы проб	Название	Производитель	Нормативы
1	Газированные напитки	Coca-cola	The Coca-Cola Company	ТУ 9185-021-40227765
2		Schweppes		
3		Sprite		
4		Fanta		
		Burn		
5		Pepsi	ПепсиКо Инк	ТУ 9185-001-17998155
6		Сказочный	Дикомп-Классик	ГОСТ 28188-89
7		Limon fresh	Юнайтед Боттлинг Групп	ГОСТ 28188-89
9		Adrenaline rush	Мегапак	ГОСТ Р 52844-2007
10	Кофе	Растворимый Nescafe	Нестле Кубань	ТУ 9191-002-52385553
11		Молотый Nescafe		
12	Какао	Растворимый Nesquik	Нестле Россия	ТУ 9191-002-52385553
13		Молотый Россия		
14	Чай	Чёрный листовый	Премиум Брендс Ю.К.	ТУ 9191-002-52382353
15		Чёрный пакетированный Нури	НЕП	ТУ 9191-001-39420178
		Зелёный пакетированный Ява	–	–
16		Зелёный листовый Вкус жизни	Императорский чай	ТУ 9191-017-53137213
18		Чайный напиток Nestea	The Coca-Cola Company	ТУ 9185-021-40227765

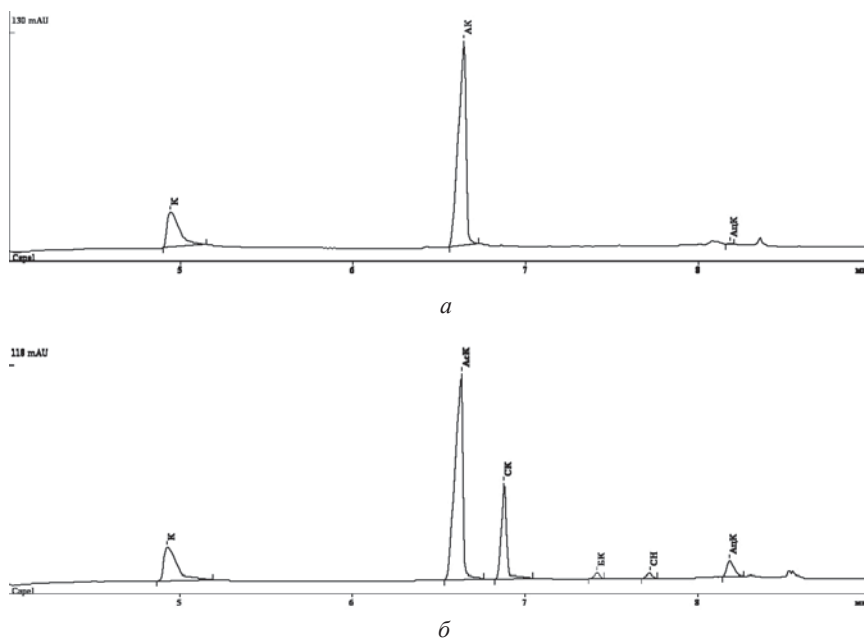


Рис. 1. Электрофореграммы пробы энергетического напитка «Adrenalin rush»: *a* – исходная проба; *b* – проба напитка с добавкой стандарта

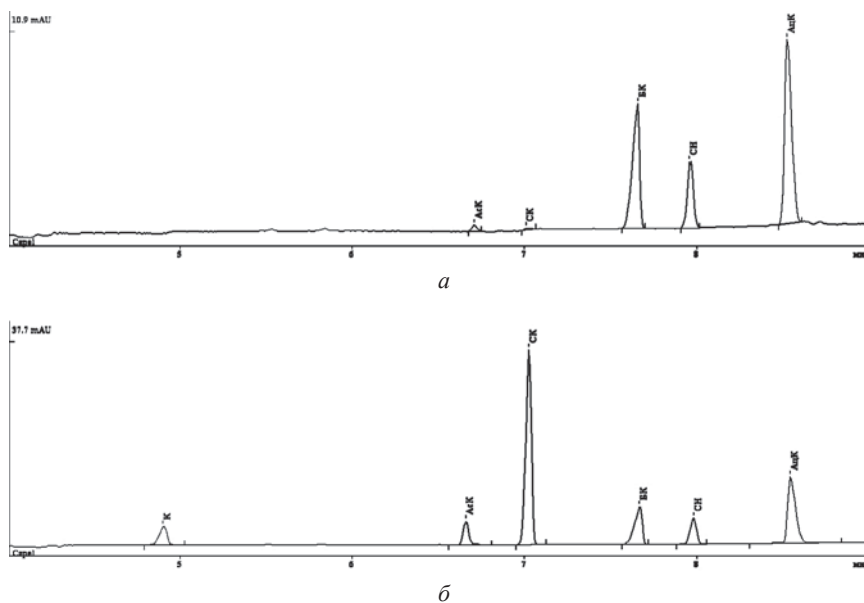


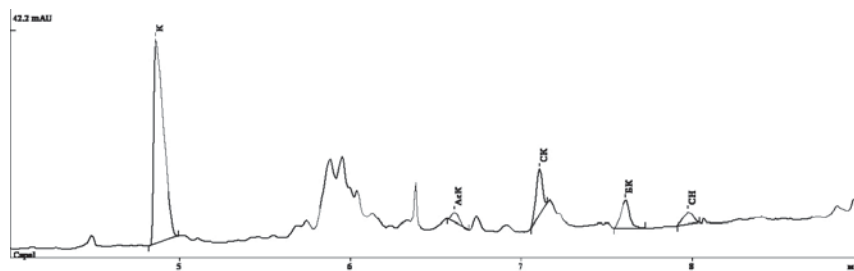
Рис. 2. Электрофореграммы пробы прохладительного напитка «Сказочный»: *a* – исходная проба; *b* – проба напитка с добавкой стандарта

Как видно из приведенных электрофореграмм, в исходной пробе обнаружены: аскорбиновая, сорбиновая, бензойная кислоты, сахаринат натрия и ацесульфам калия, что подтверждено методом добавок.

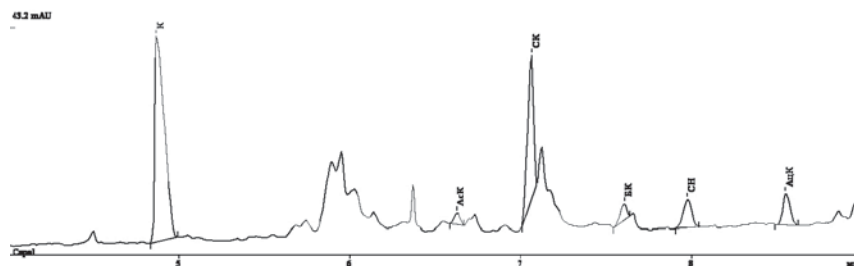
Как видно из приведенных электрофореграмм, в исходной пробе обнаружены: аскорбиновая, сорбиновая, бензойная кислоты и сахаринат натрия, что подтверждено методом добавок.

Как видно из приведенных электрофореграмм, в исходной пробе обнаружены: кофеин, аскорбиновая, сорбиновая, бензойная кислоты и сахаринат натрия, что подтверждено методом добавок.

По окончании анализа проводили разметку пиков. Для каждой пробы (5 видов и 18 проб) проводили идентификацию компонентов по совпадению времен миграции и методом добавок.

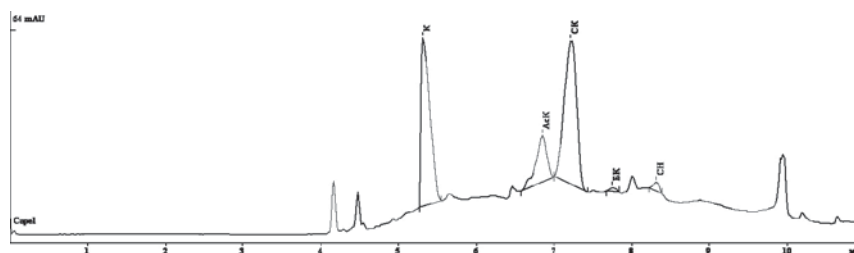


a

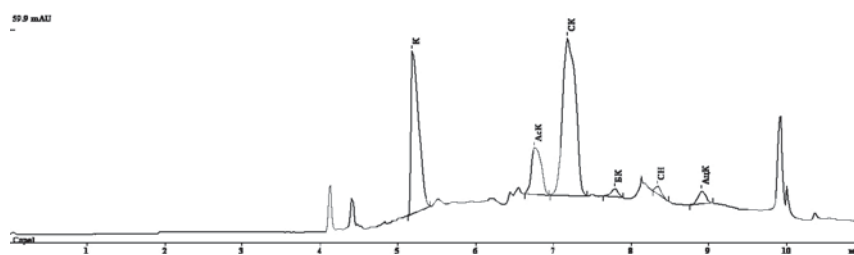


б

Рис. 3. Электрофореграммы пробы зеленого пакетированного чая: *a* – исходная проба; *б* – проба напитка с добавкой стандарта



a



б

Рис. 4. Электрофореграммы пробы растворимого кофе: *a* – исходная проба; *б* – проба напитка с добавкой стандарта

Для этого отобранную пробу делили на две части и в одну из них вносили добавку стандарта. Величина добавки составляла от 20 до 50% от содержания соответствующего компонента в исходной пробе (см. рис. 1–4).

Величину добавки (C_d , мг/дм³) рассчитывали по формуле

$$C_d = (C_0 \cdot V_0) / V,$$

где C_0 – массовая концентрация соответствующе-

го компонента в стандартном образце (аттестованной смеси), использованном для внесения добавки, мг/дм³; V_0 – объем стандартного образца, внесенного в качестве добавки, см³; V – объем пробы, см³.

При обнаружении анализируемых компонентов определяли их массовую концентрацию с использованием градуировочных характеристик (табл. 3).



Таблица 3

Градуировочные графики для определения кофеина, консервантов и подсластителей, уравнения и величины достоверности аппроксимации

Компонент	$y=ax+b (b=0)$	R^2	Градуировочный график
Кофеин	$y = 0,325x$	0,9988	
Аскорбиновая кислота	$y = 0.8724x$	0,9982	
Сорбиновая кислота	$y = 5.0757x$	0,9999	
Бензойная кислота	$y = 0.1719x$	0,9998	
Сахаринат натрия	$y = 0.1576x$	0,9999	
Ацесульфам калия	$y = 0.4904x$	1	

Полученные результаты обобщены в табл. 4. Всего было исследовано 18 проб напитков (см. табл. 2) на содержание 6 пищевых добавок: кофеин, E200, E210, E300, E950, E954.

Среди исследованных видов чая было обнаружено, что максимальное количество кофеина содержится в черном листовом чае, минимальное – в зеленом пакетированном. Также было

выявлено, что листовые чаи содержат кофеина больше, чем соответствующие пакетированные. Существует стереотип, что черный чай тонизирует больше, чем зеленый, за счет большего содержания кофеина. Однако следует отметить, что зеленый листовый чай содержит кофеина больше, чем черный пакетированный (см. табл. 4, п. 15–18).



Таблица 4

Найденные массовые концентрации исследуемых компонентов в напитках

Напитки	Концентрация компонента, мг/л					
	Кофеин	Аскорбиновая кислота	Сорбиновая кислота	Бензойная кислота	Сахаринат Na	Ацесульфам К
Прохладительные напитки						
Сока-cola	95±4	–	–	2.8±0.2	–	2.01±0.12
Pepsi	167±7	–	0.099±0.008	–	1.37±0.06	5.5±0.3
Сказочный	–	0.71±0.04	0.050±0.004	106±6	53±2	55±3
Schweppes	–	–	2.4±0.2	–	–	1.32±0.08
Sprite	–	–	0.29±0.02	–	–	58±3
Limon Fresh	–	1.7±0.1	0.114±0.009	–	2.6±0.1	2.2±0.1
Fanta	–	274±17	0.19±0.02	–	14.2±0.6	2.52±0.15
Чайный напиток Nestea	88±11	127±25	11±3	8±2	7.3±0.9	0.44±0.09
Энергетические напитки						
Burn	164±7	28±2	232±19	101±6	–	9.4±0.6
Adrenaline Rush	295±12	397±24	–	–	–	2.41±0.14
Кофе						
Растворимый	1232±148	161±32	96±27	29±6	90±11	–
Молотый	555±22	42±3	–	17±1	–	–
Какао						
Растворимый	9.5±0.4	–	0.032±0.003	–	–	–
Молотый	32±1	–	0.42±0.03	–	–	3.8±0.2
Чай						
Чёрный листовой	669±27	19±1	0.50±0.04	–	–	–
Чёрный пакетированный	509±20	10.7±0.6	2.7±0.2	30±2	34±1	4.1±0.2
Зелёный листовый	563±23	9.3±0.6	0.26±0.02	67±4	–	–
Зелёный пакетированный	471±19	7.2±0.4	4.14±0.27	119±7	57±2	–

При исследовании проб кофе и какао было обнаружено максимальное количество кофеина в растворимом кофе. В пробах молотого кофе, заваренном водой (Т~100°С без кипячения), кофеина было обнаружено приблизительно в 2 раза меньше, чем в растворимом. При исследовании образцов какао была замечена обратная тенденция: молотый какао содержал почти в 3 раза больше кофеина, чем растворимый. В зернах какао кофеина содержится на 2 порядка меньше, чем в зернах кофе (см. табл. 4, п. 11–14).

При исследовании прохладительных и энергетических напитков обнаружено больше всего кофеина «Adrenalin rush». Энергетический напиток «Burn» содержал в 2 раза меньше кофеина, чем «Adrenalin rush», так же как и популярный напиток «Pepsi». Считается, что чайный напиток «Nestea» является натуральным и полезным в отличие от напитка «Сока-cola», однако по содержанию кофеина они идентичны и содержат его на порядок меньше, чем «Pepsi» (см. табл. 5, п. 1–10).



Консерванты (аскорбиновая, сорбиновая, бензойная кислоты). Аскорбиновая кислота содержится в небольшом количестве в каждом виде чая. Максимальное количество обнаружено в черном листовом чае (см. табл. 4, п. 15). Сорбиновая кислота обнаружена в чаях в очень малых количествах. Максимальное количество бензойной кислоты содержится в зеленом пакетированном чае (см. табл. 4, п. 18), в 2 раза меньше – в зеленом листовом чае (см. табл. 4, п. 17). В черном листовом чае бензойная кислота не была обнаружена (см. табл. 4, п. 15).

В растворимом кофе найдены все виды консервантов в значительном количестве. Аскорбиновая и бензойная кислоты найдены только в пробах молотого кофе (см. табл. 4, п. 12). Сорбиновая кислота – только в разных видах какао в очень малых количествах (см. табл. 4, п. 13–14).

В прохладительных и энергетических напитках обнаружена сорбиновая кислота, за исключением «Adrenalin rush», в котором обнаружена только аскорбиновая кислота в значительном количестве (см. табл. 4, п. 10). Чуть меньше аскорбиновой кислоты содержится в напитке «Fanta» (см. табл. 4, п. 7). В энергетическом напитке «Burn» было обнаружено на порядок меньше аскорбиновой кислоты, чем в «Adrenalin rush», а также сорбиновая и бензойная кислоты в количествах, соизмеримых с нормативом (см. табл. 4, п. 9–10). В газированном напитке «Сказочный» обнаружена бензойная кислота (табл. 4, п. 3) в количествах,

соизмеримых с содержанием той же кислоты в энергетическом напитке «Burn».

Подсластители (сахаринат натрия, ацесульфам калия).

В производстве напитков чаще всего используется сахаринат натрия, тогда как на этикетке может быть заявлен «сахарин», или E954. Сахарин найден в пакетированных черном и зеленом чаях (см. табл. 4, п. 16, 18), в то время как в листовых обнаружен в малых количествах (см. табл. 4, п. 15, 17). Ацесульфам калия обнаружен только в пакетированном черном чае (см. табл. 4, п. 16).

При исследовании кофе и какао сахарин обнаружен только в растворимом кофе (см. табл. 4, п. 11). Ацесульфам калия содержится в молотом какао (см. табл. 4, п. 14).

Ни в одном из энергетических напитков не найден сахаринат натрия. Максимальное количество его обнаружено в газированном напитке «Сказочный» (см. табл. 4, п. 3), в 5 раз меньше – в напитке «Fanta» (см. табл. 4, п. 7) и на порядок меньше – в «Pepsi» и «Limon fresh» (см. табл. 4, п. 2, 6). Ацесульфам калия обнаружен во всех исследуемых прохладительных и энергетических напитках. Наибольшее количество ацесульфома калия было найдено в напитках «Сказочный» и «Sprite» (см. табл. 4, п. 3, 5). В прочих напитках отмечено его содержание на порядок меньше.

Для исследуемых пищевых добавок известен ряд нормативов по допустимым уровням содержания в продуктах питания, приведенных в табл. 5.

Таблица 5

Нормативы на содержание нормируемых исследованных пищевых добавок в проанализированных напитках, мг/л

Объект	Добавка				
	Кофеин	Сорбиновая кислота	Бензойная кислота	Сахаринат натрия	Ацесульфам калия
Энергетические напитки	Не менее 151 Не более 400 ГОСТ Р 52844-2007	300	150	80	350
		Сан Пин 2.3.2.1293-03			
Прохладительные напитки	–	300	150	80	350
		СанПиН 2.3.2.1293-03			
Кофе растворимый	Не менее 2300 ГОСТ Р 51881-2002	–	–	–	–
Кофе молотый (жареный)	Не менее 700 ГОСТ Р 52088-2003	–	–	–	–

В настоящее время к нормируемым компонентам можно отнести кофеин, сорбиновую, бензойную кислоты, сахаринат натрия, ацесульфам калия. Кофеин – по ГОСТ Р 52844-2007, ГОСТ Р 51881-2002, ГОСТ Р 52088-2003, сор-

биновая и бензойная кислоты, сахаринат натрия и ацесульфам калия – по СанПиН 2.3.2.1293-03. Сопоставление полученных результатов с нормативными значениями показало, что исследованные напитки – растворимый и молотый кофе,



энергетические и прохладительные напитки содержат кофеин, сорбиновую и бензойную кислоты, сахаринат натрия и ацесульфам калия в пределах допустимых норм.

Список литературы

1. *Бондаревский А. С., Соболева И. Г., Ермолаева Т. Н.* Сорбционные покрытия пьезокварцевых сенсоров на основе полимеров с молекулярными отпечатками для определения динонилфталата и кофеина // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10, № 3. С. 378–384.
2. *Amiri-Aref M., Raoof J.-B., Ojani R.* A highly sensitive electrochemical sensor for simultaneous voltammetric determination of noradrenaline, acetaminophen, xanthine and caffeine based on a flavonoid nanostructured modified glassy carbon electrode // *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2014. Vol. 192. P. 634–641.
3. *Habibi B., Abazari M., Pournaghi-Azar M. H.* Simultaneous determination of codeine and caffeine using single-walled carbon nanotubes modified carbon-ceramic electrode // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2014. Vol. 114. P. 89–95.
4. *Habibia B., Abazaria M., Pournaghi-Azar M. H.* A Carbon Nanotube Modified Electrode for Determination of Caffeine by Differential Pulse Voltammetry // *Chin. J. Catalysis*. 2012. Vol. 33, iss. 11–12. P. 1783–1790.
5. *Gholivanda M.-B., Jalalyanda A. R., Goicoecheab H. C., Skovic Th.* Chemometrics-assisted simultaneous voltammetric determination of ascorbic acid, uric acid, dopamine and nitrite : Application of non-bilinear voltammetric data for exploiting first-order advantage // *Talanta*. 2014. Vol. 119. P. 553–563.
6. *Burini G., Damiani P.* Determination of sorbic acid in margarine and butter by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection // *J. Chromatography A*. 1991. Vol. 543. P. 69–80.
7. *Ferreira I., Mendes E., Brito P., Ferreira M. A.* Simultaneous determination of benzoic and sorbic acids in quince jam by HPLC // *Food Research Intern.* 2000. Vol. 33, iss. 2. P. 113–117.
8. *Новицкая Я. Г., Литвин А. А., Жердев В. П., Блинская Е. В., Кондаков С. Э.* Количественный анализ кофеина и его метаболитов в плазме крови крыс с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии как метода для определения метаболических отношений // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия*. 2013. Т. 54, № 1. С. 56–60.
9. *Парамонова О. С., Чернова Р. К., Селифонова Е. И.* Определение некоторых консервантов, подсластителей и кофеина в газированных напитках // *Химическая наука: современные достижения и историческая перспектива: II Всерос. науч. интернет-конф. с междунар. участием*. Казань, 2014. С. 166–169.
10. *Карцова Л. А., Ганжа О. В., Алексеева А. В.* Возможности и ограничения различных режимов капиллярного электрофореза для количественного определения катехинов и кофеина в черном и зеленом чае // *Журн. аналит. химии*. 2010. Т. 65, № 2. С. 212–217.
11. *Хасанов В. В., Слижов Ю. Г., Хасанов В. В.* Анализ энергетических напитков методом капиллярного электрофореза // *Журн. аналит. химии*. 2013. Т. 68, № 4. С. 385.
12. *Зыкова Е. В., Сандеуцкая Н. Г., Островский О. В., Веровский В. Е.* Определение аскорбиновой кислоты в лекарственных препаратах методами капиллярного зонного электрофореза и мицелярной электрокинетической хроматографии // *Хим.-фарм. журн.* 2010. Т. 44, № 8. С. 50–52.
13. *Читаев М. Р., Глоба Е. Г., Руденко А. Г.* Определение сорбиновой кислоты в столовых винах методом капиллярного электрофореза // *Методы и регламенты оптимизации структурных элементов агроценозов и управления реализацией продукционного потенциала растений*. 2009. № 6. С. 430–433.
14. *Wei R., Li W., Yang L., Jiang Y., Xie T.* Online preconcentration in capillary electrophoresis with contactless conductivity detection for sensitive determination of sorbic and benzoic acids in soy sauce // *Talanta*. 2011. Vol. 83, iss. 5. P. 1487–1490.
15. *Евсеева О. С., Селифонова Е. И., Чернова Р. К.* О катионном составе некоторых питьевых и природных вод // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология*. 2013. Т. 13, вып. 3. С. 46–50.