УДК 615.015.4(075.8); 620.383; 621.472

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОФЕЙНОГО НАПИТКА

#### Пенлжиев А.М.

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, e-mail: ampenjiev@rambler.ru

В статье рассматривается состав и физико-химическая характеристика кофейного напитка, приводится физиологическое действие кофейного напитка на организм человека.

Ключевые слова: физико-химический состав, напиток кофе, влияние на организм.

# PHYSICAL AND CHEMICAL STRUCTURE OF A COFFEE DRINK Penjiyev A.M.

Turkmen State Architecturally-building Institute, Ashkhabad, e-mail: ampenjiev@rambler.ru

In article the structure and the physical and chemical characteristic of a coffee drink is considered, physiological action of a coffee drink on a human body is resulted.

Keywords: physical and chemical structure, a coffee drink, influence on an organism.

## Состав и физико-химическая характеристика кофе

Вот уже несколько столетий кофе – напиток с чарующим вкусом – радует людей. Что же придает ему неповторимый вкус и аромат, бодрит и освежает при употреблении?

Кофейное дерево, как и всякое другое растение, через корневую систему получает из почвы ряд минеральных веществ, необходимых для нормального развития. Эти минеральные вещества составляют золу, которая остается после сжигания зерен кофе. В состав золы в виде различных соединений входят: калий, кальций, натрий, железо, сера, фосфор, азот, хлор, магний и другие элементы. Ни один из этих элементов не противопоказан человеку, а наоборот, все они в тех или иных количествах нужны человеку для нормальной жизнедеятельности. Например, железо - составная часть гемоглобина крови, а хлористый натрий входит в состав жидкой части крови - плазмы. От наличия в организме человека натрия, калия и кальция зависит нормальный ритм сердечной деятельности. Кальций и фосфор входят в состав костной ткани. Сера и азот - основа аминокислот и белков, составляющих мышечную и другие мягкие ткани организма человека.

Французский ученый Рунге в 1819 г. выделил из кофейного экстракта бесцветные шелковистые кристаллы слабо-горького вкуса, водный раствор которых по своему возбуждающему действию во много раз превосходит кофейный отвар. Это вещество, относящееся к алкалоидам, было названо кофеином. Понадобилось 80 лет упорного труда ученых, прежде чем были установлены окончательный состав кофеина и его структурная формула. Основываясь на этой формуле, немецкий физик Э. Фишер в 1897 г. получил синтетический кофеин и доказал этим правильность структурной формулы.

Интересно вспомнить, что кофе в качестве лечебного средства применялось в классической арабской медицине в 900-1000 г. нашей эры. «Бунчум» – под таким названием он описан древним арабским ученым, врачом и алхимиком Абу Бахра Мухаммед ибн Захари Ийна ла Рази – известным в истории как Ризес. Однако по мере роста потребления кофе как напитка его лечебные свойства стали забываться.

В лаборатории И.И. Павлова впервые было установлено, что кофеин усиливает процессы возбуждения в коре головного мозга, устраняет сонливость, облегчает восприятие окружающей среды и повышает работоспособность. И.И. Павлов сделал вывод, что длительное злоупотребление сравнительно большими дозами кофеина может привести к функциональному истощению клеток мозга.

После открытия кофеина кофе пережил второе рождение как лечебное средство. В настоящее время кофеин с успехом применяется в лечебной практике при различных заболеваниях. Он входит в состав многих лекарственных препаратов, способствующих восстановлению нарушенных функций организма человека. Следовательно, прием напитка кофе, содержащего кофеин, является своего рода приемом очень малой дозы

лекарства и может, таким образом, рассматриваться как профилактическое мероприятие, стимулирующее и поддерживающее функциональную деятельность некоторых жизненно важных органов человека. В своих исследованиях И.И. Павлов пришел к выводу, что степень возбудимости от кофеина индивидуальна и зависит от типа нервной системы. При слабом типе нервной системы кофеин понижает процессы возбуждения, поэтому люди различного темперамента поразному реагируют на вечернюю чашку кофе. У одних она вызывает бессонницу, у других, наоборот - сонливость. Другим алкалоидом, содержащимся в кофе, является тригоналин, Он не обладает возбуждающими свойствами, но играет важную роль в образовании аромата и вкуса жареного кофе.

Химический состав кофе сложен. Химическими и хроматографическими методами в нем были установлены многие химические соединения. Сырой кофе содержит: воду, жиры, белки, минеральные соли, уже упомянутые водорастворимые вещества — кофеин, тригоналин, а также хлорогеновую кислоту, непосредственно редуцированный (инертный) сахар, сахарозу, водорастворимые белки, водорастворимые минеральные соли, нерастворимые вещества — гелицеллюлозу и целлюлозу. Товарный кофе содержит 11% — влаги, 11% — жира, 13% — белков и другие азотосодержащие вещества.

При обжарке химический состав кофе меняется, а также на 14-23% теряется его вес. Отношение к степени обжарки кофе различно. Например, в США любят светлый кофе, в Италии ~ темный, во Франции – среднего цвета. Изменение цвета свидетельствует, прежде всего, о карамелизации Сахаров.

Кофе содержит азотистые вещества, липиды, углеводы, органические кислоты, олигоэлементы и витамины.

**Липиды.** Кофейное масло имеет жидкую консистенцию и содержит глицериды пальмитиновой, стеариновой, каприоной и линоловой кислоты. Жирные вещества практически полностью остаются в сухом остатке и не переходят в изготовленный напиток; содержится также немного фитостерина (кофесероля).

**Углеводы**. В жареном кофе растворимая углеводная фракция — сахароза, глюкоза, фруктоза и гальктоза — большого значения не имеет и составляет примерно 28% общих растворимых компонентов.

**Органические кислоты**. В кофейных зернах содержится очень много органических кислот: пировиноградной, оксоловой, лимонной и яблочной.

Особое внимание следует уделить хлорогенной кислоте. В сыром виде кофе она содержится в виде двойной соли кофеина и калия. Хлорогенная кислота во время обжарки теряется на 37-58%, а кофеин освобождается, в жареном кофе остается 40% кофеина. Действие хлорогенной кислоты еще недостаточно изучено.

Олигоэлементы и витамины. Содержание минеральных веществ (табл. 1) представляет большой интерес: в 100 мл 5%-го кофейного напитка содержится 136 мг различных минеральных солей (табл. 2).

Таблица 1 Содержание минеральных веществ в 1000 мл 10%-го кофе

Минеральные вещества	«Арабика»	«Робуста»
Фосфаты	0,237 г	0,293 г
Сульфаты	0,109 г	0,078 г
Кальций	0,176 г	0,066 г
Магний	0,205 г	0,228 г
Натрий	0,278 г	0,921 г
Калий	2,000 г	2,200 г

Таблица 2 Количество минеральных солей в 120 мл кофейного напитка (одна чашка), изготовленного из 6 г кофе

Минеральные <b>со</b> ли	«Арабика»	«Робуста»
Калий	99,0 мг	108,0 мг
Магний	7,3 мг	8,0 мг
Натрий	12,2 мг	40,8 мг
Кальций	7,5 мг	2,8 мг

В 1 г кофейного порошка содержится 0,29-0,32 мг железа, 1,4-1,8 мг фосфора. Кофе также содержит соединения серы —  $SO_2$ ,  $H_2S$ , некоторые витамины (никотиновую кислоту и др.), но они не имеют практического значения.

Эфирные масла. Они образуются при обжарке кофе и обусловливают его специфический аромат, содержат терпены (продукты фенола), обладают антисептическим действием.

Азотистые вещества. Вместе с алкалоидами – кофеином и тригонелином – кофе содержит определенное количество бетаина, холина и аминокислоты – ливцин, глютаминовую и аспаргиновую кислоты.

В зеленых зернах кофеин находится в двойной соли (калиево-кофейной соли хлорогеновой кислоты). В момент обжарки она распадается и отчасти сублимируется, что объясняется потерей при этом процессе. Содержание кофеина зависит от сорта кофе (табл. 3).

Таблица 3 Содержание кофеина в зависимости от сорта кофе

Вид кофе	Происхождение	Содержание кофеина,%
Mascarocoffea	Мальгашский регион	0
C. eugenioides	Кения	0,2-0,6
Raracoffea spp.	Индия и Африка	0
C. Languedarial	Кения	0,5
C. racemosa	Мозамбик	0,6-1,2
C. congensis	Заир, ЮАР	1,0-1,4
C. liberica	Берег Слоновой Кости, ЮАР	0,6-1,8
C. arabica	Эфиопия	0,6-1,8
C. canephora	Берег Слоновой Кости, Мадагаскар, Бразилия	1,3-5,2 1,06

Данные, приведенные в табл. 3, свидетельствуют, что степень содержания кофеина зависит от географического происхождения растения. Виды с наибольшим содержанием кофеина растут в Западной и Центральной Африке, с меньшим – в Восточной; нет его в кофе мальгашского региона. Бразильский сорт «сантос-5989» – типа 2 содержит в сыром виде 1,066% кофеина, в жареном – 1,099%. В арабском кофе – 0,3-2,5%, «робусте» – от 1,97 до 2,6%, в «либерике» – от 1,08 до 1,53%.

Приведенные данные о составе кофе не дают представления о всем разнообразии веществ, содержащихся в нем. Они дают только общие сведения о некоторых основных его вешествах.

В состав сырых кофейных зерен, используемых для производства различных кофепродуктов входят: вода 10-13% (после обжарки: 1-2,5%); белковые вещества 11%; жиры 10-13%; углеводы 30-40%; алкалоиды (кофеин) 0,8-2,5%, в зависимости от сорта;

минеральные и органические вещества 4% (90% из которых остаются в конечном продукте); экстрактивные вещества 0,1% летучих ароматических веществ (образуются в процессе обжарки); липиды; фенольные соединения; витамины; ферменты и др. Кислоты 30-70% распадаются в процессе обжарки. Кофейное зерно содержит около 1300 различных веществ, и далеко не все из них известны науке. Состав может изменяться в зависимости от сорта, региона выращивания и обжарки. Процесс обжарки дает до 800 разных привкусов. Другими словами, для создания уникального аромата кофе, необходимо 800 отдельных элементов. В отличие от всех других ароматов, ароматизатор кофе невозможно синтезировать.

**Вода.** Показатель влажности сырого кофе имеет существенное значение для оценки его качества.

Содержание влаги в сыром кофе играет важную роль при экспорте и импорте его, так как все расчеты между поставщиками и покупателями кофе производятся на основе показателя влажности (в %).

Сырые зерна кофе относятся к группе продуктов, обладающих капиллярно-пористой коллоидной структурой (рис. 1). Для них характерны различные формы связи воды с материалом (свободная, связанная и прочносвязанная). Содержание воды в сырых зернах кофе по норме, принятой Международной организацией кофе (МОК), должно составлять 12±1%. Однако в зависимости от условий хранения и транспортирования влажность сырого кофе колеблется в пределах 9-14%.



Рис. 1. Созревшие плоды кофейных зерен

Как показали исследования, проведенные Ф.Г. Нахмедовым и сотр. (1982), сырой кофе Сантос I сорта, Робуста I сорта и Робуста II сорта, поступивший в 1975-1976 гг., по влажности значительно отличается от

тех же сортов, поступивших в 1979-1980 гг. Более того, из одной и той же страны-поставщика один и тот же сорт кофе в разное время поступал различного качества. Существенная разница выявлена в содержании влаги в зернах кофе Робуста II сорта из Анголы, Бразилии, Индии, Эфиопии.

По данным Дорошевича (1978), скорость сорбции и десорбции водяных паров зернами кофе относительно высока. Особенно интенсивно абсорбируют влагу кофейные зерна при повышенной относительной влажности воздуха и повышенной температуре хранения. При относительной влажности воздуха 40-60% содержание влаги в зернах не превышает 12%; при влажности воздуха 63-65% сырой кофе сохраняет свой нормальный цвет, свежесть и вкус в течение года; при влажности воздуха 65-70% зерна желтеют и затем белеют, в при 70-75% вместе с желтой окраской появляется и характерный запах и вкус залежавшегося кофе. Когда относительная влажность воздуха превышает 75%, кофе приобретает плесневелый запах и вкус, становится практически непригодным для употребления.

Однако Паннет (1959) показал, что при относительной влажности воздуха 95% и температуре 20-26° С сырые кофейные зерна достигают равновесной влажности через 25-30 дней, тогда как обжаренный кофе — через 5-7 дней, а растворимый кофе — через несколько часов.

Сырой кофе – биологический, объект, и содержащаяся в нем вода, несомненно, играет активную роль в биохимических и физико-химических процессах, протекающих в клетках и тканях зерен.

Экстрактивные вещества. Содержание водорастворимых экстрактивных веществ в различных видах и сортах сырого кофе неодинаково и составляет примерно 20-29%. Наименьшее количество (19-20%) содержится в высших сортах кофе вида Арабика, а затем в возрастающей степени следуют первые сорта вида Арабика (21-23%), первые сорта вида Канифора (Робуста) (24-27%), вторые сорта вида Канифора (27-29%). Иногда в некоторых сортах того и. другого вида содержание экстрактивных веществ выходит за эти пределы. Чаще всего это связано с погодными условиями и способами первичной переработки зерен.

В состав экстрактивных веществ сырого кофе входят алкалоиды, белки, фенольные

соединения, моно- и дисахара, липиды, органические кислоты, аминокислоты, минеральные элементы и некоторые другие вещества, содержащиеся в небольшом количестве

Алкалоиды. В зернах кофе алкалоиды представлены метилированными производными пурина: кофеином, теобромином и теофиллином (Чичибабин А.Е., 1958; Кретович В.Л., 1971; Клиффорд, 1975), а также тригонеллином.

Кофеин ( $C_8H_{10}N_4O_2$ ) — важнейший алкалоид кофейных зерен и известен под названием 2,6-диокси-1,3,7-триметилпурин, или 1,3,7-триметилксантин (рис. 2).

Рис. 2. Кофеин

Кофеин – вещество без цвета и запаха, в водном растворе дает горький привкус. Кофеин кристаллизуется из водных растворов в виде кристаллогидрата, имеющего форму длинных хрупких шелковистых игл. Безводный кофеин плавится при 236,5°С, при осторожном нагревании может возгоняться. Он легко растворяется в хлороформе, метиленхлориде, дихлорэтилене и трихлорэтилене. Водные растворы кофеина имеют нейтральную реакцию, с кислотами он образует соли. Кофеин в сыром кофе находится в свободном и связанном с хлорогеновокислым калием состоянии (Колесник, 1962; Голдони, 1979).

Различные виды кофе характеризуются следующим содержанием кофеина (в пересчете на сухое вещество, в%); Аравийский 0,6-1,2; Робуста 1,8-3,0; Либерийский 1,2-1,5.

Содержание кофеина в зернах в значительной степени меняется и в зависимости от сорта кофе.

Содержание кофеина в зернах играет очень важную роль при оценке качества сырья и установлении технических требований на него.

Тригонеллин ( $C_7H_7O_2N$ ), или метилбетаинникотиновая кислота, в растениях образуется путем метилирования никотиновой кислоты (рис. 3).

Никотиновая кислота

Тригонеллин

Puc. 3.

Рис. 4. Теобромин

Монометилаллоксан

Монометилмочевина

Тригонеллин в относительно большом количестве содержится в сортах кофе вида Арабика (1,0-1,2%). В сортах кофе вида Канифора (Робуста) его несколько меньше (0,6-0,74%), а в сортах вида Либерика всего 0,2-0,3%. Тригонеллин хорошо растворяется в воде, но термически нестабилен. При обработке кофейных зерен легко превращается в никотиновую кислоту, и поэтому тригонеллин считают основным предшественником образования никотиновой кислоты (витамин PP) в кофейных зернах.

Наличие никотиновой кислоты в сырых зернах кофе было показано еще в 1945 г. (Типлай, Кригл и Илвейдж). При этом было установлено, что содержание водорастворимой фракции никотиновой кислоты в сырых зернах кофе значительно меньше (1,3 мг%), чем в щелочнорастворимых (в 1 н. растворе NaOH 6,6, в 5 н, растворе NaOH 9,5 мг%).

Теобромин ( $C_7H_8O_2N4$ ) является 3,7-диметилксантином, так как при окислении образует монометилаллоксан и монометилмочевину (Чичибабин, 1958) (рис. 4).

Это бесцветный мелкокристаллический порошок, труднорастворимый в воде. Теобромин плавится при 351°С, способен возгоняться, легко растворяться в едких щелочах, давая, например, натриевую соль. Содержание теобромина в сырых зернах кофе

незначительное — 1,5-2,5 мг% (Клиффорд и Вайт, 1976).

Теофиллин ( $C_7H_8O_2N_4$ ) представляет собой 1,3-диметилксантю, который образует бесцветные шелковистые иголочки, содержащие одну молекулу кристаллизационной воды. Теофиллин труднорастворим в холодной воде, плавится при 269-272°С. Общее количество его в зернах дикорастущих кофейных растений 1,0-4,0 мг% (рис. 5).

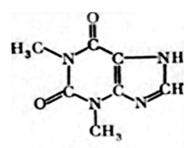


Рис. 5. Теофиллин

Из групп растительных веществ вторичного происхождения в зернах дикорастущих кофейных растений (С. Vianneyi) обнаружен и выделен в кристаллическом виде глюкозид маскарозид ( $C_{26}H_{36}O_{11}$ ). Установлено, что он является пентациклическим дигерпеновым глюкозидом, сходным по некоторым свойствам с кафамарином, найденным в зернах культурных растений кофе (С. Buxifolia). Кафамарин в кофейных зернах С.

Vianneyi обнаружен не был. Кроме того, из зерен С. Vianneyi выделено два других вещества, близких к маскарозиду (Хаммоная и сотр., 1975); Герхард и Хелга, 1978), методами хроматографии и фотометрии установили, что в зернах кофе Робуста и Арабуста дитерпеновый глюкозид [3'-0-β-Dглюкопиранозил-2'-изовалероил-2-β-(2дезоксиатрактилигенин) –  $\beta$  – D) – глюкопиранозид] содержится в виде следов, тогда как в кофе Арабика его 170 – 460 мг/кг. Другой дитерпеновый глюкозид [2'-0-β-D -глюкопиранозилатрактилигенин] в сырых зернах кофе Робуста содержится в количестве 10-45 мг/кг, в зернах кофе Арабуста – 60 и Арабика — 290-340 мг/кг.

Из сырых зерен кофе выделены и идентифицированы методом тонкослойной хроматографии полиамины, путресцин, спермин, спермин (Эйморим Г. и Эйморим В., 1977], образующие при дезаминировании или окислении различные гетероциклические алкалоиды.

Белковые вещества. Впервые относительно глубокие исследования белковых веществ кофе проделаны Ундервудом и Дитрайджем в 1952 г. Авторы, гидролизовав белки сырого кофе, выделили 14 аминокислот и из них количественно определили 9 компонентов. Г. Тхейлер (1977) опубликовал серию статей, в которых показано, что в сыром кофе трех основных разновидностей (Арабика, Робуста и Либерика) белковые вещества содержатся почти в одинаковом количестве (аминный азот 1,55-1,63%, общее содержание белка 9,69-10,19%).

Аминокислотный состав сырого кофе исследован с помощью жидкостной ионообменной хроматографии на анализаторах ЛКБ-4101 (Швеция) и «Хитачи» (Япония). Для определения свободных аминокислот навеску исследуемого материала в количестве 100 г растирали в ступке с дистиллированной водой, количественно переносили в мерную колбу на 100 мл, экстрагировали в течение 1 ч, осадок декантировали, вновь заливали водой и экстрагировали еще дважды. Объединенные эстракты упаривали при 40°C до полного удаления воды, осадок в колбе растворяли в 10 мл цитратного буферного раствора с рН 2,2. 1 мл этого раствора наносили на смолу аминокислотного анализатора. Количественный состав аминокислот определяли путем сравнения площадей пиков на хроматограмме исследуемых образцов, а также площадей

пиков калибровочной смеси аминокислот (табл. 4).

Таблица 4 Аминокислотный состав сырого мексиканского кофе вида Арабика

Амино- кислота	Свободные аминокислоты, мг/100 г сухого вещества	Связанные в белках аминокислоты, г/100 г сухого вещества	
Аспарагиновая кислота	59,8	1,81	
Треонин	29,1	0,73	
Серин	25,8	0,91	
Глутаминовая кислота	658,9	2,61	
Пролин	168,6	0,71	
Глицин	9,1	1,84	
Аланин	42,7	0,82	
Цистин	Следы	0,11	
Валин	11,5	0,89	
Метионин	Следы	0,02	
Изолейцин	4,4	0,60	
Лейцин	5,5	1,25	
Тирозин	43,3	0,50	
Фенилаланин	1074,9	0,70	
Гистидин	147,5	0,46	
Лизин	20,24	0,81	
Аргинин	10,4	0,81	

Для определения связанных в белках аминокислот предварительно проводили кислотный гидролиз белковых веществ в 6 н. НС1 при 105°С и течение 24 ч. Затем белковый гидролизат упаривали до полного улетучивания соляной кислоты, осадок растворяли в цитратном буферном растворе с рН 2,2, фильтровали и использовали для исследования на аминокислотном анализаторе.

В зернах кофе из Вьетнама обнаружена  $\gamma$  – аминомасляная кислота, и Перейра и сотрудники (1978) в сырых зернах кофе вида Арабика и гибрида Арабики с Робустой из Анголы нашли пипеколиновую кислоту, которая в сыром кофе других разновидностей не была обнаружена. Разделение и идентификацию аминокислот кофе эти исследова-

тели проводили при помощи электрофореза и тонкослойной хроматографии.

По данным. Г. Тхейлера и Гейгла, кофейные зерна вида Либерика по аминокислотному составу не отличаются от зерен кофе других разновидностей.

В целом установлено, что по составу аминокислот кофе видов Арабика, Канифора и Либерика практически одинаков, а по их содержанию заметно отличается между собой, что объясняется условиями произрастания.

Липиды. Кофе относится к группе растительного сырья, богатого липидами. В кофе вида Арабика липидов содержится 12-18%, в кофе вида Канифора (Робуста) – 9-13,4% и в кофе вида Либерика – 11-12%. Общие свойства липидов в значительной степени определяются входящими в их состав жирными кислотами. Газохроматографическим методом анализа установлено, что непредельные жирные кислоты составляют 50,1-59,9% от общего количества жирных кислот сырого кофе. Высокое содержание непредельных жирных кислот может свидетельствовать о возможных окислительных процессах в кофейном масле. Однако многолетние наблюдения за изменением перекисных и тиобарбитуровых чисел жира при хранении кофе указывают на отсутствие изменений этих показателей.

Содержание свободных жирных кислот в сырых кофейных зернах высших сортов составляет 0,5-3%, в зернах же более низкого качества их до 20%. По количеству отдельных жирных кислот между сортами одного и того же вида кофе выявлены различия в распределении жирных кислот между триглицеридами, эфирами дитерпенов и собственно эфирами (Вурзигер, 1973). Из общего количества жирных кислот в эфирных маслах кофе линолевая составляет 37-50%, пальмитиновая – 23-25%, олеиновая – 9-14%, линолеиновая — 1-5%, арахидоновая — 1-4%, а миристиновая и бегеновая – до 0,6%. Наряду с этими в виде следов обнаружены также гадолеиновая, лигноцериновая, маргариновая и гексадиеновая кислоты.

В кофейных зернах дикорастущего вида С. Racemosa состав жирных кислот несколько иной. В них преобладают пальмитиновая (39,1%), линолеиновая (34,71%), стеариновая (10,41%) и олеиновая (10%) кислоты.

Йодное число масла сырых кофейных зерен 82-102, число омыления 180-189, бен-

зидиновое число 0,9-1,1, показатель преломления 1,4700-1,4744. Масло кофе содержит примерно 4% фосфатидов.

Неомыляемая фракция липидов содержит компоненты, не растворяющиеся в воде после их обработки спиртовым раствором щелочи. В масле зерен кофе вида Арабика и Канифора (Робуста) содержится от 7 до 20% неомыляемых компонентов липидов, которые обусловливают низкую точку плавления масла (8°С), а удалив их, точку плавления можно повысить до 34-36°С.

Два дитерпена — кафестрол и кавеол (1,2-дегидрокафестрол) — составляют соответственно 40 и 20% неомыляемой фракции и присутствуют в масле кофе преимущественно в виде эфиров жирных кислот. В меньшем количестве содержатся — 1-5-абиетен-13, 19-диол и атрактилозид.

Стеролы кофейного масла составляют около 20% неомыляемых компонентов липидов, серотонины — 3-6%, а остальные ( $\sim$ 15%) приходятся на долю алифатических углеводородов, включая наноксан и разные пигменты.

В последнее время благодаря новым методам структурного анализа достигнуты определенные успехи в идентификации некоторых стеролов. В настоящее время выяснено, что стеролы масла кофе аналогичны содержащимся в других видах растительного сырья. В основном это сиго-сгсрин (53-55%), кампестрол (16-18%), стигмастерин (22-28%) и еще около 10 стеролов, которые присутствуют в меньшем количестве и составляют примерно 7% всех стеролов масла кофе.

В кутикулярном слое сырых кофейных зерен содержатся окситриптамиды карбоновых кислот (5-гидроокситриптамиды) в количестве от 0,08 до 0,24%. Наряду с антиокислительными свойствами окситриптамиды карбоновых кислот играют роль фактора свежести или старости кофе, так как в процессе хранения одновременно с изменением цвета кофейных зерен (потемнением) под действием света и воздуха, снижайся и содержание в них триптамидов (Вурзигер, 1973). В связи с тем, что окситриптамиды вызывают нарушения функции желудка у людей с повышенной чувствительностью, разработан целый ряд способов удалении их из кофейных зерен.

**Углеводы.** Составляют 50-60% от общей массы сырых кофейных зерен кофе. В состав углеводов кофе входят сахароза (6-10%),

целлюлоза (5-12%), пентоза (3-5%), пектиновые вещества (2-3%) и высокомолекулярные полисахариды (клетчатка, лигнин и др.). Установлено, что основным водорастворимым компонентом высокомолекулярных полисахаридов сырого кофе является арабиногалактан (2-5%).

Кроме того, из кофейных зерен выделены глюкогалактоманнан, галактоза, минноза и арабиноза. Долгое время считалось, что в сыром кофе отсутствуют свободные моносахара (глюкоза и фруктоза), однако исследованиями установлено, что в кофе вида Арабика преобладают сахароза, а в зернах кофе Канифора (Робуста) – редуцирующие сахара. Это нашло подтверждение в работах Леричи, Пейпи и Матссса (1978), которые методом газожидкостной хроматографии 80%-ных водных растворах этилового спирта сырых зерен кофе Арабика из Эфиопии и Бразилии наряду с сахарозой обнаружили и количественно определили фруктозу, α-глюкозу, β-глюкозу и два сахара не идентифицировали. В целом общее количество редуцирующих сахаров в зернах достигает 0,7-1%.

Фенольные соединения. Эти соединения кофе представлены дубильными веществами (танин, катехины и др.) и хлорогеновыми кислотами. Оснавную часть фенольных соединений составляют хлорогеновые кислоты. Это понятие впервые ввел Пайен в 1846 г. для объяснения обнаруженного им компонента кофейных зерен.

В кристалличёском виде хлорогеновая кислота была впервые выделена из кофейных зерен Гортером в 1908 г., а ее структура, как кофеил-3-хинная кислота, была установлена Фишером и Дангшетом в 1932 г.

Хлорогеновые кислоты включают в себя около десяти соединений, содержащихся в кофе, а подобные им соединения обнаружены и в других растениях.

В старой литературе сведения об этой группе веществ весьма расплывчаты, так как несколько хлорогеновых кислот часто рассматривались как одно соединение. Положение усугублялось разной номенклатурой хлорогеновых кислот и употреблением тривиальных наименований. Лишь в последние годы благодаря применению современных методов анализа и процессов выделения и разделения этой группы соединений удалось точно установить их структуру и частично выяснить физиологическое действие.

Ниже приведены тривиальные наименования хлорогеновых кислот и соответствующие им названия по химической номенклатуре (Клиффорд, Байт, 1976; Голдони, 1979) (табл. 5).

Таблица 5

Тривиальные наименования хлорогеновых кислот и соответствующие им названия по химической номенклатуре

Тривиальное наименование	Химическая номенклатура
Хлорогеновая кислота	Кафеил-3-хинная кислота
Неохлорогеновая кислота	Кафеил-3-хинная кислота
Криптохлорогеновая кислота	Кафеил-4-хинная кислота
Изохлорогеновая кислота А	4,5-Дикофеилхинная кислота
Изохлорогеновая кислота Б	3,4-Дикофеилхинная кислота
Изохлорогеновая кислота С	3,5-Дикофеилхинная кислота
Псевдохлорогеновая кислота	Смесь кофеила и дикофеилхинной кислоты

Хлорогеновые кислоты представляют собой моно- или диэфиры коричной и хинной кислот. В кофейных зернах обнаружены также эфиры хинной кислоты с кофейной и феруловой кислотами.

Хлорогеновая кислота (кафеил-3-хинная кислота)

Неохлорогеновая кислота (кафеил-5-хинная кислота)

Криптохлорогеновая кислота (кафеил-4-хинная кислота)

Изохлорогеновая кислота фактически является смесью дикофеилхинной кислоты. Первоначально она была идентифицирована как кофеил-5-хинная кислота (1950 г.), затем как кофеил-4-хинная кислота (1955 г.), и, наконец, в 1964 г. установлено, что изохлорогеновая кислота состоит в основном из трех фракций дикофеилхинной кислоты и существуете виде ее изомеров.

Зерна сырого кофе содержат примерно 7-10% хлорогеновых кислот. В кофе вида Канифора (Робуста) концентрация их больше (9-11%), чем в кофе вида Арабика (5,5-8,0%). Основную долю хлорогеновых кислот составляют кофеилхинные кислоты (хлорогеновая и неохлорогеновая кислоты). Так, в кофе вида Арабика их 5,5-7,0%, в кофе вида Кинифора 8,0-9,0%. Затем следуют дикофеилхинные кислоты (изохлорогеновые кислоты). В кофе вида Арабика их 0,5–0,6%, в кофе вида Канифора 1,4-1,7%. В меньшем количестве в кофе содержится ферулоилхинная кислота: в кофе вида Арабика 0,2-0,25%, в кофе вида Канифора 0,6-1,2%. В некоторых типичных сортах кофе, наиболее широко используемых для промышленной переработки, методами газовой хроматографии и тонкослойной хроматографии установлено следующее содержание хлорогеновых кислот (табл. 6).

Исследованиями, проведенными во Всесоюзном научно-исследовательском институте пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии (ВНИПП и СПТ) колориметрическим методом, установлено, что содержание дубильных веществ в кофе вида Арабика (Индия) составляет 6,1-6,36%, в кофе вида Канифора Робуста I сорта (Индия) — 6,8-7,7%, в кофе Сантос I сорта (Бразилия) — 3,6-4,6%.

Минеральные вещества. Сырые кофейные зерна содержат 3-4,5% минеральных веществ. Состав и содержание основных элементов устиновны давно. Однако только в 1972 г. атомно-абсорбционной спектрофотометрией Церевитинову и сотр. (1972) удалось определить в кофейных зернах более полный количественный состав минеральных веществ (в мг%): калий 1712-1750, магний 142-176, кальций 76-120, ширий 2,3-17, железо 2,1-10,0, марганец 1,1-9,8, рубидий 0,6-4, цник 0,5-3,2, медь 0,6-2,3 и стронций 0,4-1,3, а также следы хрома, ванадия, бария, никеля, кобальта, свинца, молибдена, титана и кадмия.

Содержание отдельных минеральных элементов меняется в зависимости от сорта кофе, места произрастания, способа обработки, вида вносимых в почву минеральных удобрений, а также от применяемых средств защиты растений (Кларк, 1976).

Согласно литературным данным определенной зависимости между количеством минеральных веществ и качеством напитка из кофе не существует. Однако считается, что содержание цинка, марганца и рубидия в сырых зернах кофе обусловливает лучшие свойства напитка.

**Органические кислоты.** В сырых кофейных зернах обнаружены лимонная, яблочная, малеиновая, уксусная и щавеле-

Таблица 6 Содержание хлорогеновых кислот в сырых зернах кофе (в% на сухое вещество)

	Сантос 1 сорта (Бразилия)	Арабика (Колумбия)	Вида Канифора	
Хлорогеновая кислота			Рабуста (Индия)	Рабуста (Мадагаскар)
Кафеил-3-хинная кислота (хлорогеновая)	5,56	3,77	6,94	7,26
Кафеил-3-хинная кислота (нехлорогеновая)	0,88	0,66	1,12	1,3
Кафеил-4-хинная кислота (криптохлорогеновая)	0,41	0,32	0,54	0,62
4,5-Дикофеилхинная кислота	0,28	0,5	0,67	0,83
3,4-Дикофеилхинная кислота	0,21	-	-	-
3,5-Дикофеилхинная кислота	0,11	-	-	-

вая кислоты (Сивец и Фут, 1963). В кофейных зернах разных видов и сортов (Арабика высшего сорта из Колумбии, Сантос I сорта из Бразилии, Робуста II сорта из Индонезии и др.) состав и содержание органических кислот различны. Показано, что кислотность сырого кофе различных ботанических видов и сортов составляет от 2,4 до 4,0°Т. При длительном (3-5 лет) хранении сырого кофе в нормальных условиях кислотность его возрастает незначительно.

**Витамины.** В кофейных зернах обнаружены тиамин ( $B_1$ ), рибофлавин ( $B_2$ ), пантотеновая кислота, никотиновая кислота (PP), пиридоксин ( $B_6$ ), витамин  $B_{12}$  (Чиненова, 1970) и токоферол (E) (Фолстар, Вон дер Плас, Пильник и Хеус, 1977).

Ферменты. Сырой кофе, поступающий на промышленную переработку, биологически активный продукт, в котором локализованы ферментные системы почти всех классов: оксидоредуктазы, гидролазы, трансферазы и изомеразы, играющие важную роль в биохимических и физико-химических процессах зерна.

Изменение цвета сырого кофе разных видов и сортов от зеленого и светло-зеленого до белого, беловато-желтого, желтого и темно-коричневого связано с изменением активности комплекса ферментных систем, содержащихся в кофейных зернах.

Все вещества, входящие в химический состав кофе – летучие и быстро окисляются кислородом, вследствие этого рекомендуется или обжаривать кофе непосредственно перед употреблением, или хранить обжаренный кофе непродолжительное время в герметически закрывающихся стеклянных или жестяных банках. Сумма растворимых веществ, переходящих в напиток, достигает 30%, что составляет примерно 85% всего их количества, содержащегося в жареных зернах кофе. При этом в напиток переходит до 80% хлорогеновой кислоты и до 90% кофеина.

## Физиологическое действие кофе на организм человека

Кофе вызывает самые различные чувства по отношению к его вкусовым качествам – от неприязни до восторга, но никого не оставляет равнодушным. Его сильное влияние на организм человека и породило эти диаметрально противоположные мнения о его вреде и пользе.

Примером горячих споров по этому вопросу может служить история, произошед-

шая в XVIII веке в Швеции. Чтобы решить этот спор, король Густав III решил сделать следующее – заменил смертную казнь двум братьям-близнецам пожизненным заключением. Они должны были жить в одинаково благополучных условиях и ежедневно выпивать большую порцию: один чая, другой кофе. Осужденных заточили в крепость и два профессора должны были наблюдать за ними. Шли годы, десятилетия. Погиб король, умерли профессора, а братья все еще жили и чувствовали себя бодро. Наконец, в возрасте 83 лет умер осужденный, пивший чай, а через несколько лет умер тот, кто пил кофе.

Спор о вреде и пользе кофе продолжается и в наши дни. Этому вопросу посвящены многие теоретические работы, научные исследования, клинические опыты. Но большинство научно-исследовательских работ посвящено влиянию чистого кофеина на организм человека. Надо отметить, что влияние кофе и кофеина различно и зависит от степени их концентрации, различных способов приема и наличия в кофе сопутствующих веществ. Однако отмечается и схожесть их влияния.

В чем же заключается влияние кофе на организм человека?

Кофе – это возбуждающий напиток, именно этому своему качеству он обязан широким распространением. Возбуждающее и стимулирующее действие кофе оказывает на человека во время физической усталости, придает на короткое время бодрость и силу. Кофе оказывает влияние на высшие отделы центральной нервной системы. Кофеин – один из главных растительных алкалоидов, возбуждает и нормализует работу центральной нервной системы. В физиологическом отношении он является тонизирующим средством: устраняет вялость, сонливость, улучшает работу органов чувств, ускоряет передачу нервного возбуждения. Кофеин особенно полезен людям умственного труда, возбуждая нервные клетки, он увеличивает их восприимчивость, располагает к сосредоточенному мышлению.

Какова же переносимость кофе у здорового человека? Чашка кофе обычно содержит 100 мг кофеина в сорте «арабика» и приблизительно 250 мг в сорте «робуста». Поэтому у многих людей кофе вызывает сердцебиение, нарушение пульса, боли в сердце, повышенную нервную возбудимость, бессонницу, у некоторых, как это ни парадоксально — сонливость. Чашка кофе препятствует понижению активности после

приема пищи, стимулирует физическую и психическую активность человека.

Кофе оказывает определенное действие на органы пищеварения. Он вызывает увеличение выделения желудочного сока и соляной кислоты. Через 20-30 мин после принятия черного кофе кислотность в желудке достигает максимума. Увеличение концентрации напитка в содержимом желудка увеличивает и содержание свободной соляной кислоты, возрастает общая кислотность. Желудочная секреция, вызываемая кофе, равносильна действию всеми признанного активатора секреторной реакции - мясного бульона. Кофе способствует повышению усвояемости пищи. Недаром у многих народов принято подавать черный кофе после завтрака и обеда.

Как сильный возбудитель желудочной секреции, черный кофе должен быть исключен из рациона больных язвенной болезнью и гастритом, можно рекомендовать в этом случае употребление кофе с молоком, сливками, при этом его влияние на желудочную секрецию значительно снижается. Кофе стимулирует перистальтику кишечника.

Интересно отметить действие, которое кофе оказывает на желчный пузырь, желчные протоки и печень. Кофе усиливает выделение желчи. Кофеин стимулирует обмен некоторых веществ в организме и нормализует усвояемость сахара и угнетает деятельность щитовидной железы. Кофе угнетает жизнедеятельность микроорганизмов и, следовательно, с этой точки зрения он полезен для человека во многих случаях.

В последние годы в медицинской литературе приводилось много примеров вредного влияния кофе, вызывающего разные заболевания, среди которых: инфаркт миокарда, ранний атеросклероз, рак системы пищеварения, рак мочевого пузыря, сахарный диабет, гипертония, падагра, болезни почек и т.д. Беглый обзор новейших исследований в связи с действием кофе на организм человека свидетельствует о том, что кофе – один из немногих стимуляторов, не оказывающих существенных побочных воздействий на сердечно-сосудистую систему, жировой обмен, углеводы, мочевую кислоту, а также на деятельность печени, желудка и выделительной системы.

Кофе, как и спирт, возбуждает, согревает и активизирует деятельность человека, но с той разницей, что не имеет опьяняющего и расслабляющего действия и не приводит к

тем последствиям, которые возникают в результате приема спиртных напитков.

Тем не менее потребление кофе в мире в последнее время снижается. Одна из причин этого снижения состоит в том, что врачи приписывают ему канцерогенные свойства, медики также не рекомендуют пить кофе из-за большого содержания кофеина. Они говорят, что кофе оказывает вредное влияние на систему кровообращения, сердечную деятельность, сон. Конечно, при всех своих положительных качествах и физиологических свойствах, обусловивших его широкое распространение, кофе может оказывать на организм и вредное действие. Он противопоказан при гипертонии, бессоннице, повышенной возбудимости нервной системы и других заболеваниях.

Опасна также интоксикация, т.е. отравление большим количеством кофеина при злоупотреблении кофе.

Так пить или не пить кофе? Вреден ли он для здоровья? Данные вопросы остаются открытыми. Правда, кроме кофеина кофе содержит около 300 органических веществ, воздействие которых еще не изучено. Известно, что кофеин уже через 5 минут после употребления проникает во все части тела, вызывает сужение одних кровеносных сосудов и расширение других, повышает скорость обмена веществ, ускоряет выработку желудочных кислот, облегчает восприятие сенсорных стимулов, активизирует деятельность мозга, благоприятно действует на дыхательную функцию и т.д. Из организма кофеин выводится на следующий день. В клинической практике лечебная доза кофеина -0.25 г, максимальная -1.5 г в день, смертельная – 10,0 г, т.е. 100 чашек кофе.

Японские врачи обнаружили в кофе целебные свойства. Они считают, что напиток помогает в борьбе с атеросклерозом, так как увеличивает содержание в крови доброкачественного холестерина, препятствующего затвердению стенок кровеносных сосудов. Для подтверждения этих выводов в токийском медицинском институте «Дзикяй» был проведен эксперимент. Добровольцы в течение 4 недель ежедневно выпивали по 5 чашек черного кофе. Трое из них «сошли с дистанции», поскольку стали жаловаться на отвращение к напитку. У остальных через 4 недели в среднем на 15% повысилось содержание в крови доброкачественного холестерина, прекращения эксперимента содержание холестерина стало уменьшаться.

Основываясь на исследованиях о вредности кофе, ученые считают, что умеренное его потребление серьезной опасности не представляет. Для здорового человека кофе кроме пользы ничего не дает, естественно, если им не злоупотреблять, как и любой другой пищей. Противопоказания при употреблении кофе сравнительно ограничены.

Сколько чашек кофе можно выпивать в день без риска для здоровья? Если это «робуста», то разумно придерживаться нормы 1-2 чашки кофе в день, «арабика» — 3-4 чашки. Питательность кофе сравнительно небольшая: чашка кофе без сахара дает приблизительно 11 калорий, с добавлением молока и сахара — около 78 калорий.

Кофейное зерно содержит около 1300 различных веществ, и далеко не все из них известны науке. Состав может изменяться в зависимости от сорта, региона выращивания и обжарки. Процесс обжарки дает до 800 разных привкусов. Другими словами, для создания уникального аромата кофе, необходимо 800 отдельных элементов. В отличие от всех других ароматов, ароматизатор кофе невозможно синтезировать. В составе содержаться: углеводы – 30-40%; вода – 10-13% (после обжарки: 1-2,5%); белки -11%; жиры: 10-13%; минералы – 4% (90% из которых остаются в конечном продукте); кислоты – 30-70% распадаются в процессе обжарки; алкалоиды (кофеин) – 0,8-2,5%, в зависимости от сорта; ароматические вещества – 0,1% летучих ароматических веществ (образуются в процессе обжарки).

Про науку в целом и в особенности про биологию важно понимать: в ней нет готовых и чётко сформулированных ответов, особенно когда дело касается нашего организма и веществ, которые мы употребляем; ни один учёный не может сказать вам: не ешьте вот этого, спите ровно столько-то, не пейте кофе и всё будет в порядке. Сложные системы так попросту не работают. С кофе всё еще забавнее: это самый популярный психоактивный наркотик (в первоначальном смысле этого слова – вещество, вызывающее привыкание) в мире, его пьют миллионы людей каждый день, и учёные постоянно проводят исследования, доказывающие, что это либо самый прекрасный, либо самый ужасный напиток в мире.

Употребление кофе представляет действительно редкий случай сочетания приятного с полезным. Кофе имеет большие преимущества по сравнению с другими напит-

ками по содержанию веществ, полезных для здоровья. Но если употребление кофе приводит к появлению неприятных ощущений в груди, то от него будет лучше отказаться.

#### Список литературы

- 1. Бердымухамедов Г.М. Государственное регулирование социально-экономического развития Туркменистана. Том 1. А.: Туркменская государственная издательская служба, 2010.
- 2. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е., Пенжиев А.М. и др. Математическая модель для описания теплового режима гелиотеплицы траншейного типа // Гелиотехника. 1988. № 2. С. 40-44.
- 3. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е., Пенжиев А.М. и др. Обобщенная математическая модель для описания термических режимов культивационного сооружения траншейного типа // Известия АН ТССР. Сер. физ.-техн., хим. и геол. наук. -1985. -№ 3. C. 12-17.
- 4. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве. Ашхабад: Ылым, 1983.
- 5. Данильянц И.Э., Пенжиев А.М., Карпаев К. Построение регрессивной зависимости от агрометеорологических факторов развития кофейного дерева в теплицах // Известия АН ТССР. Сер. биол. наук. 1984. № 6. С. 68-71.
- 6. Дзагания А.М. Болезни кофейного дерева и меры борьбы с ними в Республике Куба // Субтропические культуры. 1981. № 6. С. 137-140.
- 7. Диначев Л. Азотное питание плодов в условиях Кубы // Международный сельскохозяйственный журнал. -1983. -№ 5. C. 6-48.
  - 8. Зерна раздора // Комсомольская правда. 1988. №16.
- 9. Максимец В.П. Контроль качества напитков. Общественное питание. М.: Экономика, 1988.
- 10. Нагарный В.Д. Система удобрений тропических плантационных культур и борьба с вредителями. М., 1976.
- 11. Нахмедов Ф. Технология кофепродуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
- 12. Пенджиев А.М. Разработка, создание и исследование гелио- теплицы траншейного типа для выращивания кофейных деревьев: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ашхабад, 1987.
- 13. Пенджиев А.М. Шипа биринжи ичги. Ашхабад: Туркменистан, 1990.
- 14. Пенджиев А.М. Агротехника выращивания дынного дерева (Сагіса рарау L.) в условиях защищенного грунта в Туркменистане: автореф. дис. . . . д-ра с/х наук. M., 2000. 54 с.
- 15. Пенджиев А.М. Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок: монография. LAMBERT Academic Publishing, 2012. 166 с.
- 16. Пенджиев А.М. Экологические проблемы освоения пустынь: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 226 с.
- 17. Пенджиев А.М. Напиток вечной бодрости. Издательство «Ridero»,  $2015.-132~\mathrm{c}.$
- 18. Рыбакова Л.Е., Пенджиев А.М. Возможность выращивания t кофейного дерева в условиях Туркмении. Ашхабад: Туркмен-НИИНТИ, 1987.
- 19. Рыбакова Л.Е., Пенджиев А.М. Тепловой режим гелиотеплицы траншейного типа // Гелиотехника. 1988. № 2. С. 40-44.
- 20. Рыбакова Л.Е., Пенджиев А.М. Рекомендации по выращиванию кофейных деревьев в условиях солнечной теплицы. Ашхабад: ТуркменНИИНТИ, 1990.
- 21. Рыбакова Л.Е., Пенджиев А.М. Гелиотеплицы // Сельский механизатор. 1985. С. 31-33.
- 22. Синягин И.И. Тропическое земледелие. М.: Колос, 1968.
- 23. Узунов И.С. Болезни тропических плодовых культур и борьба с ними. М.: Колос, 1983.
- 24. Источник: greenrussia.ru/news/sreda/1385-potreble-nie-kofe-v-mire.html.
  - 25. Источник: USDA