Департамент образования города Москвы

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение

города Москвы

«Гимназия № 1505 «Московская городская педагогическая гимназия-лаборатория»»

**ДИПЛОМНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

на тему:

**Изучение содержания кофеина в кофе с разных мест произрастания**

Выполнил (а):

Дроздова Дарья Андреевна, 10 «В» класс

Руководитель

Шипарева Галина Афанасьевна

подпись\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рецензент:

ФИО (указать должность, при наличии – указать ученую степень, ученое звание)

подпись\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Москва

2017/2018 уч.г.

**Оглавление**

|  |  |
| --- | --- |
| **Введение**………………………………………………………………. |  |
| **Глава I. Теоретическая часть**………………………………………. |  |
| * 1. Вещества, входящие в состав кофе……………………………. |  |
| * 1. География произрастания кофе сорта Арабика……………….   2. Методы анализа кофеина………………………………………. |  |
| **Глава II. Практическая часть**………………………………………. |  |
| **Заключение**……………………………………………………………. |  |
| **Литература**……………………………………………………………. |  |

**Введение**

Актуальность:

Кофе находится на третьем месте среди самых популярных напитков в мире, уступая лишь чаю и питьевой воде. У некоторых людей вошло в привычку начинать утро с чашечки кофе, ведь этот напиток любят не только за неповторимый вкус и аромат, но и за бодрящие свойства, которые придаёт ему кофеин.

Гипотеза:

Количество кофеина в кофе с разных мест произрастания различается.

Цель:

Определить, зависит ли содержание кофеина от места произрастания кофе.

Задача:

1. Рассмотреть химический состав кофе.
2. Ознакомиться с разными сортами кофе, местами выращивания кофе и разницей условий между ними.
3. Изучить методы анализа кофеина
4. Выделить кофеин из зерен кофе с разных мест произрастания и сравнить его количество.

Для выполнения данных задач потребовалось использовать некоторые источники информации:

Статья «Душа кофе» («Химия и Жизнь», 1975, №11), автор которой Вольпер И. Данная статья очень информативна для диплома, т.к. в ней подробно рассказывается про основные вещества, входящие в состав кофе. В ней содержится достаточно много информации про кофеин, тригонеллин и кафеоль.

Статья «Химический состав кофе», автор которой Пучеров Н.Н. В данной статье есть много информации про кофеин, тригонеллин, кафеоль, хлорогеновую кислоту и танинов, чем очень информативна для написания диплома.

**Глава I.**

* 1. **Вещества, входящие в состав кофе.**

Кофе – очень сложный природный продукт, состоящий из огромного набора различных веществ. К сожалению, роль многих компонентов, входящих в бодрящий напиток, до сих пор не изучена. Конечно, попытки придумать способ придать кофезаменителям кофейный аромат предпринимались уже много лет. Но если забыть какой-нибудь, казалось бы, неважный компонент, отдушка не сможет повторить аромат бодрящего напитка. Стоит отметить, что разные сорта кофейных зерен могут немного различаться в своём химическом составе. Так же химический состав зерна изменяется по мере его обжарки, поскольку органические вещества при обжарке испытывают химические превращения. В данном дипломе будут перечислены лишь основные вещества, содержащиеся в кофе, а так же, на что они влияют. Нижеперечисленные вещества будут представлены в виде таблицы (стр. 8-9, таблица 1), где про каждое вещество будет кратко изложено, за что они отвечают.

**Кофеин.** Он был открыт в 1819 году немецким химиком Фердинандом Рунге[[1]](#footnote-1). Название кофеина происходит от «кофе», поскольку впервые он был открыт именно в нём. Позже, в 1827 году был выделен из чайных листьев новый алкалоид, и назвали его теином. В 1828 году Пеллетье и Каванту[[2]](#footnote-2) впервые выделили кофеин в чистом виде из кофейного экстракта. Он имеет вид бесцветных кристаллов с горьковатым вкусом. А в 1838 году Иобст[[3]](#footnote-3) и Мульдер [[4]](#footnote-4)доказали тождественность теина и кофеина. К концу XIX века Германом Эмилем Фишером[[5]](#footnote-5) была расшифрована структурная формула кофеина, и он же первый искусственно его синтезировал. Брутто-формула кофеина - C₈H₁₀N₄O₂.

Кофе является алкалоидом, т.е. азотсодержащим природным органическим веществом. Как и большинство кислородосодержащих алкалоидов, чистый кофеин представляет из себя бесцветные кристаллы. Он имеет горький вкус, что свойственно большинству алкалоидов.

В кофе содержится от 0,6 до 2,4% кофеина. Также он содержится и в других растениях, в том числе, как было сказано выше, в листьях чая. При этом, несмотря на то, что при одинаковой массе чай будет обладать вдвое большим количеством кофеина, чем кофе, в чашке чая будет вдвое меньше кофеина, чем в чашке кофе. Это связано с тем, что для приготовления чая берут небольшое количество чайного листа по сравнению с количеством кофе. Именно поэтому мы пьём именно кофе, чтобы взбодриться, а не чай.

Ещё в 1592 году писал о лечении с помощью кофе итальянский врач Проспер д’Альпино[[6]](#footnote-6). Но и тысячи лет назад целебные свойства кофе были известны арабской медицине. Сейчас кофеин стал весьма распространенным лекарственным средством. Это связано со свойствами кофеина. Он возбуждает центральную нервную систему, а конкретно, стимулирует процессы возбуждения в коре головного мозга. Также под воздействием кофеина ускоряется сердечная деятельность и поднимается кровяное давление. Из-за высвобождения дофамина примерно на 30 минут улучшается настроение после попадания кофеина в организм. Однако спустя 3-6 часов эффект спадает, появляется усталость, вялость и снижается трудоспособность.

**Тригонеллин.** Второй алкалоид, содержащийся в кофе. Он не обладает возбуждающими свойствами, как кофеин. Но именно он дарит обжаренному кофе свой аромат. Его брутто-формула - C7H7NO2.

При обжарке тригонеллин разрушается, образуя никотиновую кислоту. Это вещество представляет собой один из витаминов B-группы, а точнее, витамин B3. Этот витамин необходим для синтеза белков и жиров, а также для освобождения энергии из всех пищевых веществ, участвует в образовании ферментов. Также витамин B предупреждает множество заболеваний, в том числе и пеллагру. Поэтому в странах Южной Америки, где кофе – традиционный напиток, пеллагра практически не встречается.

**Хлорогеновая кислота.** Является сочетанием молекулы кофейной кислоты с остатками хинной кислоты. В третьем выпуске 1966 года журнала «Химия и жизнь» Р. Смит предположил, что именно продукты распада хлорогеновой кислоты придают кофе характерный вкус и аромат.

Хлорогеновая кислота содержится в довольно маленьких количествах в составе кофе, также она проявляет похожие свойства, как у кофеина, но по меньшей мощности воздействия. Она активизирует процесс сжигания жиров и регулирует обменные процессы, снижает поглощение углеводов и снижает риск развития диабета. Она стимулирует обмен азота и помогает строить молекулу белка.

**Кафеоль.** Его открыл немецкий химик Эрдманн[[7]](#footnote-7) ещё в самом начале XX века, дистиллируя с перегретым паром жареный кофе, выделив при этом остро пахнущее масло. Когда кофе терял кафеоль, он заодно терял свой вкус и аромат. Поэтому можно смело считать, что именно это вещество придаёт кофе своё очарование. Однако кафеоль является не самостоятельным соединением, а смесью. Сам Эрдманн опознал более десяти соединений, среди которых уксусная кислота, метиловый спирт и другие. В 1960 году продолжили работу американские исследователи Златкис и Сайветц[[8]](#footnote-8), которые выделили две группы носителей ароматов. Первая группа была сконцентрирована из газов, образованных при обжаривании кофе. Вторую получили из дистиллята при перегонке жареных зерен в вакууме. После этого компонентов, отвечающих за аромат кофе, перевалило уже за сотни. А в 1967 году американские ученые Готши и Уинтер[[9]](#footnote-9), применяя современные методы исследования, обнаружили более 220 компонентов, отвечающих за аромат кофе.

Кафеоль образуется лишь при обжарке кофейных зерен в результате многих пирохимических реакций. В кофе его содержание может быть до 1,5%.

**Танин.** Основной его функцией является связывание веществ, в частности, белков и полисахаридов. Именно поэтому разрушение танина может повлечь за собой и распад многих ценных соединений. Также танин придаёт кофе привкус горечи. Молоко или сливки, если их добавить в кофе, связывают танин, тем самым частично избавляя напиток от горечи. В сырых зернах танин может составлять около 7,7%. Однако во время обжарки он распадается, и в готовом напитке остаётся уже не более 1%. Однако как раз благодаря распаду танина кофе также приобретает свой неповторимый аромат и вкус.

**Сахароза.** Углеводы составляют примерно 50% от общего веса кофе. В кофе содержится множество типов углеводов, но самый главный среди них – сахароза. В арабике содержание сахарозы варьируется 6-9%, в робусте 3-7%. При обжаривании кофейных зерен сахароза легко разлагается. Благодаря сахарозе при обжарке кофейного зерна образуются органические кислоты, из-за чего зерно набирает кислотность. Кислотность является определяющим фактором в оценке качества зерна. Так, арабика считается самым качественным сортом, поскольку в ней находится высокое содержание сахарозы в зеленом зерне, которая при обжарке образует большое количество органических кислот. Также считается, что под высокой температурой сахар подвергается карамелизации, в результате чего напиток приобретает характерный коричневый цвет.

**Минеральные вещества.** В сырых кофейных зернах минеральных веществ содержится примерно 3-5%. При этом, преобладает калий, в 10 раз меньше магний и кальций, ещё меньше натрий, железо и марганец. Поскольку при обжарке кофейные зерна теряют воду, то процентное содержание минеральных веществ увеличивается до 5-7%. Считается, что содержание цинка, марганца и рубидия в сырых зернах означают лучшее качество готового кофе. Калий отвечает за сокращение наших мышц, регулирует сердечнососудистую и другие системы. Магний участвует в образовании энергии из глюкозы, улучшает работу нервной и мышечной систем. Кальций является важнейшим составляющим наших костей. Натрий транспортирует аминокислоты и другие элементы в наши клетки. Железо переносит кислород в организме, является необходимой составляющей крови человека. Марганец предотвращает отложение жиров в организме и помогает росту. Цинк применяет участие в сокращении мышц и образования белка, активирует некоторые гормоны, способствует распаду жиров.

Таблица 1. Вещества, входящие в состав кофе.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вещество** | **Брутто-формула** | **За что отвечает** |
| **Кофеин** | C₈H₁₀N₄O₂. | Возбуждает центральную нервную систему, а конкретно, стимулирует процессы возбуждения в коре головного мозга. Также под воздействием кофеина ускоряется сердечная деятельность и поднимается кровяное давление. Из-за высвобождения дофамина примерно на 30 минут улучшается настроение после попадания кофеина в организм. Однако спустя 3-6 часов эффект спадает, появляется усталость, вялость и снижается трудоспособность. |
| **Тригонеллин** | C7H7NO2 | Дарит обжаренному кофе свой аромат, образует витамин B3 |
| **Хлорогеновая кислота** | C16H18O9 | Она активизирует процесс сжигания жиров и регулирует обменные процессы, снижает поглощение углеводов и снижает риск развития диабета, стимулирует обмен азота и помогает строить молекулу белка. Предположительно её разложение дарит кофе его вкус и аромат. |
| **Кафеоль** | более 220 компонентов | Даёт кофе его уникальный вкус и аромат. |
| **Танин** | C76H52O46 | Является связывание веществ, в частности, белков и полисахаридов и придаёт кофе привкус горечи. |
| **Сахароза** | C₁₂H₂₂O₁₁ | При обжарке благодаря сахарозе образуются органические кислоты, из-за чего зерно набирает кислотность. |
| **Минеральные вещества** |  | ***Калий*** отвечает за сокращение наших мышц, регулирует сердечнососудистую и другие системы. ***Магний*** участвует в образовании энергии из глюкозы, улучшает работу нервной и мышечной систем. ***Кальций*** является важнейшим составляющим наших костей. ***Натрий*** транспортирует аминокислоты и другие элементы в наши клетки. ***Железо*** переносит кислород в организме, является необходимой составляющей крови человека. ***Марганец*** предотвращает отложение жиров в организме и помогает росту. ***Цинк*** применяет участие в сокращении мышц и образования белка, активирует некоторые гормоны, способствует распаду жиров. |

* 1. **Сорта и места произрастания кофе.**

К роду такого растения, как кофе, можно отнести чуть более девяносто разновидности растений. Веками эти растения собирались и изучались. Население тех мест, где произрастали разные сорта кофе, не сразу пришли к промышленному производству кофейных напитков, а накапливали многовековой опыт. Таким способом они выделили только два сорта - самых полезных, вкусных и легко выращиваемых в промышленных масштабах. Это кофе «Арабика» и кофе «Робуста». Эти два сорта неровно заняли места на потребительском рынке. Большую часть заняла «Арабика», более 70 % от всего потребляемого кофе, и меньшую часть, менее 30 % рынка, заняло кофе «Робуста». Но есть еще кофе, который мало потребляемый как напитки - это такие сорта как «Либерика» из западной Африки, «Эксцельзы», «Мокко», «Бурбон», «Тиника» и некоторые другие, которые произрастают в Конго, Вьетнаме, Вэнесуэлло, Филиппинах и Кении. Эти сорта не только не удобны в обработке, потому что требовательны к почвам и неустойчивы к вредителям, но еще не обладают тем ароматом, ради которого и производят кофе в промышленных масштабах. Таким образом востребованные сорта пробили себе дорогу на потребительском рынке, подвинув другие, малоинтересные как с точки зрения коммерции, так и с точки зрения вкусовых качеств.

Если рассмотреть поближе зерна Арабики и Робусты, то можно понять, что не только своими качествами напитки отличается друг от друга, но и своим внешним видом. Так Арабика имеет вытянутую форму и выглядит как немного увеличенное зерно пшеницы, но не с прямой полоской посередине, а с полоской в виде латинской буквы "S", что и является фирменным знаком сорта Арабика. Этот сорт содержит больше ароматических масел, но почти в два раза меньше кофеина, чем зерна робусты. Арабика очень солнцелюбив и занимает площади на земле для своего произрастания от 900 м до 2000м над уровнем моря, чем и обусловливается насыщенный цвет зерна.

Робуста – это кофе из тропиков Африки, т.е. произрастает в более теплых местах, но ниже по отношению к уровню моря (начиная с 200 м над уровнем моря) и с более бледным диапазоном расцветки: от светло-коричневого до серо-зеленого. Робуста имеет округлую форму. Из-за быстрого созревания и высокой иммунной устойчивости к вредителям этот сорт имеет низкую себестоимость. Поскольку Робуста содержит большее количество кофеина и образует более активно пенку, чем в кофе из зерен Арабики, для эспрессо часто используют как раз зерна Робусты.

Конечно, людьми было опробовано много сортов кофе, прежде чем они определились во вкусовых приоритетах. Так, например, сорта Эксцельзы, Мокко, Бурбон, Тиника, Маракажу и сорт Либерика не только не удовлетворили своими вкусовыми качествами, но и способами их выращивания. Это, прежде всего, требовательность данных сортов к почвам, хотя они обладают малым в них количеством кофеина и не самым лучшим вкусом. Именно поэтому данные сорта уступили место на рынке вышеназванным Арабике и Робусте.

Вкус и аромат кофе во многом зависит от места его произрастания. Особое значение занимает климат и высота плантации над уровнем моря. Лучшими зернами арабики считаются с плантаций на высоте 1300-2000 м, где годовой уровень осадков 2000 мм и четко разграниченные сухой и влажный периода года, средняя годовая температура 25-30 градусов, и, конечно, наличие плодородной почвы, часто вулканического происхождения. Поэтому арабику выращивают в странах Америки, Африки и Юго-Восточной Азии, которые расположены в Экваториальном поясе. Условия экваториального климата обеспечивают обилие осадков и стабильную годовую температуру, идеально подходя для выращивания кофе.

Ниже перечислены некоторые страны, выращивающие кофе, и особенности их климата.

Бразилия занимает первое место в мире по производству кофе. Однако, качество бразильского кофе считается средним. Арабику выращивают на низких плоскогорьях, из-за чего зерна не отличаются высоким вкусовым показателем.

Все плантации Колумбии располагаются на высоте 1000-1800 м над уровнем моря и хорошо прогреваются солнцем, в этом районе характерна высокая влажность из-за частых дождей. Колумбийский кофе имеет хорошую репутацию на рынке, ведь благодаря подходящим климатическим условиям, произрастающая там арабика имеет хорошее качество.

Куба расположена в тропическом поясе. На её климат так же влияют океанические ветры. Кофе выращиваются преимущественно в горах, где достаточно солнечного тепла и количества осадков. Кубинский кофе считается очень крепким. Однако, в количественном соотношении Куба не может конкурировать со странами, производящими кофе в промышленном масштабе, но на качество кофе это не влияет.

Кофе в Коста-Рике выращивается на горных плантациях на высоте от 900 м над уровнем моря. Перепады температуры между днём и ночью увеличивают количество кофеина в кофе, из-за чего он считается крепким видом.

Эфиопия считается родиной кофе. И до сих пор здесь производят кофе. Удивительно, но большая часть собранного кофе являются зернами дикорастущей арабики. Эфиопия является самой высокогорной страной Африки, она расположена в субэкваториальном и экваториальном климатических поясах. Несмотря на засушливый климат на равнинах, в горах условия отлично подходят для выращивания кофе благодаря обилию солнца и комфортных температурах и влажности.

* 1. **Выделение кофеина.**
     1. **Экстракция**

Для разделения веществ в химии используют разные методы, один из которых экстракция. Для этого используют избирательные экстрагенты, то есть растворители.

Процесс экстракции проходит в три этапа. Первый этап это смешивание исходной смеси с ратсворителем. Тогда происходит разделение смеси на два слоя – слой растворившегося вещества в экстрагенте и слой не растворившегося вещества. Второй этап – механическое разделение растворившегося в экстрагенте вещества (экстракта) от не растворившегося (рафината). Третий этап включает в себя выделение экстрагированного вещества из растворителя с помощью выпаривания, кристаллизации и др. Вместе с этим получают обратно растворитель, который можно использовать повторно.

Достоинствами экстракции являются простота проведения и отсутствие потребности в сложной аппаратуре. Её можно проводить при низких рабочих температурах и с веществами, близкими по температуре кипения. Однако, минусом экстракции является сложность полного выделение растворителя из экстрагируемого вещества.

Метод экстракции активно используется в аналитической химии. Ведь он позволяет выделить вещества из смеси для количественного анализа и определить содержание примесей в исследуемых веществах.

**Литература**

1. Арабика и робуста - различия // Kofella URL: http://kofella.net/sorta-kofe/arabika-i-robusta-razlichiya.html (дата обращения: 27.12.2017).
2. Бразильский кофе // Kofella URL: http://kofella.net/sorta-kofe/brazilskiy-kofe.html (дата обращения: 27.12.2017).
3. Вольпер И. Душа кофе // Химия и Жизнь. 1975. №11.
4. Колумбийский кофе // Kofella URL: http://kofella.net/sorta-kofe/kolumbiyskiy-kofe.html (дата обращения: 27.12.2017).
5. Кофе Коста-Рики // Kofella URL: http://kofella.net/sorta-kofe/kofe-kosta-riki.html (дата обращения: 27.12.2017).
6. Кофе Эфиопии // Kofella URL: http://kofella.net/sorta-kofe/kofe-efiopii.html (дата обращения: 27.12.2017).
7. Кофеин // Formula Info URL: http://formula-info.ru/khimicheskie-formuly/k/formula-kofeina-strukturnaya-khimicheskaya (дата обращения: 27.12.2017).
8. Кубинский кофе // Kofella URL: http://kofella.net/sorta-kofe/kubinskiy-kofe.html (дата обращения: 27.12.2017).
9. Минеральные вещества // Tvoytrening URL: <http://www.tvoytrening.ru/racion-sportsmena/44-mineralnie-veshestva.html> (дата обращения: 18.05.2017).
10. Углеводы // Just coffee factory URL: <https://justcoffee.ru/blog/kofeynyy-mir/coffee-chemistry> (дата обращения: 18.05.2017).
11. Химический состав и пищевая ценность кофе // Kivahan URL: <http://kivahan.ru/himicheskij-sostav-pishhevaya-cennost-kofe/> (дата обращения: 18.05.2017).
12. Химический состав кофе // Энциклопедия кофе URL: <http://www.sweetcoffee.ru/coffee11.shtml> (дата обращения: 18.05.2017).
13. Химия кофе // О кофе URL: <http://aboutcoffee.info/> (дата обращения: 27.12.2017).
14. Экстракция // ХиМиК.ru URL: http://www.xumuk.ru/bse/3230.html (дата обращения: 27.12.2017).

1. Фердинандом Рунге (1794-1867) – немецкий химик-органик. Важнейшие научные работы посвящал изучению органических соединений. Также известен тем, что первый предложил использовать хлор как дезинфицирующее средство [↑](#footnote-ref-1)
2. Пеллетье (1788-1842) и Каванту (1795-1877) – французские химики и фармацевты, внесшие огромный вклад в изучение химии алкалоидов [↑](#footnote-ref-2)
3. [↑](#footnote-ref-3)
4. [↑](#footnote-ref-4)
5. Герман Эмиль Фишер (1852-1919) –немецкий химик, лауреат Нобелевской Премии по химии в 1902 году за исследование сахаров и пуринов, синтез глюкозы [↑](#footnote-ref-5)
6. Проспер д’Альпино (1553-1617) – итальянский врач и ботаник, в 1580 году отправился в Египет в качестве личного врача венецианского консула. Там он посвятил себя изучению природы и состоянию врачебного дела в Египте [↑](#footnote-ref-6)
7. Эрдманн [↑](#footnote-ref-7)
8. [↑](#footnote-ref-8)
9. [↑](#footnote-ref-9)