Миронова Алена Александровна, учащийся школы
ГБОУ города Москвы «Школа №171», г. Москва
Синолиц Артём Вадимович, аспирант, инженер
МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

СРАВНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОФЕИНА В ЧЕРНОМ ЧАЕ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК

Аннотация. В работе произведено выделение кофеина из черного чая экстракцией из растительного сырья водным раствором и экстракцией из водного экстракта дихлорметаном. Проведена сушка сырого кофеина от дихлорметана. Сухой перегонкой получен очищенный обезвоженный кофеин. Кофеин определяли по температуре возгонки. Обнаружено, что в черном чае низко-ценового сегмента («Просто») кофеина содержится приблизительно в четыре раза больше, чем в чае средне-ценового сегмента («Greenfield»).

Ключевые слова: экстракция, возгонка, кофеин, черный чай.

Mironova Alena Alexandrovna, School Student
School number 171, Moscow, Russia
Sinolits Artem Vadimovich, Graduate Student, Engineer
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

CAFFEINE CONTENT COMPARISON IN VARIOUS BRANDS OF BLACK TEA

Annotation. In the work, caffeine was isolated from black tea by extraction from vegetable raw materials with an aqueous solution and extraction from an aqueous extract with dichloromethane. Raw caffeine drying from dichloromethane was carried out. Purified dehydrated caffeine obtained by dry distillation. Caffeine was determined by sublimation temperature. Found that in black tea of low-price segment ("Prosto") caffeine content is about four times more than in middle-price tea ("Greenfield").

Key words: extraction, sublimation, caffeine, black tea.

Кофеин входит в состав многих продуктов: чай, кофе, энергетические напитки, энергетические жевательные резинки и пр., а также лекарственных препаратов. Многие люди регулярно, по несколько раз в день употребляют кофеинсодержащие напитки, и наиболее распространенным является чай. Согласно официальной статистике, потребление черного чая в России составляет более 1 кг в год на душу населения [1].

Кофе и чай чаще всего пьют утром для быстрого восстановления после сна. Кофеинсодержащие безалкогольные напитки, в том числе энергетические

напитки, применяются в качестве стимулирующих средств. Кофеин используется как мочегонное средство. Кофеин входит в состав «энергетических жевательных резинок» (в большинстве их его содержится 50 -75 мг, но некоторые энергетические жевательные резинки содержат кофеина до 100 мг). В медицине кофеин (и кофеин-бензоат натрия) применяют при инфекционных и других заболеваниях, сопровождающихся угнетением функций ЦНС и сердечно-сосудистой системы, при отравлениях наркотиками и другими ядами, угнетающими ЦНС, при спазмах сосудов головного мозга (при мигрени и др.), для повышения психической и физической работоспособности, для устранения сонливости. Применяют также кофеин при энурезе у детей [2].

Исследования [3] показали, что люди, которые принимают хотя бы 100 мг кофеина в день (количество в одной чашке кофе), могут приобрести физическую зависимость, которая вызывает симптомы отмены, включающие головные боли, боли и жесткость в мышцах, сонливость, тошноту, рвоту, подавленное настроение и заметную раздражительность. Многие эксперты считают, что частое употребление продуктов, содержащих кофеин, должно быть классифицировано как психическое расстройство. Длительное воздействие кофеина приводит к тому, что образуется больше рецепторов аденозина в центральной нервной системе, что делает организм более чувствительным к воздействию аденозина в двух направлениях. Во-первых, это уменьшает стимулирующий эффект кофеина за счет увеличения толерантности. Во-вторых, это усиливает синдром отмены кофеина, так как организм будет более чувствительным к воздействию и, соответственно, кофеина. Толерантность к кофеину развивается очень быстро. Толерантность к нарушениям сна была отмечена после потребления 400 мг кофеина 3 раза в день в течение 7 дней, в то время как полная толерантность наблюдается после потребления 300 мг, при приеме 3 раза в день в течение 18 дней.

Проблема состоит в том, что кофеинсодержащие напитки, в частности, чай, регулярно употребляет большое количество людей, не осознавая того, что желание употребить чайный напиток может быть вызвано зависимостью от определенных доз кофеина. Предполагается, что черный чай различных ценовых категорий может различаться не только вкусовыми качествами, но и содержанием кофеина. Таким образом, целесообразно определение и сравнение содержания кофеина в чае различных марок.

Известно несколько способов выделения кофеина из чая: экстракция органическим растворителем, перегонка с водяным паром, CO₂-экстракция.[4,5] При планировании эксперимента по выделению кофеина из черного чая мы руководствовались доступностью и простотой оборудования и реагентов. Перегонка с водяным паром или CO₂-экстракция подразумевает обращение с аппаратами повышенного давления и наличия специального оборудования. Экстракционные методы не требуют сложной аппаратуры и лабораторной посуды, применимы в полевых условиях.

При прямой экстракции из листового чая органическим растворителем выделяются, помимо кофеина, танины, масла, теofilлин и прочие алкалоиды, которые будут затруднять выделение кофеина. Предлагается предварительная обработка листового чая горячей водой с негашеной известью, осаждение танинов

в виде таннатов кальция или соосаждением с гидратированной негашеной известью. Чайные листья предлагается предварительно измельчать для повышения степени выделения кофеина.

В классических методах экстракционного выделения кофеина предлагается использование хлороформа в качестве органического экстрагента, однако, хлороформ является труднодоступным для физических лиц реагентом, ввиду того, что состоит в списке Сильнодействующих и Ядовитых Веществ, поэтому, основываясь на литературных данных[6], был выбран дихлорметан. Кофеин способен сублимироваться при температуре 180°C, поэтому возможно его сублимационное выделение после отделения органического растворителя. Предлагается первичная экстракция кофеина из сушеного измельченного чайного листа водой с негашеной известью при нагревании, последующая экстракция из водной фазы дихлорметаном, сушка кофеина отгонкой дихлорметана и сублимационная очистка кофеина. Идентифицировать кофеин предлагается по температуре возгонки. Данная методика не требует сложной аппаратуры и лабораторной посуды, применима в полевых условиях.

Экспериментальная часть. Навеска черного листового чая («Просто», Greenfield Golden Ceylon») массой 25 г измельчалась в ступке с пестиком. В коническую колбу объемом 500 мл поместили 3 г CaO (чда), 200 мл дистиллированной воды и довели до кипения, добавили измельченное сырье и варили на протяжении 10 мин, накрыв часовым стеклом. Полученный водный экстракт отфильтровали и поместили в стакан. Водную экстракцию из данной навески чая повторили еще 2 раза, объединяя отфильтрованные водные экстракты. Объединенные водные экстракты упаривали до объема 200 мл в конической колбе. В полученный раствор добавили 3 г CaO и 59 г NaCl (чда). Смесь перемешали и оставили на 20 мин для укрупнения осадка и отделения таннатов. Отстоявшуюся суспензию в горячем виде фильтровали.

Фильтрат охладили до комнатной температуры и поместили в делительную воронку объемом 250 мл, добавили 50 мл дихлорметана (чда). Перемешивали смесь, встряхивая делительную воронку. После расслоения системы «водный раствор-дихлорметан» органический слой сливали в коническую колбу, пропуская через воронку с обезвоженным Na₂SO₄ (чда). Повторяли экстракцию дихлорметаном до тех пор, пока стекающий органический экстракт не перестал оставлять на стенке колбы видимый белый след. Экстракцию дихлорметаном потребовалось провести три раза.

Объединенный органический экстракт поместили в круглодонную колбу объемом 250 мл, собрали установку для перегонки под атмосферным давлением (рис. 1). Дихлорметан отгоняли на водяной бане при температуре 40°C, отгонку вели досуха.

Кофеин, осушенный от дихлорметана, поместили в термостойкую коническую колбу объемом 100 мл, соединенную с воздушным холодильником (рис.2). Колбу нагревали до 180-200°C. Вещество в форме белых игольчатых кристаллов собирали из нижней части холодильника (рис. 3).

Для определения температуры возгонки часть полученного вещества помещали на термометр и нагревали над нагревательной плиткой. При температуре

180-190°C рост температуры не наблюдался до прекращения возгонки вещества, после возгонки рост температуры возобновлялся. Полученные белые игольчатые кристаллы имеют горький вкус. Температура возгонки очищенного кофеина составила 180-190°C, что указывает на то, что полученный продукт является кофеином.

Рисунок 1 – Установка для перегонки под атмосферным давлением
1 – круглодонная колба, 2 – насадка Вюрца, 3 – термометр, 4 – обратный холодильник, 5 – колба-приемник, 6 – водяная баня

Рисунок 2 – Установка для сублимационной очистки кофеина
1 – нагревательная плитка, 2 – коническая колба, 3 – воздушный холодильник

Рисунок 3 – Кофеин, очищенный сублимацией

Получено ~30 мг кофеина дегидратированного из 25 г листового черного чая «Greenfield Golden Ceylon».

Получено ~110 мг кофеина дегидратированного из 25 г листового черного чая «Просто».

Выводы. Содержание кофеина в черном листовом чае низко-ценового сегмента выше приблизительно в 4 раза, чем в черном листовом чае средне-ценового сегмента. Это может указывать на то, что, с одной стороны, чай средне-ценового сегмента может вызывать меньшую кофеиновую зависимость, с другой стороны – чай низко-ценового сегмента обладает более сильным стимулирующим эффектом.

Список литературы

1. Рынок чая в России 2011-2016 гг. [Электронный ресурс] // Экспертно-аналитический центр агробизнеса. 2016. URL: <https://ab-centre.ru>
2. Caffeine [Электронный ресурс] // National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. 2019. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата обращения: 25.04.2019).
3. Addicott M.A. Caffeine Use Disorder: A Review of the Evidence and Future Implications // Curr. Addict. Reports. 2014. Т. 1, № 3. С. 186–192.
4. Рабинович П.Н. и др. Способ извлечения кофеина из чая органическим растворителем: пат. 48313. СССР, 1936.
5. Pietsch A. Decaffeination-Process and Quality // Cr. Sci. Coffee. 2017. С. 225–143.
6. Пивовар М.Л., Жебентяев А.И. Изучение экстракции метилпроизводных ксантина бинарными смесями органических растворителей // Вестник фармации. 2010. Т. 1, № 47. С. 25–33.