

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический
университет»
«НОБЕЛЕВСКИЕ НАДЕЖДЫ КНИТУ - 2020»**

Номинация «Фармацевтическая химия»

Научно – исследовательская работа

«Фосфор – друг и враг человеческого организма.
Определение фитиновой кислоты в семенах льна, овса и сои».

Выполнила: Прокопцева Анастасия Руслановна

Ученица 11 класса

средней школы №16

г. Пятигорска

Научный руководитель: Л.И. Бутенко

к. хим. н., ст. преподаватель кафедры органической химии *пятигорского
медико-фармацевтического института.*

Казань, 2019 (20)

УДК: 664; 615.322

ФОСФОР-ДРУГ И ВРАГ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТИНОВОЙ КИСЛОТЫ В СЕМЯНАХ ЛЬНА, ОВСА И СОИ.

Авторы 2019:

Прокопцева А. Р. Ученица 11А класса МБОУ СОШ №16 г. Пятигорска.

Л.И. Бутенко – к. хим. н., ст. преподаватель кафедры органической химии
пятигорского медико-фармацевтического института – филиал ФГБОУ ВО
ВолгГМУ Минздрава России, 357532, Россия, г. Пятигорск, пр. Калинина, д. 11,
кафедра органической химии, e-mail: polechka2802@yandex.ru



*Вегетарианство,
хорошо это или плохо на
самом деле? «Нож в спину
веганов». Что такое
фитиновая кислота?
Польза и вред фитиновой
кислоты.*

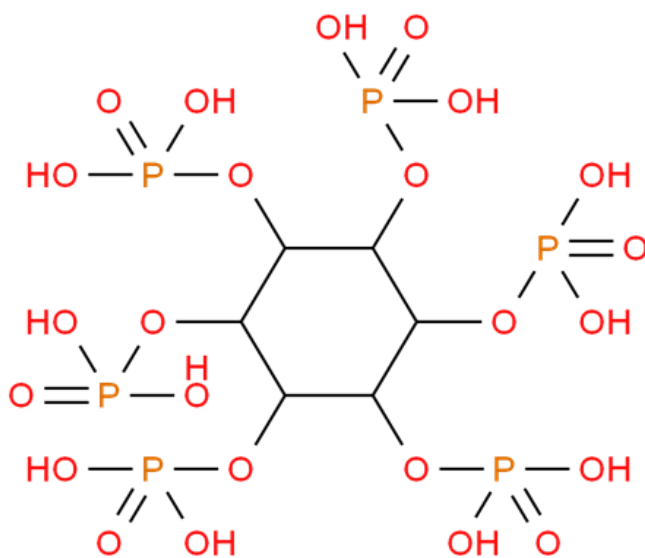
Введение

Когда у Плутарха, греческого писателя, писавшего жизнь Пифагора, спрашивали, почему и зачем Пифагор не ел мяса, Плутарх отвечал, что его не то удивляет, что Пифагор не ел мяса, а удивляет то, что еще теперь люди, которые могут сытно питаться зернами, овощами и плодами, ловят живых существ, режут их и едят. Но если вы убеждены, что рождены с такой предрасположенностью к плотской пище, как принято среди людей считать, то почему вы тогда сами не убиваете то, что пойдет потом вам в пищу? «Будьте последовательны и седлайте все сами, без тесаков, дубин и топоров- как волки, медведи или львы делают это, убивая и поедая свою жертву. Загрызите быка своими собственными зубами, перегрызите горло кабану, разорвите ягненка или кролика на части и пожирайте

их, набросившись на еще живых, как это делают хищники». Но если вы предпочитаете постоять в стороне, пока жертва ваша не умрет, и терпеть не можете собственноручно отправлять кого-либо на тот свет, почему же тогда вопреки законам природы вы продолжаете поедать живых существ? Люди, которые придерживаются определенной растительной диеты и называют себя вегетарианцами. В последнее время в литературе и в средствах массовой информации встречается много критики данному образу жизни. В первую очередь это связано с фитиновой кислотой – «фитиновая кислота – нож в спину веганов».

Что же такое *фитиновая кислота*?

До 2008 года фитиновая кислота существовала как пищевая добавка E391,



которая использовалась при производстве вина для удаления железа (осветления) винного материала. Многочисленные исследования по влиянию фитиновой кислоты на здоровье человека привели к запрету на использование добавки E391 в пищевой промышленности.

В природе фитиновая кислота, присутствует во всех продуктах питания, производимых из растительных семян. При этом она прочно связана с минералами и препятствует их усвоению, не дает им всасываться. Тем самым лишая наш организм большинства питательных веществ, поступающих с пищей. Так сводятся на нет усилия тех, кто желает оздоровиться, питаясь здоровой пищей, сбалансированной и богатой витаминами. *Но так ли это на самом деле?*

Все мы любим блюда из круп, считая их продуктами питательными и весьма полезными. Каждая заботливая мама считает, что просто обязана хоть раз в день накормить ребенка крупяной кашей. Не важно какой, любые крупы

полезны. Став взрослыми, мы продолжаем с удовольствием включать в свой рацион блюда из риса, овса, гречки, пшена и перловки, но действительно ли это так полезно? Все ли правильно мы делаем?

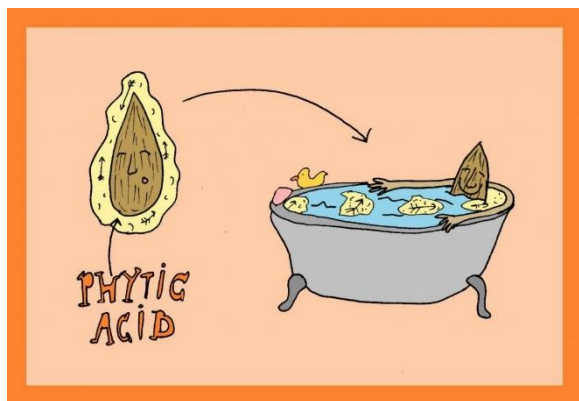


Появилась негативная информация о фитине, истолкованная однозначно — в тех регионах, где люди, в основном, питаются зерновыми крупами, часто наблюдаются случаи

деформации костей. Причиной этого явления назначили, не особо разбираясь — высокое содержание в зерновых продуктах фитиновой кислоты, которая деминерализует костный аппарат и способствует развитию рахита, остеопороза и даже кариеса.

Любопытный факт, что фитиновой кислоты почти нет во фруктах, ягодах и овощах. Они как бы привлекают ароматом и окраской и желают, чтобы их съели, так как съевший является цепочкой размножения. Для зерновых культур фитиновая кислота является хранилищем фосфора в форме фитатов.

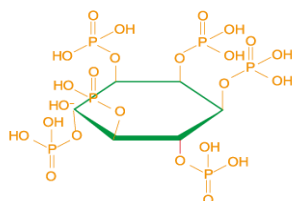
Фитаты - это законсервированный источник энергии для прорастающего семени, который должен храниться до наступления благоприятных условий для прорастания, и как только эти условия возникают,



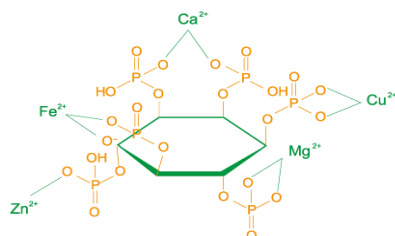
выделяется фермент фитаза, который высвобождает фосфор и другие элементы для использования молодым растением. Поэтому, чтобы избавиться от фитиновой кислоты, необходимо семена проращивать или же, исходя из того (я написала выше),

что фитаты являются частью системы сохранения семян и предотвращают прорастание до тех пор, пока условия для этого не будут правильными, нужно создать эти условия, т.е. замочить семена, чтобы нейтрализовать фитиновую

кислоту.



Фитиновая кислота



Металл-фитатные соединения

Молекулы фитиновой кислоты обладают уникальным свойством. Они могут образовывать комплексы с минералами

такими как кальций, магний, железо и цинк - *фитаты*. Установлено, что 2 мг фитиновой кислоты, содержащейся в пшеничной булочке, связывает ионы цинка на 18%, 25 мг фитиновой кислоты — на 64%, а 250 мг — уже на все 82%.

Примечательно, что чем больше человек употребляет в пищу продуктов, богатых фитатами, тем лучше его кишечник (микробиота) приспособляется к её расщеплению, и соответственно усваиванию кальция, фосфора и других



микроэлементов. То есть у последовательных вегетарианцев проблемы вообще нет — их ЖКТ на 100 % справляется с фитиновой кислотой.

Перечень ФИТИН СОДЕРЖАЩИХ продуктов приводится в таблице №1.

Таблица №1: Перечень ФИТИН СОДЕРЖАЩИХ продуктов.

Растение	Содержание фитатов г/100г. продукта
Кукуруза	0,72-2,22
Пророщенная кукуруза	6,39

Пшеница	0,39-1,35
Пшеничные отруби	2,1-7,3
Прощенная пшеница	1,14-3,91
Рис	0,06-1,08
Рисовые отруби	2,56-8,7
Ячмень	0,38-1,16
Сорго	0,57-3,35
Овес	0,42-1,16
Рожь	0,54-1,46
Просо (у нас известна как пшенная каша)	0,18-1,67
Тритикале (гибрид пшеницы и ржи)	0,50-1,89
Дикий рис	2,20
Фундук	0,2-0,9%
Горох	0,2-1,2%
Грецкий орех	0,2-6,7%
Миндаль	0,4-9,4%

Противники фитиновой кислоты пишут, что человеческий организм не может самостоятельно переварить или усвоить фитиновую кислоту. Это под силу лишь ферменту фитаза, который содержится в семенах тех же злаков, бобовых и орехов. За весь процесс эволюции наш организм не научился вырабатывать эндогенную фитазу.

С другой стороны, люди, длительное время употреблявшие продукты с высоким содержанием фитиновой кислоты, имели более прочную структуру костей, чем контрольная группа. Далее, фитаты в организмах исследуемых женщин значительно снижали риск [остеопороза](#), так как фитиновая кислота тормозит развитие клеток, съедающих костную ткань изнутри при остеопорозе.

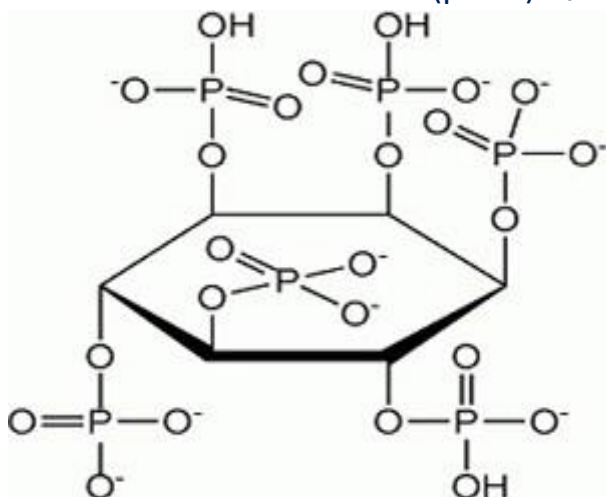
В результате анализа литературных данных и информации в интернете [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10], можно обобщить положительные свойства фитиновой кислоты:

- является антиоксидантом;
- уменьшает воспалительные процессы;
- защищает кожу от ультрафиолетового излучения;
- контролирует уровень глюкозы в крови;
- снижает уровень холестерина крови;
- связывает и выводит из организма канцерогенные соединения;
- предотвращает образование камней в почках;
- увеличивает минеральную плотность костей;
- снижает уровень мочевой кислоты;
- обладает противораковыми свойствами;
- подавляет ВИЧ (только на ранней стадии).

Но, если бы все было так просто и однозначно. По другим, не менее авторитетным медицинским исследованиям, полезные свойства фитиновой кислоты уникальны для борьбы с бичом нашей жизни — раком. А уже одно лишь это дает ей право на существование!

Цель: Целью нашего исследования является определение содержания фитатов и элементного состава в базовых продуктах питания вегетарианцев: семенах льна, овса и сои.

Фитиновая кислота — (рис 1) $C_6H_{18}O_{24}P_6$, молекулярная масса – 660,04 г/моль -



мио-инозитгексакисфосфат или 1,2,3,4,5,6-гексакис (дигидрофосфат) мио-инозит. Фитиновая кислота - это белый аморфный порошок с ярко выраженным вкусом без запаха. Фитиновая кислота в промышленности используется в качестве пищевой

добавки с присвоенным индексом E391. В фармакологии данная кислота является промежуточным веществом в синтезе определенных лекарственных препаратов, которые помогают при болезнях нервной системы и печени.

Материалы и методы исследования:

Семена льна, овса и сои куплены в магазине «Семена»

Получение экстракта фитиновой кислоты.

Семена, овса и сои измельчали до порошкообразного состояния в фарфоровой ступке. Около 10 г. (точная навеска) измельченных семян помещали в колбу вместимостью 500 мл, добавляли 200 мл раствора кислоты хлористоводородной разбавленной (концентрация 2,4 %). Указанную смесь перемешивали стеклянной палочкой до гомогенного состояния и оставляли при комнатной температуре на 24 часа. Раствор фильтровали через бумажный фильтр, фильтрат использовали для дальнейших исследований.

Качественные реакции: Реактив Вэйда.

Раствор А - 0,3240 г сульфосалициловой кислоты растворяют в 100 мл воды.

Раствором Б - 0,0324 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ растворяют в 100 мл воды.

Реактив Вэйда всегда готовится непосредственно перед анализом, смешивая раствор А с раствором Б в соотношении 1:1 по объему. В результате 1 мл реагента содержал 0,2 $\mu\text{моль}$ железа.

Количественное определение: Определение фитиновой кислоты основано на ее способности конкурентно связывать ионы металлов в составе окрашенных комплексов, вследствие чего их окраска ослабевает. Таким образом, по снижению оптической плотности комплекса можно определить присутствие и количественное содержание фитиновой кислоты [11].

Содержание инозитгексафосфорной кислоты в сырье рассчитывали по формуле:

$$\text{ИГФК} = \frac{(\text{Fe (III)}_{\text{H}} - \text{Fe (III)}_{\text{ост}}) \cdot 2,9547 \cdot V_p \cdot 100}{V_{\text{ал}} \times g} \%$$

Где:

$\text{Fe(III)}_{\text{н}}$ - начальное количество железа (III), мг;

$\text{Fe(III)}_{\text{ост}}$ - непрореагировавшее количество железа (III), мг;

2,9547 – коэффициент пересчета (Мм ИГФК: Ат.м.4 Fe);

V_p - объем 2,4%-ного раствора хлороводородной кислоты, взятый для экстракции инозитгексафосфорной кислоты из сырья, мл;

$V_{\text{ал}}$ – аликвотный объем экстракта, мл;

g – навеска сырья, мг.

Определение элементного состава проводили на базе «Управления геологической разведки» г. Ессентуки на пламенном фотометре ДФС-8-1 методом испарения.

Результаты и их обсуждение.

Для исследования были выбраны наиболее популярные для приверженцев здорового образа жизни в России продукты: семена льна, овса и сои. Семена измельчали и на их основе готовили водные экстракты. Все полученные экстракты подвергли тестированию на содержание фитиновой кислоты. Реактив Вэйда имеет фиолетово- розовое окрашивание раствора, которое исчезает при добавлении исследуемых экстрактов. Параллельно для сравнения проводили холостой опыт- добавляли такое же количество дистиллированной воды. Результаты приведены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2. Результаты качественных реакций водных экстрактов на содержание фитиновой кислоты.

Продукты Реактив	Соя	Лен	Овес
Реактив Вэйда	+	+	+

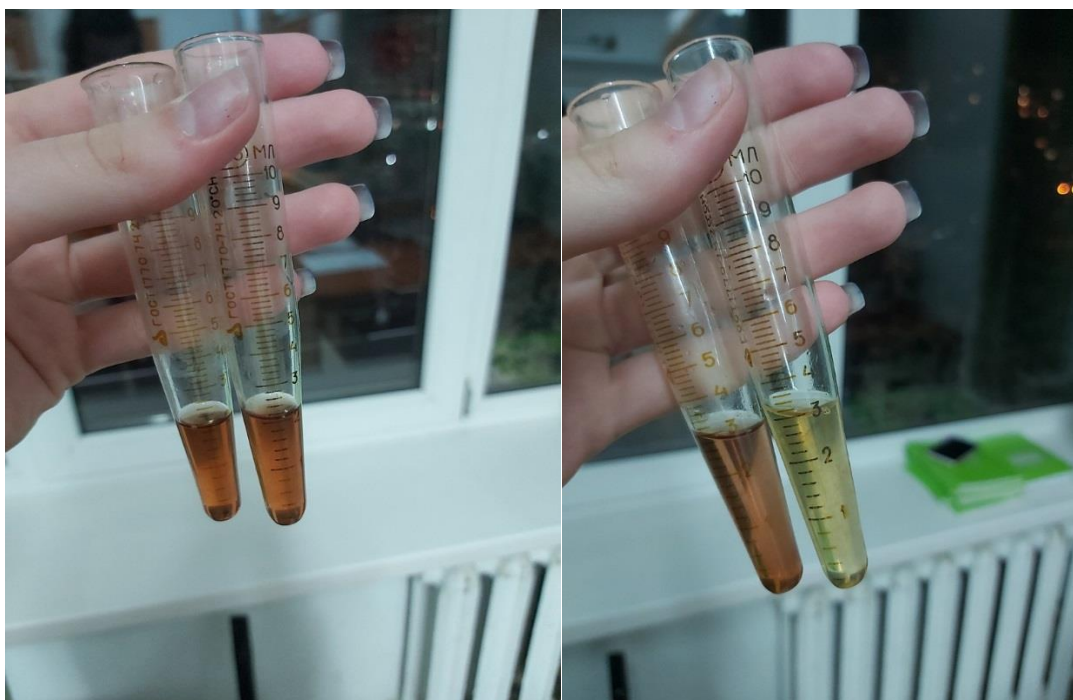


Рисунок 1. Фото результатов качественной реакции на фитиновую кислоту с реагентом Вейда.

Все пробы дали положительный результат, что говорит о наличии фитиновой кислоты в семенах льна, овса и сои.

Для количественной оценки содержания фитиновой кислоты в растительных объектах использовали метод спектрофотометрии. Для этого были исследованы УФ-спектры комплексов реактива Вэйда с хлоридом железа (III) (рис.2) и продуктов взаимодействия водных экстрактов с комплексом реактива Вэйда с хлоридом железа (III).

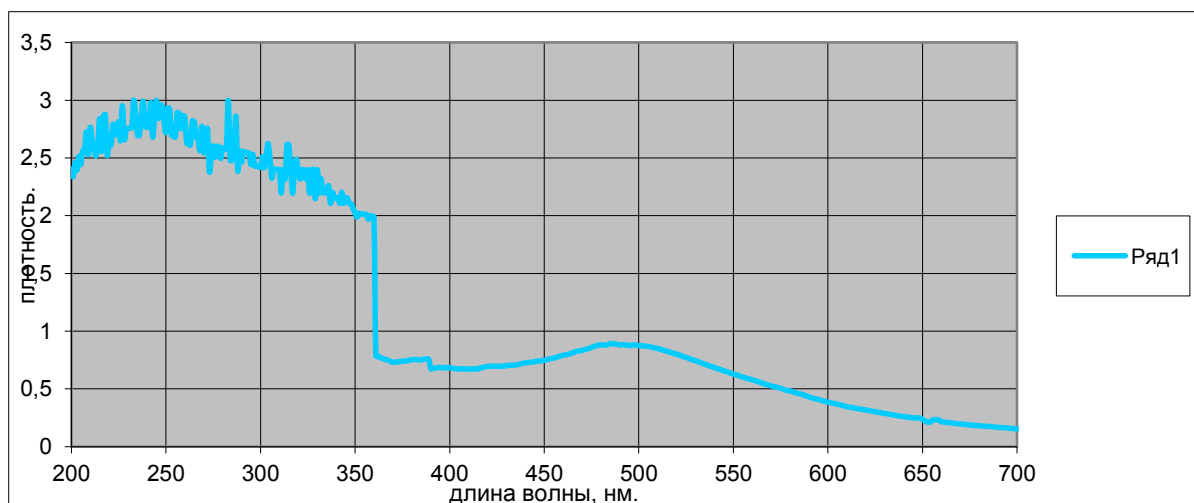


Рисунок 2 УФ-спектр комплекса реактива Вэйда с хлоридом железа (III) .

Как видно из рисунка пик $\lambda=484\text{нм}$ соответствует поглощению комплекса реактива Вэйда с хлоридом железа (III).

Количественное содержание фитиновой кислоты определяли по разности изменения оптической плотности ($\lambda=484\text{нм}$) окрашенных комплексов реактива Вэйда с ионами железа (III) и продукта взаимодействия экстракта выбранных для исследования семян с реактивом Вэйда. Для этого исследовали продукты взаимодействия различной концентрации водных исследуемых экстрактов и комплекса реактива Вэйда. Готовили ряд разбавлений исследуемых экстрактов, у которых добавляли одинаковое количество реактива Вэйда, и определяли оптическую плотность ($\lambda=484\text{нм}$) полученных комплексов. По мере увеличения концентрации экстрактов льна, овса и сои значение поглощения уменьшается, что свидетельствует о взаимодействии фитиновой кислоты с хлоридом железа (III) и разрушении комплекса. Результаты показаны на рисунке 3.

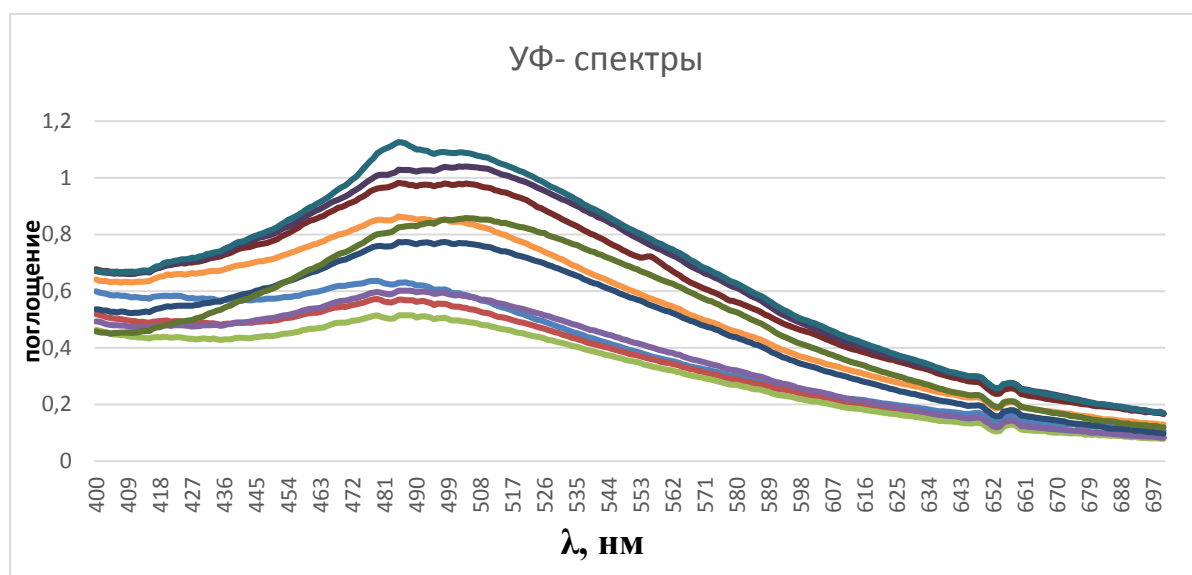


Рисунок 3.УФ – спектры водных экстрактов семян овса с реактивом Вейда различной концентрации.

Как видно из рисунка по мере увеличения концентрации экстракта семян плотность $\lambda=484\text{нм}$ постепенно уменьшается, что говорит о постепенном уменьшении концентрации комплекса.

Для установления линейности изменения концентрации комплекса, обработку результатов эксперимента проводили с помощью программного пакета Microsoft Excel. Результат приведены на рисунке 4.

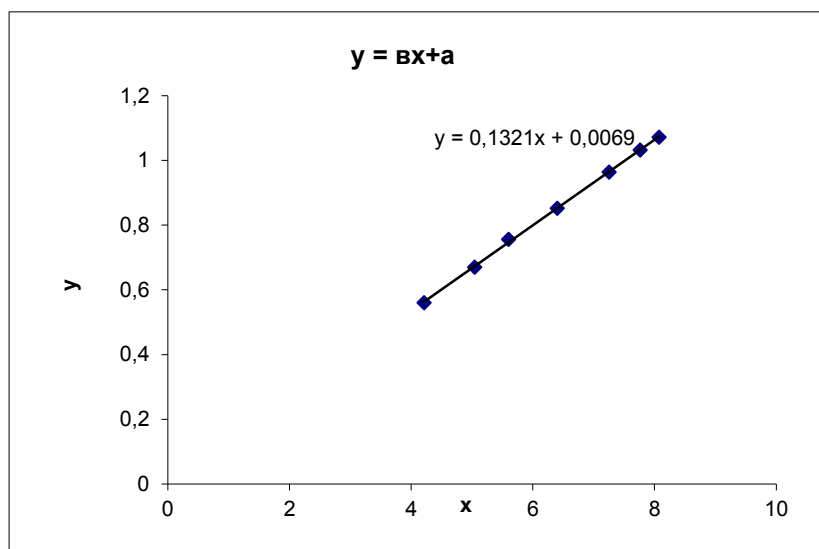


Рисунок 4. Зависимость концентрации содержания фитиновой кислоты в экстрактах семян овса от оптической активности.

Как видно из рисунка зависимость концентрации содержания фитиновой кислоты в экстрактах семян овса от оптической активности имеет линейный характер, что говорит о подчинении исследуемых комплексов основному закону светопоглощения Бугера Ламберта Бера.

Большинство растений, характеризующихся высоким содержанием разнообразных биологически активных соединений, способны накапливать макро и микроэлементы.

Так как объектами наших исследований являются семена, которые можно рассматривать как пищевые продукты, то дополнительно исследовали элементный состав семян льна. Именно в семенах льна содержание фитиновой кислоты максимально. Результаты элементного состава в семенах льна приводится в таблице №3.

Таблица 3. Содержание микро- и макроэлементов в семенах льна.

Элементы	Содержание в %
Cu(медь)	30
Cr(хром)	3
Zn(цинк)	100
Co(кобальт)	1
Mo(молибден)	2
Mn(марганец)	80
Ag(серебро)	0,3
Bi(висмут)	0.3
Sn(олово)	0.4
W(вольфрам)	≤ 1
Ni(никель)	3
Cd(кадмий)	≤ 1
Ti (титан)	30
Li(литий)	5
B(бор)	50
Ba(барий)	100
P(фосфор)	10
Ca(кальций)	5
Mg(магний)	10
K(калий)	20
Si(кремний)	0,3
Na(натрий)	2
Fe(железо)	0,5
Al(алюминий)	0,06

В семенах льна содержание фосфора 10%, что говорит о богатом содержании фитиновой кислоты.

Кроме того, семена льна богаты такими микроэлементами, как цинк – обеспечивающий здоровое состояние зубов и кожи, бор – участвующий в образовании костной ткани, марганец – ответственный за полноценность репродуктивной функции у женщин и медь – нормализующая иммунитет и работу эндокринной системы.

Вывод: В результате поведенных исследований определено содержание фитатов в семенах сои - $0,725 \pm 0,030$ %, семенах овса – $1,576 \pm 0,379$ %, семенах льна – $2,327 \pm 0,149$ %.

Рекомендации:

Для составления здорового меню и организации правильного, здорового питания, полезно будет использовать таблицы, в которых отражено содержание макро и микро элементного состава и фитиновой кислоты каждого из продуктов. Например, при употреблении продукта с высоким содержанием кальция или железа, не желательно употреблять продукт с высоким содержанием фитиновой кислоты. Эти два продукта желательно не совмещать в одном приеме пищи. И наоборот, если на гарнир фасоль с высоким содержанием фитиновой кислоты, то употреблять в пищу с ней продукты с высоким содержанием железа, кальция или магния не имеет смысла.

Библиографический список

1. Association between Phytate Intake and C-Reactive Protein Concentration among People with Overweight or Obesity: A Cross-Sectional Study Using NHANES 2009/2010 Arma SM. Int J Environ Res Здравоохранение. 2019 2 мая; 16 (9). pii: E1549. doi: 10.3390 / ijerph16091549.
2. A phytic acid derived $\text{LiMn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{PO}_4$ /Carbon composite of high energy density for lithium rechargeable batteries. Meng Y, Wang Y, Zhang Z, Chen X, Guo Y, Xiao D. Sci Rep. 2019 апр 30; 9(1):6665. doi: 10.1038 / s41598-019-43140-7.

3. Zinc and Manganese of serum were negatively, but Copper positively influenced by Iron elevation in diet of male Wistar rats Zolfaghari A, Gheisari HR, Omid A, Nazifi S. *Int J Vitam Nutr Res.* 2019 апп 30: 1-8. doi: 10.1024 / 0300-9831 / a000456.

4. Zinc and Manganese of serum were negatively, but Copper positively influenced by Iron elevation in diet of male Wistar rats. Jiang M, Liu Y, Liu Y, Tan Y, Huang J, Shu Q. *Plants (Basel).* 2019 апп 29; 8 (5). pii: E114. doi: 10.3390 / plants8050114.

5. Fermentation Biotechnology Applied to Cereal Industry By-Products: Nutritional and Functional Insights. Verni M, Rizzello CG, Coda R. 2019 апп 12; 6:42. doi: 10.3389 / fnut.2019.00042.

6. Antibacterial Effects of Phytic Acid against Foodborne Pathogens and Investigation of Its Mode of Action. Zhou QI, Zhao YU, Dang H, Tang Y, Zhang B. *J Food Prot.* 2019 май; 82 (5):826-833. doi: 10.4315 / 0362-028X.JFP-18-418.

7. Reduction of phytic acid, aflatoxins and other mycotoxins in wheat during germination. Pakfetrat S, Amiri S, Radi M, Abedi E, Torri L. *J Sci Food Agric.* 2019 25 марта. doi: 10.1002 / jsfa.9710.

8. Wheat Fermentation With *Enterococcus mundtii* QAU01 and *Wickerhamomyces anomalus* QAUWA03 Consortia Induces Concurrent Gliadin and Phytic Acid Degradation and Inhibits Gliadin Toxicity in Caco-2 Monolayers. Sakandar HA, Kubow S, Azadi B, Faryal R, Ali B, Ghazanfar S, Quraishi UM, Imran M. 2019 Feb 12; 9:3312. doi: 10.3389 / fmicb.2018.03312.

9. Phytic acid content and starch properties of maize (*Zea mays* L.): Effects of irrigation process and nitrogen fertilizer. Kaplan M, Karaman K, Kardes YM, Kale H 2019 Jun 15; 283:375-380. doi: 10.1016 j.foodchem.2019.01.029.

10. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice. Liu K, Zheng J, Wang X, Chen F. 2019 15 мая; 280: 59-64. doi: 10.1016 / j.foodchem.2018.12.053

11. Разработка методики количественного определения инозитгексафосфорной кислоты К.т.н., Ташменов Р.С. Южно – Казахстанская

Государственная Медицинская Академия, Казахстан, Шымкент
rusnauka.com>13_NPT_2008/Chimia/31861.doc.htm