

УДК 664

Исследование свойств геля, полученного из семян чиа (*Salvia hispanica L.*)**Д.В. Кузнецова**, vlada_8@mail.ru**Е.В. Кирячева**, johnnyjack94@gmail.comканд. техн. наук **Л.А. Надточий**, l.tochka@mail.ru*Университет ИТМО**191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9***Ин Ма**, maying@hit.edu.cn*Харбинский политехнический университет**Китай, Харбин, ул. Ксидажи, 92*

Исследовали способность семян чиа (*Salvia hispanica L.*) к отделению геля и степень экстракции сухих веществ образцов в зависимости от степени их измельчения. Объектом изучения служили семена чиа различной степени измельчения: целые (слегка измельченные), крупного, среднего и мелкого помола. Исследуемые образцы готовили посредством добавления к семенам чиа порции воды в соотношении 1:10, тщательного их перемешивания и выдерживания в течение 4 часов. Для оценки способности исследуемых образцов к отделению геля их подвергали интенсивному центрифугированию с применением режима максимального ускорения 9391-g в течение 15 мин. Для получения достоверных результатов эксперимента его проводили в трехкратной повторности с учетом 95% достоверности. Доказано влияние степени измельчения семян чиа на способность к отделению геля исследуемых образцов: в большей степени изучаемое свойство проявлялось у семян более мелкого помола (размер частиц менее 0,5 мм). Определено содержание сухих веществ в отделившемся геле образцов методом высушивания. Установлено, что с увеличением степени измельчения семян чиа возрастает доля экстрагирования сухих веществ в гель при одинаковых условиях эксперимента, в частности при комнатной температуре 22°C. Однако, разница в результатах исследований образцов крупного и среднего помола (размер частиц меньше 1,0 мм, но больше 0,5 мм) была незначительна. Слегка измельченные (цельные) семена чиа (размер частиц более 1,0 мм) в меньшей степени проявили способность к отделению геля, содержание сухих веществ которого имело самые низкие значения.

Ключевые слова: семена чиа (*Salvia hispanica L.*); способность к отделению геля; степень измельчения; сухие вещества; степень экстракции.

DOI: 10.17586/2310-1164-2017-10-3-10-15

Properties of gel from chia seeds (*Salvia hispanica L.*)**Daria V. Kuznetcova**, vlada_8@mail.ru**Evgenia V. Kiryacheva**, johnnyjack94@gmail.comPh.D. **Ludmila A. Nadtochii**, l.tochka@mail.ru*ITMO University**9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia***Ying Ma**, maying@hit.edu.cn*Harbin Institute of Technology**92, Xidazhi, Harbin, China*

The ability of chia seeds (*Salvia hispanica L.*) to separate gel was investigated. The influence of the grinding degree on the degree of dry substances' extraction was also analyzed in the samples investigated. Chia seeds of various grinding degree i.e. whole (lightly crushed), large, medium and fine ones were investigated. The test samples were processed by adding water in 1:10 proportion, thorough mixing and maintaining for 4h. To assess the ability of the test samples to separate gel they were subjected to intensive centrifugation with the maximum acceleration mode (9391-g) for 15 minutes. To obtain reliable results the last step was repeated three times with 95% confidence. As a result of the research the influence of the degree of chia seeds' grinding on the ability to separate gel from the test samples was proved. In particular, the property under investigation was more pronounced in chia seeds of finer grinding (particle size – less than 0.5 mm). In addition, the dry matter content in the separated gel from the samples is determined by drying. It was found out that with an increase in the grinding degree of chia seeds the share of dry substances' extraction in the gel increases under the same experimental conditions,

in particular at room temperature of 22°C. However, the difference in the results of analyses for the samples of large and medium grinding (particle size – less than 1.0 mm but greater than 0.5 mm) was not significant. Slightly chopped (whole) chia seeds (particle size – greater than 1.0 mm) were less able to separate gel dry matter content of which was the lowest one.

Keywords: chia seeds (*Salvia hispanica* L.); the ability to separate the gel; degree of grinding; dry substances; degree of extraction.

Введение

Salvia hispanica L. (Шалфей испанский) представляет собой однолетнее травянистое растение, произрастающее в разных горных регионах мира, приспособляющееся к засушливым и полусушливым климатам [1], в частности в Центральной и Южной Мексике, Гватемале, Эквадоре, Боливии, Аргентине и Австралии [2]. Чаще всего название растения связывают с его плодами – семенами чиа, которые имеют эллипсоидную форму и средний размер около 2,11 мм в длину, 1,32 мм в ширину и 0,81–1,32 мм в толщину, что линейно возрастает при увеличении содержания влаги в продукте в пределах 46–177 г/кг сухого остатка [3].

Семена чиа получили популярность благодаря своему уникальному составу и давней истории их употребления в пищу [4]. Кроме того, нет никаких доказательств наличия побочных эффектов или аллергенности семян чиа как сырьевого ингредиента, что свидетельствует о перспективности использования продуктов их переработки для питания различных групп населения [4]. В 2009 году семена чиа были одобрены в качестве нового продукта питания Европейским парламентом и Европейским советом [5].

В настоящее время семена чиа пользуются спросом во многих странах мира как отличный источник полиненасыщенных жирных кислот (в большей степени омега-3), а также белка высокого качества и полисахаридов. Как известно, различные полисахариды широко используются в промышленности в качестве модификаторов текстур, эмульгаторов, стабилизаторов и компонентов биоразлагаемых и съедобных упаковочных пленок [6]. Полисахариды находят применение в фармацевтических и биомедицинских областях, поскольку являются биосовместимыми, нетоксичными и могут быть легко модифицированы с помощью физических, химических и микробиологических методов. Одной из наиболее важных особенностей полисахаридов является их способность образовывать вязкие водные растворы – гели – даже при низких концентрациях [6]. Доказано, что именно наличие полисахаридов обеспечивает гелю семян чиа высокие влагоудерживающие свойства, который способен удерживать влагу, по массе превышающую вес геля в 27 раз [4]. Это свойство геля *Salvia hispanica* L. указывает на большой потенциал его использования в составе рецептур продуктов питания с заданными свойствами [7, 8]. Однако при этом гель из семян чиа как ингредиент, обладающий уникальными функционально-технологическими свойствами [9], недостаточно широко используется в пищевой и биотехнологической отраслях. Причина – в твердой оболочке семян чиа, которая усложняет их переработку. Помимо этого, их измельчение и последующее использование имеет негативный технологический фактор, связанный с повышенными когезионными свойствами измельченных семян чиа [10]. В связи с этим необходимо изыскать оптимальный способ переработки семян чиа с целью получения геля и его дальнейшего применения в пищевой отрасли и пр.

В настоящее время в научной литературе ограничено число исследований геля, получаемого из семян чиа, а также его свойств [4, 11]. Ряд научных работ на тему получения геля из семян чиа проводился в Чили [4], Аргентине [11], Австралии [6, 12, 13], Мексике [8] и др. По мнению большинства авторов, выделение геля *Salvia hispanica* L. предполагается посредством замачивания семян чиа в определенной пропорции с водой [7, 11, 14]. Гель локализуется в клеточных структурах первых трех слоев оболочки семени и при гидратации слизистых волокон становится видимым, образуя прозрачную «капсулу» вокруг семени [4]. Авторы исследований констатируют, что гель семян чиа в основном состоит из водорастворимого анионного гетерополисахарида [6], который составляет 4–6% сухой массы семян чиа [7] и обладает отличными влаго- и жирудерживающими свойствами, к тому же имеет хорошие эмульгирующие и стабилизирующие свойства [9]. Также имеются исследования по выделению геля из семян чиа посредством их измельчения до определенного размера частиц и замачивания

водой [12]. Однако изучение влияния степени измельчения семян чиа на процесс получения геля и экстракции сухих веществ ранее не изучался.

Цель данной работы – изучить способность семян чиа отделять плотно связанный гель с учетом степени их предварительного измельчения и замачивания в определенной порции воды, а также определить в геле наличие сухих веществ семян чиа для оценки степени их экстракции.

Свойства геля, выделяемого семенами чиа, его микроструктура и химический состав играют первостепенную роль при рассмотрении его в качестве функционально-технологического ингредиента. Предполагается, что данные настоящего исследования позволят расширить спектр использования геля из семян чиа в пищевой, биотехнологической и фармацевтической отраслях.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали органические семена чиа (*Salvia hispanica L.*) темных сортов, приобретенные в интернет магазине iHerb.com и произведенные Bergin Fruit and Nut Company (США), сертифицированы Министерством сельского хозяйства США (USDA Organic). К объекту исследования предъявлялись требования нормативной документации, в частности по физико-химическим свойствам:

- массовая доля влаги, не более 20%;
- массовая доля золы, не более 14%;
- массовая доля сухих веществ, не менее 80%;
- массовая доля водорастворимых экстрактивных веществ, не менее 15%;
- массовая доля органических примесей, не более 2%;
- массовая доля минеральных примесей, не более 1%;
- массовая доля металломагнитных примесей, не более 0,0005%.

Семена чиа подвергали измельчению на кофемолке марки Bosh МКМ 6003 мощностью 185 Вт. После этого измельченные образцы просеивали в три этапа: через сито № 1 с размером ячеек 1,0 мм, далее через сито № 2 – 0,7 мм и в последнюю очередь через сито № 3 – 0,5 мм. Подготовленные образцы хранили в стеклянных емкостях с плотно притертыми крышками при комнатной температуре в сухом, защищенном от света месте.

Ранее подготовленные образцы отмеривали в количестве 2 г и замачивали в дистиллированной воде (20 см³) в соотношении 1:10 в центрифужных пробирках, которые выдерживались при комнатной температуре (22°C) в течение 4 часов [11]. Исследуемые образцы подвергали испытанию на центрифуге Sigma 3-16L с применением режима максимального ускорения 9391×g в течение 15 мин. Далее отмеривали отделившуюся надосадочную жидкость и исследовали ее на содержание сухих веществ. Для получения достоверных результатов исследование проводили в трехкратной повторности с учетом 95% достоверности.

Полученную в результате центрифугирования образцов надосадочную жидкость исследовали на содержание сухих веществ методом высушивания [11] с применением следующего оборудования: электронных весов марки ANDGF-600, воздушного стерилизатора (сушилки) марки HS 61 A, эксикатора и вспомогательных материалов (бюксов и пр.).

Металлические бюксы с кусочком марли прокаливались в сушилке в течение 30 минут при температуре 120°C, охлаждались в эксикаторе и взвешивались. Затем в каждый бюкс вносилось 2 г надосадочной жидкости и бюксы взвешивались повторно, в результате чего фиксировали их вес (А). Образцы помещались в сушильный шкаф при температуре 120°C на 60 минут, затем охлаждались в эксикаторе и взвешивались. Повторное высушивание образцов проводилось в течение 30 минут при тех же условиях эксперимента до достижения постоянного веса бюксов (В). Содержание сухих веществ в 100 г образца определяли посредством формулы: $\frac{(A-B) \times 100}{2}$. Для получения достоверных результатов исследование проводили в трехкратной повторности и математически обрабатывались с учетом 95% достоверности эксперимента.

Обсуждение результатов

При изучении семян чиа выявлено, что в составе темных сортов встречаются включения белых сортов семян чиа в небольшом количестве. Произведя оценку соотношения темных и белых семян чиа,

в приобретенной упаковке выявлено наличие около 15% включения белых семян, что подтверждает сведения других авторов [15].

В настоящем эксперименте использовались образцы смешанных сортов семян чиа (преимущественно темных сортов) с различным размером частиц, который достигался за счет измельчения семян и их просеивания через сита с дифференцированным размером пор. В результате чего получали 4 образца с определенной степенью помола:

- Образец 1Ч – целые семена чиа, слегка измельченные (больше 1,0 мм);
- Образец 2Ч – семена чиа крупного помола (меньше 1,0 мм, но больше 0,7 мм);
- Образец 3Ч – семена чиа среднего помола (меньше 0,7 мм, но больше 0,5 мм);
- Образец 4Ч – семена чиа мелкого помола (меньше 0,5 мм).

В представленные образцы добавляли одинаковую порцию воды, тщательно перемешивали и выдерживали при комнатной температуре. С учетом соотношения семян чиа и воды 1:10 теоретически рассчитана массовая доля влаги и сухих веществ в исследуемых образцах до их центрифугирования, что составило не более 92,7% и не менее 7,3% соответственно.

В результате длительного замачивания образцов и их центрифугирования были получены образцы слизистого геля разного объема и визуально отличающиеся по количеству экстрагированных веществ из семян чиа. Данные, представленные в таблице 1, позволяют судить о зависимости объема выделившегося геля от степени измельчения семян чиа.

Таблица 1 – Количественная оценка геля образцов

Образцы	Объем надосадочной жидкости (геля), см ³
1Ч	3,9±0,124
2Ч	4,9±0,215
3Ч	5,3±0,248
4Ч	8,0±0,328

Как показано на рисунке 1, количество выделившегося геля увеличивалось с уменьшением размеров частиц измельченных семян чиа. Мутность надосадочной жидкости также возрастала пропорционально уменьшению размера частиц. Таким образом, можно констатировать, что семена чиа слегка измельченные (образец 1Ч) лучше других образцов удерживают влагу и в меньшей степени способны к отделению геля в процессе центрифугирования.



Рисунок 1 – Способность исследуемых образцов к выделению геля

С увеличением степени измельчения существенно возрастает способность к отделению геля в большем количестве. Это может быть связано с тем, что целые семена чиа образуют прочный гель с использованием всех составных частей семян, который сложно отделить в процессе центрифугирования (рисунок 2), в то время как семена чиа мелкого помола (в состав которых практически не переходят грубые частицы оболочки семян) показывают более высокую способность

к отделению геля. Следует отметить, что разница в показателях образцов крупного и среднего помола не столь высока, как между показателями других образцов.



Рисунок 2 – Образование геля цельных семян чиа

В процессе эксперимента исследовали массовые доли сухих веществ образцов геля методом высушивания. Данные таблицы 2 показывают расчетное содержание сухих веществ в 100г надосадочной жидкости (геля) образцов, что позволяет судить о зависимости экстрагирования сухих веществ семян чиа от степени измельчения исследуемых образцов. Очевидно, что содержание сухих веществ в геле возрастает с увеличением степени измельчения семян чиа. Однако, разница по содержанию сухих веществ геля образцов крупного и среднего помола незначительна, как и по объему надосадочной жидкости этих образцов (таблица 1).

Таблица 2 – Содержание сухих веществ геля исследуемых образцов

Образцы	Содержание сухих веществ в 100г геля, г
1Ч	10,575±0,320
2Ч	14,425±0,245
3Ч	14,675±0,216
4Ч	15,225±0,621

Имея данные о массовой доле сухих веществ в исследуемых образцах до центрифугирования (не менее 7,3%) можно рассчитать степень их экстрагирования в надосадочную жидкость (гель) в процессе центрифугирования образцов. Очевидно, что с увеличением степени измельчения семян чиа возрастает степень перехода сухих веществ в гель, в частности, слегка измельченные семена чиа показали способность к экстрагированию сухих веществ в гель не менее 145%, семена крупного и мелкого помола – 198 и 201% соответственно, семена мелкого помола – 209%. Степень экстракции сухих веществ семян мелкого помола более эффективна и существенно превышает исследуемый показатель образцов семян чиа слегка измельченных на 64%, и незначительно – образцов крупного и среднего помола, в частности на 11 и 8% соответственно.

Заключение

В настоящей работе впервые доказана зависимость экстрагирования сухих веществ семян чиа в гель и способность *Salvia hispanica L.* к отделению геля в зависимости от степени измельчения исследуемых образцов. С увеличением степени измельчения способность семян чиа к отделению геля возрастает, причем, результаты образцов крупного и среднего помола мало отличаются по изучаемым показателям. Определенные условия измельчения семян чиа до размера частиц менее 0,5 мм, их смешение с водой в соотношении 1:10 при тщательном перемешивании и выдержке в течение 4 часов могут быть использованы при изготовлении геля из семян чиа с содержанием сухих веществ равным 1,6% с целью его использования в пищевой, биотехнологической и фармацевтической промышленности. В дальнейшем исследовании для получения комплексных данных эксперимента требуется детально

изучить химический состав сухих веществ отделяемого геля образцов. С целью оптимизации выделения геля из семян чиа следует изучить влияние температурного режима экстрагирования, объема добавляемой жидкости, продолжительности выдержки исследуемых образцов и других параметров.

Литература/ References

1. Ayerza R. Seed composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes which differ in seed color. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2013, V. 25, no. 7, 495 p.
2. Lepeshkin A.I., Reznikova M.V., Nadtochii L.A. Semena chia. Funktsional'nyi ingredient – pishchevye volokna, polinenasyshchennyye zhirnye kisloty [Chia seeds. Functional ingredient – dietary fiber, polyunsaturated fatty acids]. *A New Science: The Experience, Tradition, Innovation*. 2016, no. 1-1, pp. 5–8 (In Russia).
3. Guiotto E.N., Ixtaina V.Y., Tomás M.C., Nolasco S.M. Moisture-dependent physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Transactions of the ASABE*. 2011, V. 54, Issue 2, pp. 527–533.
4. Hernández L.M. Mucilage from chia seeds (*Salvia hispanica*): Microstructure, physico-chemical characterization and applications in food industry. *PhD Thesis*. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012. 146 p.
5. EU Commission, Authorizing the placing on the market of chia seed (*Salvia hispanica*) as novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the EU, C*, 7645 (2009).
6. Timilsena Y. P., Adhikari R., Kasapis, S., Adhikari B. Rheological and microstructural properties of the chia seed polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2015, V. 81, pp. 991–999.
7. Muñoz L.A., Cobos A., Diaz O., Aguilera J.M. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*. 2012, V. 108, no. 1, pp. 216–224.
8. De la Paz Salgado-Cruz M., Calderón-Domínguez G., Chanona-Pérez J., Farrera-Rebollo R. R., Méndez-Méndez J. V., Díaz-Ramírez, M. Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. *Industrial Crops and Products*. 2013, V. 51, pp. 453–462.
9. Segura-Campos M.R., Ciau-Solís N., Rosado-Rubio G., Chel-Guerrero L., Betancur-Ancona D. Chemical and functional properties of chia seed (*Salvia hispanica* L.) gum. *International Journal of Food Science*. 2014, V. 2014.
10. Inglett G. E., Chen D., Liu S.X., Lee S. Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds. *LWT-Food Science and Technology*. 2014, V. 55, no. 1, pp. 148–156.
11. Capitani M.I., Ixtaina V.Y., Nolasco S.M., Tomás M. Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013, V. 93, no. 15, pp. 3856–3862.
12. Coorey R., Tjoe A., Jayasena V. Gelling properties of chia seed and flour. *Journal of Food Science*. 2014, V. 79, Issue 5, pp. 859–866.
13. Timilsena Y. P., Adhikari R., Kasapis S., Adhikari B. Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. *Carbohydrate polymers*. 2016, V. 136, pp. 128–136.
14. Lin K.Y., Daniel J.R., Whistler R.L. Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carbohydrate Polymers*. 1994, V. 23, no. 1, pp. 13–18.
15. Ixtaina V. Y., Nolasco S. M., Tomas M. C. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial crops and products*. 2008, V. 28, no. 3, pp. 286–293.

Статья поступила в редакцию 19.06.2017