

*This variety also had the highest degree of extraction of solids into distilled water. . The tendency to accumulate inulin, noted for this variety, allows it to be recommended for industrial cultivation as a raw material for insulin production.*

**Key words:** chicory, dry matter, carbohydrates, inulin, variety

---

УДК 658.5

## ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ ПОЛИСАХАРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНОГО ШРОТА

*Крылова Ирина Владимировна, аспирант Университета ИТМО, научный сотрудник ВНИИЖиров, e-mail: [irinakrylova1987@gmail.com](mailto:irinakrylova1987@gmail.com)*

Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: [od@itmo.ru](mailto:od@itmo.ru)  
ВНИИЖиров, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: [vniizh@vniizh.ru](mailto:vniizh@vniizh.ru)

**Аннотация:** Высокий уровень клетчатки является основным препятствием для пищевого применения подсолнечного шрота. Данная статья посвящена применению ферментативного гидролиза подсолнечного шрота для снижения уровня клетчатки. Приведены результаты определения содержания сухих веществ и сырого протеина в осадках после гидролиза с применением различных дозировок ферментного препарата.

**Ключевые слова:** подсолнечный шрот, полисахариды, ферментативный гидролиз, протеин, целлюлаза

Подсолнечник — одна из самых распространенных масличных культур в мире: его годовой объем производства составляет более 50 миллионов тонн [1]. Подсолнечный шрот — побочный продукт производства подсолнечного масла, содержащий до 50% белка, состоящего из 2S-альбуминов (22% белка) и 11S-глобулинов (56% белков) [2]. Процесс промышленной экстракции масла отрицательно влияет на качество подсолнечного шрота, в том числе на растворимость и биодоступность белка. Для улучшения этих свойств применяют ферментативный гидролиз [3]. Одним из препятствий для использования белка подсолнечника в пищу является высокий уровень непереваримой клетчатки, снижающей его питательную ценность [4].

Целью данного исследования было снижение уровня клетчатки в подсолнечном шроте методом гидролиза целлюлолитическими ферментами. Для этого решались следующие задачи:

- проведение гидролиза подсолнечного шрота целлюлолитическим ферментным препаратом в различных дозировках;
- определение содержания белка и сухих веществ в осадке и надосадочной жидкости;

- определение массового выхода белка в осадке и надосадочной жидкости.

Объектом исследования были подсолнечный шрот с содержанием сырого протеина 43,87% на сухое вещество и ферментный препарат Ультрафло с бета-глюканазной и ксиланазной активностью.

Для проведения гидролиза к навескам подсолнечного шрота массой 10 г добавляли 100 мл раствора с рН 4,5, полученного добавлением 10% соляной кислоты к дистиллированной воде. В пробу №1 (контрольную) ферментный препарат не вносили, в пробы №2 и №3 вносили 0,2 мл и 1,0 мл ферментного препарата соответственно. Пробы помещали на водяную баню и проводили гидролиз в течение 1 часа, при температуре 55°C и перемешивании 150 об/мин. После окончания гидролиза пробы центрифугировали в течение 15 минут при 5000 об/мин с получением осадка и надосадочной жидкости. В осадках и надосадочных жидкостях, полученных из каждой пробы, определяли массовую долю влаги методом высушивания до постоянного веса при 105°C и содержание сырого протеина методом Кьельдаля на установке KjelFlex-450, Buchi.

Содержание сухих веществ и содержание белка в сухом веществе в полученных осадках и надосадочных жидкостях представлено на Рисунке 1.

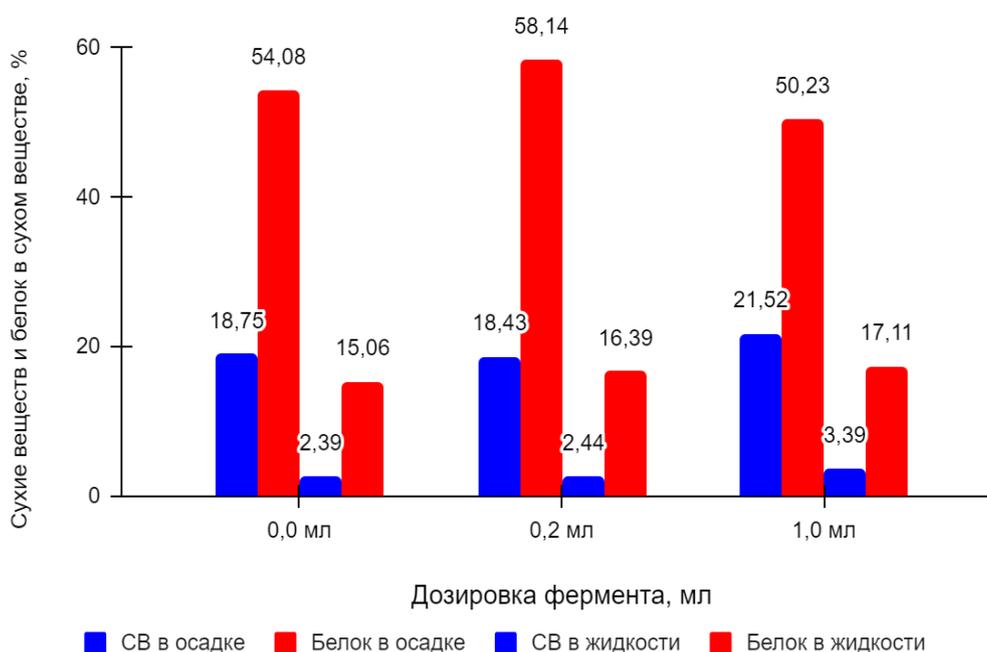


Рисунок 1 – Содержание белка и сухих веществ в продуктах гидролиза

Представленные на графике данные показывают, что максимальное содержание белка в сухих веществах осадка было достигнуто во второй пробе и было на 4% выше, чем в контроле. В то же время содержание белка в сухих веществах осадка третьей пробы оказалось ниже, чем в контроле. При этом содержание белка в надосадочной жидкости отличалось незначительно во всех трех пробах. Кроме того, с повышением дозировки ферментного препарата увеличивалась доля сухих веществ в осадке, что соответствует данным [3]. Повышение содержания как сухих веществ, так и белка в осадке можно

объяснить расщеплением клетчатки подсолнечного шрота и выходом полученных углеводов в раствор [4].

На основании данных о содержании белка и сухих веществ были рассчитаны массы белка, содержавшегося в осадках и надосадочных жидкостях. Эти массы, а также массовый выход белка, приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Массовые доли и выход белка в осадке и надосадочной жидкости

Дозировка фермента, мл	0,0		0,2		1,0	
	Осадок	Жидкость	Осадок	Жидкость	Осадок	Жидкость
Масса, г	34,2±0,1	79,6±0,1	3,1±0,1	79,5±0,1	36,0±0,1	66,4±0,1
Сухие в-ва, г	6,4±0,1	1,9±0,1	0,6±0,1	1,9±0,1	7,7±0,1	2,3±0,1
Белок, г	3,5±0,1	0,3±0,1	3,5±0,1	0,3±0,1	3,9±0,1	0,4±0,1
Выход белка, %	79,5±0,1	6,8±0,1	79,5±0,1	6,8±0,1	89,1±0,1	9,1±0,1

Из приведенных в таблице данных следует, что масса белка и его массовый выход в пробе с 0,2 мл ферментного препарата были такими же, как в контрольной пробе. Однако в третьей пробе, содержащей 1 мл ферментного препарата, масса белка в осадке была на 11% выше, а выход белка на 9,6% выше, чем в контроле. Таким образом, с повышением дозировки ферментного препарата повышался выход белка в осадке, что согласуется с данными [3]. В то же время, повышался и выход белка в надосадочной жидкости, то есть его потери.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- гидролиз подсолнечного шрота ферментным препаратом с целлюлолитической активностью повышает содержание белка в сухих веществах осадка на 4% при дозировке ферментного препарата 0,2 мл на 10 г навески;

- гидролиз подсолнечного шрота данным ферментным препаратом повышает массу и выход белка в осадке на 11% при дозировке ферментного препарата 1,0 мл на 10 г навески;

- одновременное повышение содержания белка и сухих веществ в осадке связано с расщеплением клетчатки в составе клеточных стенок растительного сырья под действием целлюлолитических ферментов.

### Библиографический список

1. Egea M.B., de Oliveira Filho J.G., Bertolo M.R.V., de Araújo J.C., Gautério G.V., Lemes A.C. Bioactive Phytochemicals from Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Oil Processing Byproducts // Ramadan Hassanien, M.F. (eds) Bioactive Phytochemicals from Vegetable Oil and Oilseed Processing By-products. Reference

Series in Phytochemistry. Springer, Cham. 2021. P. 1-16. doi: 10.1007/978-3-030-63961-7\_4-1

2. Liu H.M., Liu X.Y., Yan Y.Y., Gao J.H., Qin Z., Wang X.D. Structural properties and antioxidant activities of polysaccharides isolated from sunflower meal after oil extraction // *Arabian Journal of Chemistry*. 2021. V. 14. N 12. Article 103420. doi: 10.1016/j.arabjc.2021.103420

3. Hadidi M., Aghababaei F., McClements D.J. Sunflower meal/cake as a sustainable protein source for global food demand: Towards a zero-hunger world // *Food Hydrocolloids*. 2024. V. 147. Article 109329. doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.109329

4. Giteru S.G., Loveday S.M., Gathercole J., Cakebread J. Influence of extraction method on inherent properties and techno-functional behavior of quinoa protein ingredients // *Sustainable Food Proteins*. 2023. V. 1. N 4. P. 133-186. doi: 10.1002/sfp2.1017

5. Исследование физико-химических характеристик биополимерного геля как объекта сушки / А. Х. Х. Нугманов, М. А. Никулина, И. Ю. Алексанян, А. И. Алексанян // *Современная наука и инновации*. – 2018. – № 1(21). – С. 79-87.

6. Патент на полезную модель № 154799 U1 Российская Федерация, МПК G01N 25/20. Калориметр для определения удельной теплоёмкости пищевых продуктов : № 2015105320/28 : заявл. 17.02.2015 : опубл. 10.09.2015 / А. Х. Х. Нугманов, В. А. Краснов, И. В. Краснов

7. Гигроскопические свойства водорастворимых антоциановых комплексов, выделяемых из плодово-ягодного сырья / Е. В. Андреева, С. С. Евсеева, И. Ю. Алексанян, А. Х. Х. Нугманов // *Вестник Международной академии холода*. – 2020. – № 4. – С. 45-52. – DOI 10.17586/1606-4313-2020-19-4-45-52.

## ENZYMATIC HYDROLYSIS OF SUNFLOWER MEAL POLYSACCHARIDES

*Krylova Irina Vladimirovna, graduate student at ITMO University, research fellow at All-Russian Research Institute of Fats, e-mail: [irinakrylova1987@gmail.com](mailto:irinakrylova1987@gmail.com)*

ITMO University, Russia, St. Petersburg, e-mail: [od@itmo.ru](mailto:od@itmo.ru)  
ARSRIF, Russia, St. Petersburg, e-mail: [vniizh@vniizh.ru](mailto:vniizh@vniizh.ru)

**Abstract:** *The high level of fiber is the main factor for the food use of sunflower meal. This article is devoted to the use of enzymatic hydrolysis of sunflower meal to reduce fiber levels. The results of determining the content of organic substances and crude protein in sediments after hydrolysis using various dosages of the enzyme preparation are presented.*

**Key words:** *sunflower meal, polysaccharides, enzymatic hydrolysis, protein, cellulase.*