

# Анализ технологий белковых продуктов из подсолнечника: концентратов гидролизатов, изолятов, текстурированных

Дарья Зенкова, Анна Борисова

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

## Информация о статье

Поступила в редакцию:

15.05.2021

Принята

к опубликованию:

14.10.2021

УДК 664.87: 665.117.4

JEL Q16

## Ключевые слова:

концентрат; текстурированный; изолят; белок подсолнечника; гидролизат

## Keywords:

concentrate; texturate; isolate; sunflower protein

## Аннотация

*В последнее время большое внимание уделяется переработке пищевых отходов в нетрадиционные источники белка. Это связано с тем, что это значительно удешевляет производство белка для кормовых или пищевых целей. Кроме того, использование этих побочных продуктов снижает экологические проблемы, связанные с их утилизацией. Подсолнечный шрот является одним из побочных продуктов производства растительного масла. Данный отход содержит 30–50% белка.*

*Изучено разнообразие методов получения концентрированного белка подсолнечника и его применение в различных сферах пищевой промышленности. Различные методы получения изолятов, концентратов, гидролизатов и текстурированных позволяют снизить количество антипитательных веществ в подсолнечном шроте, получить растительный белок высокого качества.*

*Выделенный белок могут использовать как добавку к хлебо-булочным, мясным продуктам, в составе рациона спортсменов и детского питания. Известны способы применения выделенного белка как добавки для корма животных, а также для упаковочной промышленности в составе биоразлагаемых пленок.*

## Analysis of protein product technologies from sunflower: hydrolysate concentrates, isolates, textures

Daria Zenkova, Anna Borisova

## Abstract

*Recently, much attention has been paid to the processing of food waste into non-traditional sources of protein. This is because it significantly reduces the cost of producing protein for feed or food purposes. In addition, the use of these by-products reduces the environmental problems associated with their disposal. Sunflower meal is one of the by-products of vegetable oil production. This waste contains 30-50% protein. The aim of the study is to study the chemical composition of sunflower meal, as well as to consider various methods for obtaining protein hydrolysates, isolates and texturates from it. A variety of methods for obtaining concentrated sunflower protein and its*

<sup>1</sup> DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2021-3/108-117>

*application in various areas of the food industry were studied. Based on the analysis of literature sources, it can be concluded that scientists do not stop at the achieved experiments. They are trying to improve existing technologies in order to avoid the use of various salts, alkalis and solvents, but at the same time obtain a high-quality product. Thus, all these factors give us good prospects for further study of the topic of protein preparations from sunflower meal and their application in various areas of production.*

## **Введение**

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является одним из самых распространенных видов масличных культур в мире, ежегодно в мире собирают 40–50 млн тонн семян [1]. После отжима масла из подсолнечника получают отходы, которые чаще всего утилизируют и очень редко перерабатывают, в основном на корм скоту. Между тем, белок подсолнечника по своему составу практически идентичен эталону ФАО/ВОЗ кроме содержания лизина [2]. Поэтому интерес к получению из подсолнечника белка пищевого качества не уменьшается.

Проблема получения эквивалентной растительной замены животного белка остро стоит перед пищевой и кормовой промышленностью России. Импорт сои и продуктов ее переработки из-за рубежа уже не удовлетворяет производителей, стремящихся производить экологическую продукцию высокого качества. Хорошей альтернативой соевому белку может быть белок подсолнечника. В России в 2014 году открылся первый завод по производству белкового концентрата из подсолнечника Протемил с содержанием белка 77–83%. Однако из-за высокой добавочной стоимости и особенностей органолептических характеристик (цвет, ярко выраженный вкус) продукт не нашел широкого применения у производителей пищевой и кормовой промышленности.

Получение белковых продуктов из семян подсолнечника включает в себя ряд операций: удаление оболочки от ядра, измельчение ядра и обезжиривание. Полученная обезжиренная мука служит исходным сырьем для получения белковых концентратов, изолятов и гидролизатов [3].

Цель настоящего исследования – изучение химического состава шрота подсолнечника, а также рассмотрение различных способов получения из него белковых продуктов: концентратов, гидролизатов, изолятов, текстуратов.

Шрот/жмых – побочный продукт при производстве масел, получаемый после прессования и экстракции семян масличных культур.

В подсолнечном шроте по ГОСТ 11246–96 должно содержаться не менее 39% протеина, не более 20% клетчатки, общая энергия должна составлять не менее 1,04 кормовых единиц [4]. Общее содержание белка в семенах подсолнечника варьируется от 20 до 50 % [5]. Основными компонентами белковой фракции подсолнечника являются солерастворимые глобулины (60–80%) и водорастворимые альбумины (25–35%) [5, 6]. По аминокислотному составу и биохимической ценности белки подсолнечного шрота содержат лизин 11,95 мг/г белка, метионин 18,71 мг/г, цистин 10,3 мг/г и триптофан 3,8 мг/г. Также в них содержится кальций и фосфор. Подсолнечный шрот беден каротином, но в нем очень много витаминов группы В [4].

## **Антипитательные факторы и их удаление**

Семена масличных культур, если их рассматривать с точки зрения технологии переработки, состоят из ядра и оболочки, между которыми имеется воздушная прослойка разной толщины [7, 8].

Состав и питательная ценность ядра и оболочки различны. Ядро содержит такие ценные группы веществ, как липиды и протеины. В оболочке содержится

значительное количество безазотистых веществ и клетчатки, липидов всего не более 2 %. К тому же в липидах оболочки содержится много свободных жирных кислот, восков, воскоподобных веществ. В процессе извлечения масла они могут переходить в продукт и тем самым ухудшать его качество. В связи с этим оболочку необходимо удалять [9].

Антипитательные соединения масличных культур ограничивают применение продуктов их переработки в качестве пищевых компонентов, а также снижают пищевую ценность получаемых белковых концентратов.

В отличие от других культур подсолнечный шрот практически не содержит антипитательных веществ. Из факторов, которые ограничивают применение подсолнечного шрота, можно назвать фенольные соединения: хлорогеновую и хинную кислоты, кофейную кислоту, подобные п-кумариловой, изоферуловой и синапсовой кислотам, а также эфиры оксикоричной кислоты, вызывающие потемнение при тепловой обработке. Отрицательное действие высокого содержания хлорогеновой кислоты проявляется в ингибировании трипсина и липазы, поэтому уровень ее не должен превышать 1% [10]. Сравнительно высокое содержание фенольных соединений в семенах подсолнечника (1–4%) является основным ограничением использования его белка в пищевых целях. Это связано с образованием ковалентных связей между фенольными веществами и некоторыми аминокислотами (например, цистеин и лизин) во время щелочной обработки [11]. Реакция приводит к образованию специфического цвета от серого до темно-зеленого, что ограничивает органолептическое восприятие продукта. Кроме того, происходит ухудшение функциональных свойств белка: растворимости, усвояемости, срока годности и стабильности [12,13]

В белковых изолятах, выделенных из шрота с помощью слабых растворов щелочи, наряду с указанными кислотами содержится неизохлорогеновая кислота. Под действием полифенолоксидазы муки хлорогеновая кислота превращается в хиноны, образующие темноокрашенные соединения неуставленного состава [14, 15].

Все известные методы очистки белковых продуктов от фенольных веществ, в частности от хлорогеновой кислоты, в основном сводятся к промывке растворителями и использованию мембранной технологии. Однако в большинстве случаев при их применении происходит либо денатурация белка, либо недостаточное удаление фенольных соединений, либо снижение пищевой и биологической ценности получаемого продукта из-за токсичности применяемого растворителя и невозможности полного его удаления из белкового продукта [14, 16, 17]. Немаловажным является и экологический фактор такой технологии – большой объем сточных вод с затрудненной очисткой от растворителей, а также отсутствие «зеленой технологии» [5].

### **Способы обработки белковых концентратов, изолятов, гидролизатов, текстуратов**

Белковый концентрат получают из обезжиренной муки подсолнечника методами осаждения, экстракции и очистки. Дополнительная экстракция с промывкой позволяет получать изолят белка из концентрата. При гидролизе белкового раствора получают смесь отдельных белковых молекул – гидролизат белка. Наконец, методами экструзионной варки получают белковые волокна определенной структуры – текстураты [3, 18].

Рассмотрим основные способы обработки подсолнечного шрота и получение из него белковых концентратов [3].

В наше время получение белковых препаратов из подсолнечника осуществляется несколькими способами:

– турбосепарацией (сухой способ). В основе метода лежит выделение высокобелковых фракций из подсолнечного шрота/жмыха в результате различия плотности и формы масличных семян в воздушном потоке. К недостаткам этого способа относят низкий выход белковых фракций и концентрирование в них антипитательных веществ [19]. Усовершенствование системы классификатора для разделения белковых фракций в сухом методе позволяет получать более высокий выход продукции [20, 21];

– экстрагированием в жидкой среде (мокрый способ). Подразумевает экстрагирование белков из измельченных и обезжиренных семян. Данный способ в зависимости от типа обработки и вида промывного раствора удаляет из шрота углеводы, минеральные соли и другие водорастворимые вещества. Сущность данного метода заключается в измельчении семян, смешивании их с водой, кислотным, щелочным или солевым растворителем для образования белковой дисперсии. Потом дисперсию разделяют, осаждая белковые вещества [15, 17, 22, 23, 24]. Наиболее традиционными считаются условия извлечения белка в щелочной среде с использованием солей. Однако, как уже упоминалось выше, именно щелочная среда способствует реакции с фенольными соединениями белка и получением в итоге зеленого цвета конечного продукта. Исследователями предлагается иные подходы для решения данной задачи. В частности, использование кислой среды с рН в интервале 3–7,4 и концентрацией соли NaCl 0,5–2,8 моль/л. Сообщается о более высоком выходе белковой фракции (46,83–90% от общего количества альбумина [2, 5, 11]. При этом белковый препарат имел цвет от белого до светло-желтого, улучшенные функциональные свойства, в частности растворимость, пенообразование и эмульсионную способность.

Щелочную экстракцию можно проводить при рН 11–13 с дальнейшим осветлением и осаждением белка путем подкисления до рН 5. С целью повышения растворимости целевого продукта и его чистоты экстракт дополнительно подкисляют перед осветлением до рН 7,5–8,5. Осаждение белка также проводят с помощью органических растворителей (этанола, ацетона), нарушающих гидрофобное взаимодействие в молекулах белка, а также с помощью концентрированных солевых растворов, нарушающих гидратацию белковых глобул [23]. Однако при использовании нескольких экстрагентов наблюдаются большие потери, а также возникает проблема регенерации больших объемов водных растворов [22]. Почти все рассмотренные способы имеют один общий недостаток, использование растворов солей, щелочей и растворителей для фенольных соединений, для их удаления из конечного продукта требуется неоднократная промывка водой, что затрудняет использование многих технологий на практике и значительно делает этот белок дороже.

Более перспективными являются инновационные методы получения белковых препаратов из подсолнечника.

*Ферментация (энзимолит/протеолит).* Это метод применения протеазы для образования пептида из нативного белка [24]. Использование различных ферментов – от коммерческих препаратов, до натуральных ферментосодержащих систем (подсырная сыворотка, вытяжка пророщенных семян подсолнечника), позволяет изменять фракционный состав получаемого белкового препарата, влиять на его цвет и функциональные свойства [13, 25].

*Лучевая обработка.* Воздействие гамма-облучения на белки может быть как прямым, так и косвенным. Прямой эффект излучения непосредственно

поглощает белковые молекулы, что приводит к их изменению. Но при косвенном воздействии излучение сначала воздействует на молекулы воды. Воздействие гамма-облучения на белки представляет собой необратимое изменение на молекулярном уровне, вызывающее разрыв ковалентных связей в полипептидных цепях [26]. Но данный метод мало изучен и нельзя утверждать, что им можно получить белки высоко качества, которые в дальнейшем можно использовать как пищевую добавку

*Мембранные методы.* В технологии получения концентратов широко применяются методы ультрафильтрации, основанные на использовании полупроницаемых мембран с определенными размерами пор (0,1–10 мкм), которые удерживают крупные молекулы, пропускающие низкомолекулярные соединения. В результате получается очищенный белковый концентрат [7].

В результате применения ультрафильтрационных методов очистки и концентрирования эффективность разделения белковых веществ повышается за счет уменьшения объема обрабатываемой жидкости. Высокая эффективность применения мембранных методов достигается при дополнительном осуществлении процесса диафильтрации с целью вымывания низкомолекулярных соединений [8].

*Ультразвуковая обработка.* В последнее время все большее внимание исследователей проявляется к этому методу воздействия на пищевые продукты с целью улучшения их качества. При оценке воздействия ультразвуковой обработки (20/40 кГц) в сочетании с энзимоллизом на шрот подсолнечника для извлечения из него изолятов и гидролизатов белков было выявлено, что размер белковых частиц уменьшился по сравнению с контролем, повысились растворимость, пенообразующие и эмульгирующие свойства, но снизилась устойчивость пены и изменилась структура частиц [27, 28]. Воздействие ультразвуком сильнее влияет на белковый продукт при ведении процесса в УЗ-зонде по сравнению с УЗ-ванной [29, 30]. Ультразвуковое воздействие на белковый изолят снижает содержание фенольных веществ и способствует образованию желтоватого цвета [31].

*Использование жидкого диоксида углерода и сверхтонкого измельчения белкового шрота методом газожидкостного взрыва.* Позволяет снизить до минимума остаточное содержание в белковых препаратах хлорогеновой и кофейной кислот и получить продукт высокого качества для конструирования продуктов питания для спортсменов [32].

*Микроволновая экстракция.* Применяется для более эффективного извлечения хлорогеновой кислоты из белкового шрота за счет разрушения клеток под действием микроволнового излучения (100–300 Вт). Дополнительная экстракция этанолом позволяет выделять хлорогеновую кислоту из шрота подсолнечника и использовать ее в качестве антиоксидантной добавки для фармацевтической промышленности [12].

*Экструзия.* Используется для получения текстуратов из растительных белков. В литературе встречается довольно мало сведений о производстве именно текстурата из белка подсолнечника, в основном эта технология отработана для белка сои. Имеется следующая технология. Сухие белковые ингредиенты, жидкости и пар смешиваются и нагреваются. Затем тесто отправляется в двухшнековый экструдер, где подвергается термомеханической обработке. Это позволяет денатурировать белки, дезактивировать определенные ферменты, которые могут вызвать прогорклость, разрушать ингибиторы роста и снижать уровень горечи. Затем смесь проходит через матрицу, где макромолекулы белка поперечно структурируются, образуя клеточную структуру и определяя размер конечного

текстура. Затем, когда продукт выходит из матрицы, его разрезают лезвием. Далее происходит охлаждение и сушка готового продукта до влажности 10% или ниже. Существуют огромные возможности экструзии с использованием криогенных и сверхкритических жидкостей для структурной модификации крахмала, белков и других питательных веществ. Эти экструзионные технологии способствуют максимальному удержанию питательных веществ, улучшают биодоступность и усвояемость за счет минимального тепловыделения и потребления энергии во время обработки [24].

### **Использование белковых концентратов из семян подсолнечника в промышленности**

Анализ источников литературы показал несколько способов использования белковых препаратов из подсолнечника в промышленности:

из белкового концентрата производят комбикорма для животных. Например, повышают количество растительного протеина в кормах крупнорогатого скота, ученые по всему миру доказывают, что белок улучшает мясо животных, которые идут на убой, а также повышает качество молочных продуктов (сыр) [33]. Имеются сведения о повышении продуктивности кур, получающих в рацион белковые продукты из подсолнечника [34, 35]:

- белковый гидролизат из подсолнечника может использоваться как биостимулятор растений (кресс-салат, латук, кукурузные растения). Гидролизат подсолнечника, добавляемый к питательной среде для роста, стимулировал удлинения корневищ [36];

- используют как добавку в безглютеновый хлеб. По качеству такой хлеб не уступает пшеничному, но с помощью белкового концентрата из подсолнечника ученые увеличили срок хранения хлеба до 21 дня [37];

- белковый концентрат подсолнечного шрота как компонент хлебобулочных изделий. В данном случае получают изделия с повышенной пищевой и биологической ценностью (белки 15,1 г, жир 25,5 г, углеводы 45 г, пищевые волокна 10,9 %, энергетическая ценность 469 ккал), также такие изделия имеют высокую формуемость и равномерно-пористую структуру [38];

- добавление в мясную продукцию (фарш, колбасы, сосиски и т.д.). В данном случае белковые компоненты обеспечивают повышение концентрации растворимых белков и увеличение ценности готовых мясных изделий [33];

- производство молочных продуктов (для тех, у кого аллергия на обычное молоко), такие белки применяются в продуктах питания для детей с гиперчувствительностью к белкам молока, поскольку в растительных белках, отсутствуют вещества, вызывающие аллергические реакции [15];

- известны способы применения белковых концентратов в упаковочной промышленности. Например, включение изолята белка в состав биоразлагаемой пленки для упаковки мяса привело к увеличению срока хранения копченого утиного мяса до 12 дней, а также уменьшению числа вредных микроорганизмов [39]. Также белок подсолнечника может использоваться для изготовления наночастиц и последующего инкапсулирования в него различных биологически активных соединений [40];

- гидролизат подсолнечника может быть использован как белковый компонент питательной среды для выращивания бактерий, синтезирующих биотопливо [41].

Кроме того, фенольные кислоты, которые являются основным антипитательным фактором шрота подсолнечника, могут быть также выделены и применены в полимерной или фармацевтической промышленности как природные антиоксиданты, проявляющие к тому же антимуtagenные и антимикробные свойства [42].

Ожидается, что будущие исследования подтвердят положительные перспективы получения белковых препаратов из подсолнечника в промышленных масштабах и разработки все больших способов их применения.

### **Выводы**

В данной работе были изучены различные способы получения белков растительного происхождения, а именно из подсолнечного шрота, изучен его химический состав. Также рассматривались перспективы применения такого белка в пищевой промышленности.

На основании анализ источников литературы можно сделать вывод, что ученые не останавливаются на достигнутых экспериментах. Они стараются улучшить существующие технологии, чтобы избежать использования различных солей, щелочей и растворителей, но при этом получать продукт высокого качества. Таким образом, все эти факторы дают нам хорошие перспективы дальнейшего изучения темы о белковых препаратах из подсолнечного шрота и применение их в различных областях производства.

### *Список источников / References*

1. Fátima Arrutia. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements // Fátima Arrutia, Eleanor Binner, Peter Williams, Keith W. Waldron // Trends in FoodScience & Technology. – 2020. – 88-102 p.
2. Sara Albe Slabi. Multi-objective optimization of solid/liquid extraction of total sunflower pro-teins from cold press meal // Sara Albe Slabi, Christelle Mathe, Mélody Basselin, Xavier Framboisier, Mbalo Ndiaye, Olivier Galet, Romain Kapel // Food Chemistry. – 2020. – 126423 p.
3. Щеколдина Т.В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника [Текст] / Щеколдина Т.В. // Научный журнал КубГАУ. – 2015. - №109(05). – С. 1-19
4. ГОСТ 11246-96 Шрот подсолнечный. Технические условия. М.: Издательство стандартов. 1996. – 16 с.
5. Albe Slabi Sara. Optimization of sunflower albumin extraction from oleaginous meal and characterization of their structure and properties // Albe Slabi Sara, Christelle Mathé, Mélody Basselin, Frantz Fournier, Arnaud Aymes, Marine Bianeis, Olivier Galet, Romain Kapel // Food Hydrocolloids. – 2020. – 105335 p.
6. Доморощенко М. Л., Демьяненко Т.Ф., Камышева И.М., Спецакова И.Д., Стойкова В.Я., Кузнецова О.И. Исследование функционально-технологических свойств изолятов соевых белков // Масложировая промышленность. 2007. № 4. С. 24–28.
7. Иваницкий С.Б. Получение и применение белков из масличных семян: Обзор. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1991. – 24 с.
8. Кудинов П. И. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка / П. И. Кудинов, Т. В. Щеколдина, А. С. Слизькая // Известия вузов. Пищевая технология, №4, 2012. – С. 124 – 130.
9. Щербаков, В.Г. Биохимия растительного сырья [Текст] / Под ред.В.Г. Щербакова, - М.:Колос, 1999.-376 с.
10. Поморова Ю.Ю. Изменчивость форм желтосеменного ярового рапса по качеству белка и окислительной стойкости масла [Текст] / Ю.Ю. Поморова // Известия ВУЗов. Пищевая технология, – 2004г – №2-3 - с.17
11. Claudia Pickardt. Optimisation of mild-acidic protein extraction from defatted sunflower

- (*Helianthus annuus* L.) meal // Claudia Pickardt, Sybille Neidhart, Carola Griesbach, Mark Dube, Udo Knauf, Dietmar R. Kammere, Reinhold Carle // *Food Hydrocolloids*. – 2009. – 1966-1973 p.
12. Grazielle Náthia-Neves. Valorization of sunflower by-product using microwave-assisted ex-traction to obtain a rich protein flour: Recovery of chlorogenic acid, phenolic content and antioxidant capacity // Grazielle Náthia-Neves, Esther Alonso // *Food and Bioproducts Processing*. – 2021. – 57-67 p.
  13. Романова А.Б. Получение белковых ферментолизатов шрота подсолнечника [Текст] // А.Б. Романова, Е.А. Самарина, Д.В. Баурин // *Успехи в химии и химической технологии*. Том XXVII. – 2013. - №9. – с. 11-14
  14. Технология получения концентрата растительного белка из подсолнечного шрота [Электронный ресурс] // Фирма Альфа Лаваль. URL: <http://local.alfalaval.com> (дата обращения 04.03.2021).
  15. Щеколдина Т. В. Получение белкового изолята из подсолнечного шрота [Текст] / Щеколдина Т. В., Кудинов П. И., Бочкова Л. К., Чалова И. А. // *Известия вузов. Пищевая технология*. – 2008. - № 1. – С. 19 – 20
  16. Степура, М. В. Влияние обработки белковых концентратов из семян подсолнечника раствором янтарной кислоты на их функциональные свойства [Текст] / М. В. Степура, В. Г. Лобанов, В. Г. Щербаков // *Известия вузов. Пищевая технология*. – 2006. - № 2-3. – С. 71-72.
  17. Щеколдина Т. В. Применение белкового изолята подсолнечника в производстве хлеба из пшеничной муки [Текст] // Щеколдина Т. В., Кудинов П. И., Бочкова Л. К., Сочиянц Г. Г. // *Известия вузов. Пищевая технология*. – 2010. - № 1. – С.31-32
  18. Антипова Л.В. Текстураты растительных белков для производства продуктов питания [Текст] // Л.В. Антипова, И.Н. Толпыгина, Л.Е. Мартемьянова // *Пищевая промышленность*. – 2014. - №2. – с. 20-23
  19. Ширококорядова О.В. Подсолнечный шрот – экономически перспективное сырье для производства пищевых белково-углеводных продуктов [Текст] // О.В. Ширококорядова, А.Д. Минакова, И.В. Шульвинская, Е.В. Сапрунова, В.Г. Щербаков // *Известия вузов. Пищевая технология*. – 2009. - №5-6. – с. 45-48
  20. Vojislav Banjac. Optimization of the classification process in the zigzag air classifier for obtaining a high protein sunflower meal – Chemometric and CFD approach // Vojislav Banjac, Lato Pezo, Milada Pezo, Đuro Vukmirović, Dušica Čolović, Aleksandar Fišteš, Radmilo Čolović // *Advanced Powder Technology*. – 2017. – 1069-1078 p.
  21. Oscar Laguna. Production of proteins and phenolic compounds enriched fractions from rape-seed and sunflower meals by dry fractionation processes // Oscar Laguna, Abdellatif Barakat, Hadil Alhamada, Erwann Durand, Bruno Baréa, Frédéric Fine, Pierre Villeneuve, Morgane Citeau, Sylvie Daugeat, Jérôme Lecomte // *Industrial Crops & Products*. – 2018. – 160-172 p.
  22. Щербаков В.Г., Иваницкий С.Б. Производство белковых продуктов из масличных семян. – М.: Агропромиздат, 1987. – 152 с.
  23. Alam, M.R., Scampicchio, M., Angeli, S., Ferrentino, G., 2019. Effect of hot melt extrusion on physical and functional properties of insect based extruded products. *J. Food Eng.* 259, 44–51.
  24. Claudia Pickardt, Thomas Hager, Peter Eisner, Reinhold Carle, Dietmar R. Kammerer. Iso-electric Protein precipitation from mild-acidic extracts of de-oiled sunflower (*Helianthus annuus* L) press cake. // *Eur. Food Res. Technol.* – 2011 – 214 p.
  25. Воронова Н. С. Распределение электрофоретических фракций белковых изолятов из подсолнечного жмыха // Воронова Н.С., Овчаров Д.В. // *Научный журнал КубГАУ*. – 2014. - №104 (10). – с. 1-10
  26. Mudasar, Ahmad. Gamma irradiation of alkali extracted protein isolate from dephenolized sunflower meal / Mudasar Ahmad Malik, Charanjiv Singh Saini // *LWT - Food Science and Technology*. – 2017. – 204-211 p.
  27. Mokhtar Dabbour. Changes in functionalities, conformational characteristics and oxidative capacities of sunflower protein by controlled enzymolysis and ultrasonication

- action //Mokhtar Dabbour, Ronghai He, Benjamin Mintah, Jiahui Xiang, Haile Ma // *Ultrasonics – Sonochemistry*. – 2019. – 104625 p.
28. Mokhtar Dabbour. Proteolysis kinetics and structural characterization of ultrasonic pre-treated sunflower protein // Mokhtar Dabbour, Evans Adingba Alenyorege, Benjamin Mintah, Ron-ghai He, Hui Jiang, Haile Ma // *Process Biochemistry*. – 2020. – 198-206 p.
  29. Mudasir Ahmad Malik. High intensity ultrasound treatment of protein isolate extracted from dephenolized sunflower meal: Effect on physicochemical and functional properties // Mudasir Ahmad Malik, Harish Kumar Sharma, Charanjiv Singh Saini // *Ultrasonics – Sono-chemistry*. – 2017. – 511-519 p.
  30. Mudasir Ahmad Malik. Rheological and structural properties of protein isolates extracted from dephenolized sunflower meal: Effect of high intensity ultrasound // Mudasir Ahmad Malik, Charanjiv Singh Saini // *Food Hydrocolloids*. – 2018. – 229-241 p.
  31. Büs,ra Gültekin Subas,ı. Protein extracts from de-oiled sunflower cake: Structural, physico-chemical and functional properties after removal of phenolics // Büs,ra Gültekin Subas,ı, Federico Casanova, Esra Capanoglu, Fatemeh Ajalloueiian, Jens J. Sloth, Mohammad Amin Mohammadifar // *Food Bioscience*. – 2020. – 100749 p.
  32. Карпенко М. В. Использование белков семян подсолнечника в специализированных продуктах питания для спортсменов / Известия вузов. Пищевая технология. - № 5-6. –2007. – с. 55-56
  33. Olsen M. A. Feeding concentrates with different protein sources to high-yielding, mid-lactation Norwegian Red cows: Effect on cheese ripening / M.A.Olsen, S.G. While, D.Porcellato, A.Kidane, S.B.Skeie // *Journal of Dairy Science*. – 2021. – V.104. – 4062-4073 p.
  34. Radmilo R. Colovic. Effects of sunflower meal quality on the technical parameters of the pelleting process and pellet quality // Radmilo R. Colovic, Lato L. Pezo, Đuro M. Vukmiro-vic, Dusica S. Colovic, Oskar J. Bera, Vojislav V. Banjac, Jovanka D. Levic // *ScienceDirect*. – 2015. – 98-105 p.
  35. Vanessa Raquel de Morais Oliveira. Sunflower meal as a nutritional and economically viable substitute for soybean meal in diets for free-range laying hens // Vanessa Raquel de Morais Oliveira, Alex Martins Varela de Arruda, Ligiane Nadja Souza Silva, João Batista Freire de Souza Jr, João Paulo Araújo Fernandes de Queiroz, Aurora da Silva Melo, José Simplício Holanda // *Animal Feed Science and Technology*. – 2016. – 103-108 p.
  36. Luisa Ugolini. Production of an enzymatic protein hydrolyzate from defatted sunflower seedmeal for potential application as a plant biostimulant // *Industrial Crops and Products*. – 2015. – 15-23 p.
  37. Zampronio Zorzi, Caroline. Sunflower protein concentrate: A possible and beneficial ingredient for gluten-free bread / Caroline Zampronio Zorzi, Raquel Pischke Garske, Simone Hickmann Flores, Roberta Cruz Silveira Thys // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2020. – V.66. – 102539.
  38. Grazielle, Náthia-Neves. Valorization of sunflower by-product using microwave-assisted extraction to obtain a rich protein flour: Recovery of chlorogenic acid, phenolic content and antioxidant capacity / Grazielle Náthia-Neves, Esther Alonso // *Food and Bioprocess Technology*. – 2021. – 57-67 p.
  39. Nak-Bum, Song. Physical properties of a composite film containing sunflower seed meal protein and its application in packaging smoked duck meat / Nak-Bum Song, Hye-Yeon Song, Wan-Shin Jo, Kyung Bin Song // *Journal of Food Engineering*. – 2013. – 789-795 p.
  40. Laleh Mehryar. Fabrication and characterization of sunflower protein isolate nanoparticles, and their potential for encapsulation and sustainable release of curcumin // Laleh Mehryar, Mohsen Esmaili, Fariba Zeynali, Mehdi Imani, Rohollah Sadeghi // *Journal Pre-proofs*. – 2021. – 129572 p.
  41. Vasiliki Kachrimanidou. Sunflower-based biorefinery: Poly(3-hydroxybutyrate) and poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) production from crude glycerol, sunflower meal and levulinic acid // Vasiliki Kachrimanidou, Nikolaos Kopsahelis, Seraphim Papanikolaou, Ioannis K. Kookos, Mario De Bruyn, James H. Clark, Apostolis A. Koutinas // *Bioresource Technology*. – 2014. – 121-130 p.

42. I. Habinshuti. Antimicrobial, antioxidant and sensory properties of Maillard reaction products (MRPs) derived from sunflower, soybean and corn meal hydrolysates // I. Habinshuti,

**Сведения об авторах / About authors**

**Зенкова Дарья Владимировна**, магистрант, Самарский государственный технический университет. 443100 Россия, Самара, Молодогвардейская ул., 244. *E-mail: [dasha.dar-zenkova@yandex.ru](mailto:dasha.dar-zenkova@yandex.ru)*.  
Daria V. Zenkova, student, Samara State Technical University. 443100 Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244. *E-mail: [dasha.dar-zenkova@yandex.ru](mailto:dasha.dar-zenkova@yandex.ru)*.

**Борисова Анна Викторовна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология и организация общественного питания». 443100 Россия, Самара, Молодогвардейская ул., 244. *E-mail: [anna\\_borisova\\_63@mail.ru](mailto:anna_borisova_63@mail.ru)*  
Anna V. Borisova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering. 443100 Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244. *E-mail: [anna\\_borisova\\_63@mail.ru](mailto:anna_borisova_63@mail.ru)*