

Функционально-технологические свойства подсолнечной муки

Фролова Александра Евгеньевна

*Ф.Б.У ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
Адрес: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46
E-mail: frolova_ae@mail.ru*

Щетинин Михаил Павлович

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11
E-mail: shchetininmihail@mgurp.ru
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
Адрес: 656038, город Барнаул, пр. Ленина, д. 46
E-mail: ish1955@mail.ru*

Целью настоящей работы является изучение функционально-технологических свойств муки подсолнечной, которая может быть использована для создания структуры продуктов питания и их обогащения. На основе дисперсионного анализа получены математические модели, описывающие зависимости жиродерживающей, водоудерживающей и пенообразующей способностей, а также стойкости пены подсолнечной муки от температуры обработки и продолжительности ее воздействия. Установлено, что оптимальными условиями термической обработки муки являются температура обработки - 60 °С, время воздействия - 30 мин, при этом происходит улучшение органолептических показателей и уменьшение ее влажности. Проведены лабораторные исследования по показателям сорбционных и поверхностно-активных свойств муки в сравнении с ядром и жмыхом подсолнечным, которые показали, что жиродерживающая способность муки ниже, чем у ядра и жмыха подсолнечного, но она обладает более высокими показателями стойкости пены, пенообразующей способности и способности адсорбировать воду. Использование муки при производстве продуктов питания более технологически целесообразно и экономически выгодно, по сравнению с использованием для этих целей ядра и жмыха подсолнечника. Результаты исследований применения разработанного продукта для различных технологических целей могут быть использованы при разработке рецептур различных продуктов питания эмульсионной структуры, в том числе обогащенных.

Ключевые слова: мука подсолнечная; жмых подсолнечный; вторичные ресурсы растительного сырья; обогащение продуктов; функционально-технологические свойства, поверхности отклика

Введение

Подсолнечник является основной масличной культурой Алтайского края.¹ При промышленной переработке подсолнечных семян образуется большое количество вторичного сырья - жмыха и шрота, которые используются в основном в сельском хозяйстве (Щеколдина, 2015, с. 360–378).

После извлечения масла методом холодного пресования подсолнечный жмых обладает высокими показателями по содержанию массовой доли белка, относительно низкой себестоимостью и отсутстви-

ем вредных веществ, а также компонентов, препятствующих полноценному усвоению продукта. Богатый аминокислотный состав жмыха (Минакова, Щербаков, Ширококорядов, 2007, с. 9–10; Николаев, Карапетян, Чеханова, Липова, Брюшно, Шерстюгина, Зелянов, 2016, с. 1293–1303) способствует использованию его в качестве сырья при производстве обогащенных продуктов питания (Бычкова, Рождественская, Погорова, Госман, Бычков, 2018, с. 46–54).

Целью исследований является изучение функционально-технологических свойств муки подсолнечной, обеспечивающих возможность ее использования для обогащения продуктов пита-

¹ Растениеводство. А.К.края [Электронный ресурс]. U.L. <http://www.altagro22.ru/apk/rastenievodstvo/> (дата обращения: 14.02.2020).

ния незаменимыми аминокислотами и пищевыми волокнами.

Объектом исследований служила мука подсолнечная из производственного жмыха, полученного в цехах О.О.«Интер-масло», О.О.«Алтайский продукт» и О.О.«Маслобойный завод» из заводских смесей семян подсолнечника современных сортов по традиционной технологии холодного отжима. В качестве контроля при расчете коэффициентов пенообразующей способности и стойкости пены использовали белок куриного яйца.

Как известно, полезность белков в пищевых продуктах обуславливается их функциональными свойствами, существенно влияющими на технологические и потребительские свойства белковых продуктов на всех стадиях жизненного цикла продукции от переработки до хранения и потребления (Писарева, 2015, с. 460–464; Покровский, 1964, с. 3–15; Щетинин, Фролова, 2013, с. 156–160).

К функционально-технологическим свойствам белков относят жироудерживающую (ЖУС), водоудерживающую (ВУС) и пенообразующую способность (ПОС), стойкость пены (СП) (Толстогузов, 1987).

ВУС характеризует свойства белкового продукта абсорбировать и прочно связывать свободную влагу в процессе технологической обработки пищевого продукта за счет присутствия гидрофильных групп (Рензеева, 2009, с. 23–26; Vyakhaya, Parvez, 2019, p. 729–733).

ЖУС характеризуется адсорбцией жира за счет водоотталкивающих участков белковых молекул (Воронова, Бередин, 2016, с. 114–117; Огнева, Николаенко, 2015, с. 32–35; Хабибулина, Гордиенко, Шишова, Дмитриева, 2015, С. 5–7).

ПОС – количество пены, выражаемое ее объемом (см³) или высотой столба (мм), которое получается из установленного неизменного объема пенообразующего раствора при соблюдении определенных стандартных условий пенообразования на протяжении постоянного времени (Руководство В.И.Ж, 1967)².

СП – способность пены сохранять общий объем, дисперсность и не допускать вытекания жидкости за определенное время (Щербаков, Лобанов,

Минакова, 2010; Хабибулина, Гордиенко, Шишова, Дмитриева, 2015, С. 5–7).

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 3–5 кратной повторности в лабораториях кафедры «Технология продуктов питания» Ф.Б.У ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» методиками, рекомендованными В.И. жиров (Руководство В.И.Ж, 1967) с последующей обработкой методами математической статистики.

После обработки подсолнечной муки кондуктивно-конвективным способом для улучшения органолептических показателей и уменьшение ее влажности (Щетинин, Фролова, Мелёшкина, 2014, с. 129–132) изучали ее функциональные свойства: ЖУС ВУС ПОС СП в сравнении с ядром подсолнечника и со жмыхом подсолнечным. Исследование проводили по методикам, рекомендованным руководством В.И.Ж (Руководство В.И.Ж, 1967; Щербаков, 2010). Данные функциональные свойства определяют технологические условия использования белковых добавок в составе пищевых продуктов.

Для определения ЖУС навеска исследуемых продуктов помещалась в предварительно взвешенную стеклянную центрифужную пробирку, добавлялось определенное количество рафинированного дезодорированного подсолнечного масла. Полученная смесь перемешивалась в течение 1 мин при скорости вращения ротора 1000 об/мин, далее отстаивалась 30 мин, затем центрифугировалась 15 мин при 4000 об/мин.

Неадсорбированное масло сливалось, центрифужная пробирка устанавливалась в наклонном положении под углом 10–15° на 10 мин для удаления остатков масла, затем пробирки взвешивались. Процентно-весовым методом ЖУС рассчитывалась по формуле

$$\text{ЖУС} = (a - b) / c \cdot 100\%,$$

где a – масса пробирки с навеской и связанным маслом, г;

b – масса пробирки с навеской, г;

c – навеска, г.

² Руководство по методам исследования, технологическому контролю и учету производства в масло-жировой промышленности / под общ. ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. Л.: Изд-во В.И.Ж, 1967. Т.1, кн. 1–2. 1024 с.

Определение ВУС продукта проводилось аналогично путем добавления к навеске вместо масла воды. Высокая ВУС является важным требованием при использовании сырьевых компонентов в пищевой промышленности, так как захват молекул воды повышается из-за образования большого числа химических связей при раскручивании молекулы белка, кроме того, значительную роль оказывает содержание крахмала и пищевых волокон в исследуемом продукте (Хабибулина, Гордиенко, Шишова, Дмитриева 2015, С. 5–7; Arrutia, Binner, Williams, Waldron, 2020, p. 88–102).

На следующем этапе определяли пенообразующую способность и стойкость пены белкового продукта. Пена - дисперсная система с фазой газовой дисперсии в твердой или жидкой дисперсионной среде. По своей структуре пены схожи с концентрированными эмульсиями, но основным отличием является газовая дисперсная среда, а не жидкая.

Для определения ПОС бралась навеска продукта с содержанием сухого вещества 6 г, которая помещалась в химический стакан, добавлялось 25 см³ дистиллированной воды и растиралась до образования однородной суспензии. В градуированный мерный цилиндр количественно переносилась полученная смесь, общий объем жидкости доводился дистиллированной водой до 300 см³. В контрольном опыте в качестве навески был выбран белок куриного яйца. Контрольный и опытный образцы одновременно встряхивали в течение 1 мин., после чего измерялся объем образовавшейся пены.

ПОС рассчитывалась по формуле

$$ПОС = V_{п} / V_{ж} \cdot 100\%,$$

где $V_{п}$, $V_{ж}$ – высота слоя пены и первоначально взятой жидкости соответственно, мм.

Коэффициент пенообразующей способности рассчитывался по формуле

$$K_{ПОС} = (ПОС_{с} / ПОС_{к}) \cdot 100\%,$$

где $ПОС_{с}$, $ПОС_{к}$ – пенообразующая способность исследуемого продукта и белка куриного яйца соответственно, %.

Для определения СП цилиндры после встряхивания оставались на 1 мин, затем измерялась высота оставшейся пены. Расчет проводился по формуле

$$СП = (V_{пс} / V_{п}) \cdot 100\%,$$

где $V_{п}$, $V_{пс}$ – высота первоначального слоя пены и слоя пены после отстаивания, мм.

Коэффициент стойкости пены рассчитывался по формуле

$$K_{СП} = (СП_{с} / СП_{к}) \cdot 100\%,$$

где, $СП_{с}$, $СП_{к}$ – стойкость пены исследуемого продукта и белка куриного яйца соответственно.

Обработка полученных данных осуществлялась с применением программных средств - Microsoft Excel 2010 и системы компьютерной алгебры MathCAD Professional. С помощью программы TableCurve 3D на основе комплекса исходных данных, полученных эмпирическим путем, были построены математические модели в виде трехмерных поверхностей отклика. В целях получения достоверных результатов экспериментов было определено количество повторностей каждого опыта, достаточно большее для получения среднего значения, отклоняющегося от среднего значения общей совокупности не более чем на величину доверительного интервала. Планирование эксперимента и обработку данных проводили в соответствии с методикой (Василенко, Фролова, Дерканосова, Михайлова, Щепкина, Давыдов, 2018, с. 37–42; Березина, Артёмов, Хмельова, Никитин, 2019, с. 60–63). При выполнении работы спланированы и поставлены полные факторные эксперименты П.Э.2² и П.Э.2³. С помощью дисперсионного анализа были выявлены отдельные факторы, влияющие на функцию отклика.

Результаты и их обсуждение

Исследуемая мука подсолнечная представляет собой порошкообразный сыпучий продукт светло-серого цвета со свойственным ядру подсолнечного семени вкусом и запахом, при проведении физико-химического анализа установлено, что содержание в ней белка составляет от 39,0 до 45,0%, жиров – от 7,0 до 12,0%, клетчатки – от 10,0 до 15,0%, массовая доля влаги – от 2,0 до 6,0%.

Исследование химического состава белковых фракций полученной подсолнечной муки показало, что наибольшим количеством белка, коррелирующим с наибольшим содержанием фосфора, обладает фракция с размером частиц 25–35 мкм (Широкорядова, Минакова, Щербаков, Логунова, 2008, с. 23–24).

Получены математические модели в виде уравнений регрессии с удовлетворительным уровнем аппроксимации, описывающие зависимости ЖУС и ВУС от температуры обработки и продолжительности ее воздействия:

$$Y_1(x_1, x_2) = 101,565 - 5,695x_1 + 6,755x_2 + 4,135x_1x_2,$$

где x_1 – температура обработки,
 x_2 – длительность обработки,
 Y_1 – жиродерживающая способность (ЖУС, %) муки подсолнечной.

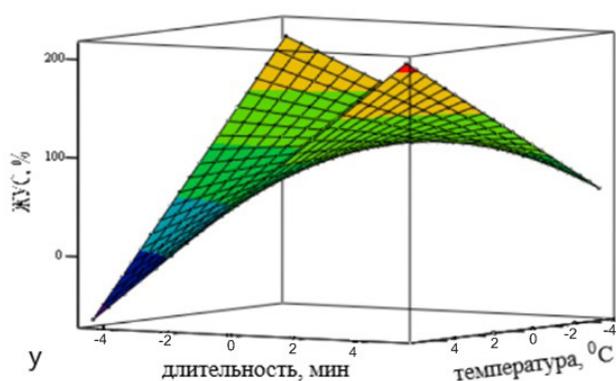
$$Y_2(x_1, x_2) = 195,327 - 15,827x_1 - 2,238x_2 + 2,258x_1x_2,$$

где x_1 – температура обработки,
 x_2 – длительность обработки,
 Y_2 – вододерживающая способность (ВУС,%) муки подсолнечной

Как видно из уравнений ЖУС подсолнечной муки в центре плана составляет 101,565%, ВУС – 195,327%, значения коэффициентов при факторах свидетельствуют о различном влиянии длительности обработки (x_2) и температуры воздействия (x_1), повышение температуры термической обработки отрицательно влияет на ЖУС и ВУС а повышение длительности обработки приводит к увеличению ЖУС и уменьшению ВУС о чем свидетельствуют знаки «-» и «+» при первом и втором факторах.

На Рисунке 1 представлены поверхности отклика полученных математических моделей.

Из их анализа следует, что длительность обработки (x_2) несколько сильнее влияет на ЖУС и ВУС подсолнечной муки, чем температура обработки



а) жиродерживающая способность

(x_1), о чем свидетельствуют значения коэффициентов при факторах, межфакторное взаимодействие имеет наименьшее влияние. Коэффициент при смешанном произведении факторов является значимым, что свидетельствует о математической зависимости одного фактора от уровня другого фактора.

Математические модели в виде уравнения регрессии, отражающие зависимости пенообразующей способности и стойкости пены от температуры обработки и продолжительности ее воздействия, имеют следующий вид:

$$Y_3(x_1, x_2) = 18,33 - 3,5x_1 - 0,5x_2 + 5,33x_1x_2,$$

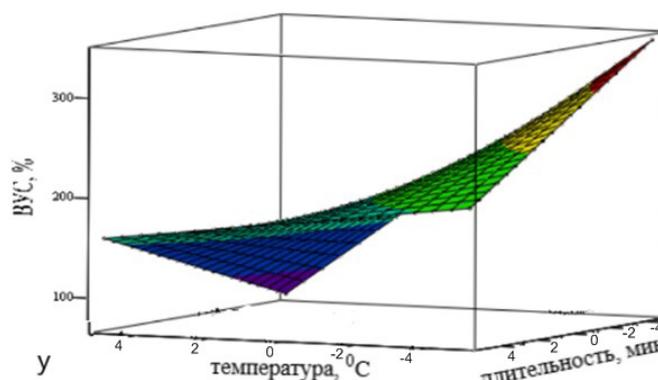
где x_1 - температура обработки,
 x_2 - длительность обработки,
 Y_3 - пенообразующая способность (ПОС,%) муки подсолнечной

$$Y_4(x_1, x_2) = 76,55 - 4,8x_1 + 1,95x_2 + 6,3x_1x_2,$$

где: x_1 - температура обработки,
 x_2 - длительность обработки,
 Y_4 – стойкость пены (СП,%) муки подсолнечной

На Рисунке 2 представлены поверхности отклика полученных моделей, отражающих зависимости пенообразующей способности и стойкости пены подсолнечной муки от основных параметров технологической обработки.

Из анализа поверхности отклика на рисунке 2 следует, что пенообразующая способность в центре плана составляет 18,33%, а стойкость пены – 76,55%, температура обработки (x_1) сильнее влияет на ПС и СП



б) вододерживающая способность

Рисунок 1. Влияние основных параметров технологической обработки на жиродерживающую и вододерживающую способности подсолнечной муки

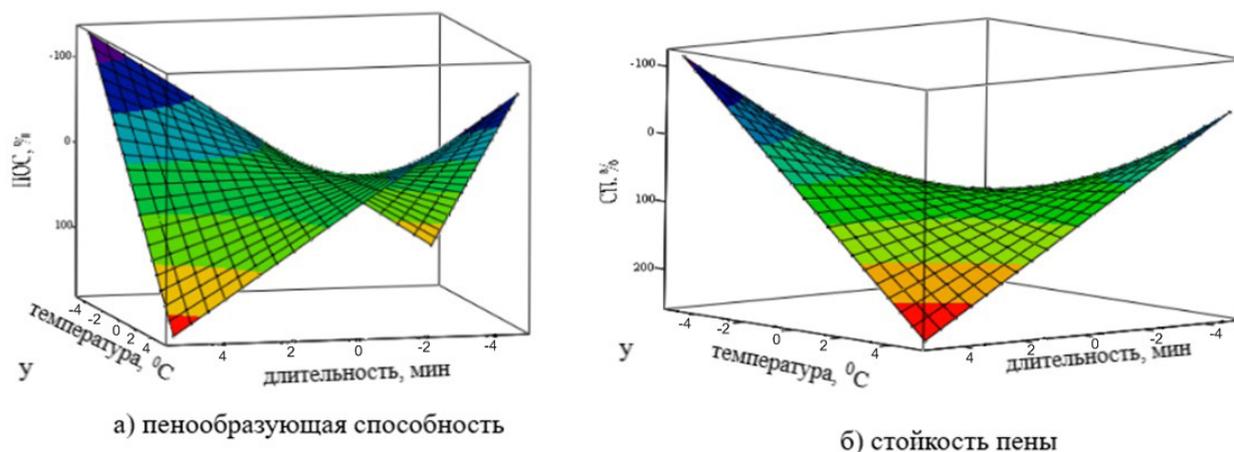


Рисунок 2. Влияние основных параметров технологической обработки на пенообразующую способность и стойкость пены подсолнечной муки

подсолнечной муки, чем длительность обработки (x_2), о чем свидетельствуют значения коэффициентов при факторах, межфакторное взаимодействие также оказывает значительное влияние.

Построение графиков при различном сочетании исследуемых факторов и их анализ позволили установить, что оптимальными условиями термической обработки муки подсолнечной являются: температура обработки 60°C и время воздействия 30 мин.

Результаты определения функционально-технологических свойств муки подсолнечной в сравнении с ядром подсолнечника и со жмыхом подсолнечным, произведенными из одной партии заводских смесей семян подсолнечника, представлены в Таблице 1.

Из таблицы следует, что значение показателей ЖУС у муки подсолнечной ниже, чем у ядра подсолнечного и жмыха подсолнечного, однако она обладает более высокими СП, ПОС способностью адсорбировать воду.

В целом функционально-технологические показатели муки подсолнечной соответствуют современным требованиям пищевой промышленности.

Ядро подсолнечника превышает муку подсолнечную по показателям сорбционных (ВУС, ЖУС и поверхностно-активных ($K_{СП}$, ПОС Кпос) свойств, в то же время, использование муки в производстве продуктов питания технологически проще и экономически выгодней, что делает актуальным дальнейшее исследование подсолнечной муки и улучшение ее свойств.

Обработка результатов демонстрирует, что при идентичных условиях постановки эксперимента образцы муки подсолнечной из разных партий и от разных производителей показывают равные значения функционально-технологических свойств, что говорит о схожем содержании в них массовой доли белка и других химических компонентов. В то же время следует отметить, что их характеристики ниже значений, приводимых в научной литературе (Ширококорядова, Минакова, Щербаков, Логунова, 2008, с. 23–24; Минакова, Щербаков, Ширококорядов, 2007, с. 9–10; Степура, 2006; Grasso, Liu, Methven, 2020, p. 108–893; Grasso, Omoarukhe, Wen, Papoutsis, Methven, 2019, p. 305; Lin, Humbert, Sosulski, 1974, p. 368–370; Pickardt, Hager, Eisner, Carle, Kammerer, 2011, p. 31–44) для изолированных белков, применяемых в пищевой промышленности. Однако спо-

Таблица 1
Функционально-технологические свойства подсолнечника и продуктов его переработки

Сырье	Функциональные свойства продуктов, %					
	ВУС	ЖУС	ПОС	КПОС	СП	КСП
Ядро подсолнечника	15	215	7,4	15,4	72	0,8
Жмых подсолнечный	189	150	22	46,1	43	0,47
Мука подсолнечная	215	104	28	58,7	85	0,93

способность белков удерживать воду и жир зависит не только от их содержания в системе и особенностей фракционного и аминокислотного состава, но и от качественного состава и соотношения небелковых компонентов системы. Мука из подсолнечного жмыха является многофункциональной системой с высоким содержанием жира, что заметно снижает функционально-технологические характеристики белков. Получение из жмыха белкового концентрата позволит улучшить функционально-технологические свойства, но одновременно приведет к существенному снижению его пищевой ценности за счет потери токоферолов и полиненасыщенных жирных кислот, что является нецелесообразным (Щетинин, Фролова, 2013, с. 156–160).

При производстве большинства продуктов эмульсионной структуры технологические схемы предполагают нагревание и выдерживание смеси при заданной температуре. В связи с этим, можно рекомендовать внесение муки подсолнечной в рецептуры таких продуктов, в которых улучшение технологических свойств достигается за счет связывания жира и воды. Высокие потребительские свойства полученной муки подсолнечной делают актуальным исследование возможности ее использования для производства ряда кондитерских изделий.

Выводы

В ходе работы проведены исследования функционально-технологических свойств полученной подсолнечной муки, на основании результатов которых можно рекомендовать ее применение в кондитерских изделиях с эмульсионной структурой, что позволяет развить существующие технологии производства и расширить ассортимент готовой продукции.

При выполнении исследований поставлены двух- и трехфакторные эксперименты. Для выявления влияния отдельных факторов на функцию отклика использован дисперсионный анализ как метод математической статистики, получены математические модели в виде уравнений регрессии с удовлетворительным уровнем аппроксимации, описывающие зависимости жиродерживающей, влагоудерживающей и пенообразующей способностей, а также стойкости пены подсолнечной муки от температуры обработки и продолжительности ее воздействия.

Анализ полученных данных позволил установить оптимальные условия термической обработки муки: температура обработки 60°C и время воз-

действия 30 мин., обеспечивающие улучшение органолептических показателей и уменьшение ее влажности.

Подсолнечная мука является перспективным сырьевым компонентом, предоставляющим обширные возможности для изготовления с ее применением композиций требуемого состава и добавления в рецептуры для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (государственное задание № 075–00316–20–01 от 21.02.2020; мнемокод 0611–2020–013; номер темы F.M.-2020–0013).

Литература

- Березина Н.А., Артёмов А.В., Хмельёва Е.В., Никитин И.А. Моделирование и оптимизация рецептуры хлебобулочных изделий повышенной биологической ценности // *Хлебопродукты*. 2019. № 9. с. 60–63. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-31-9-60-63>
- Бычкова Е.С., Рождественская Л.Н., Погорова В.Д., Госман Д.В., Бычков А.Л. Технологические особенности и перспективы использования растительных белков в индустрии питания. Часть 2. Способ снижения антипитательных свойств растительного сырья // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2018. № 3. с. 46–54. <https://doi.org/10.36107/spfp.2018.19>
- Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Дерканосова А.А., Михайлова Н.А., Щепкина А.А., Давыдов А.М. Математическое обеспечение процесса экстрадирования аномально-вязких сред методами планирования эксперимента // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2018. № 3(80). с. 37–42. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-37-42>
- Воронова Н.С., Бередин Л.С. Сравнительная характеристика функционально-технологических продуктов переработки семян льна // *Молодой ученый*. 2016. № 21(125). с. 114–117.
- Минакова А.Д., Щербаков В.Г., Ширококорядов О.В. Сравнительная характеристика функциональных свойств белковых концентратов из семян подсолнечника // *Известия вузов, пищевая технология*. 2007. № 2. с. 9–10.
- Николаев С.И., Карапетян А.К., Чеханова С.В., Липова Е.А., Брюшно О.Ю., Шерстюгина М.А., Зелянов Е.В. Сравнительный анализ химиче-

- ского состава продуктов переработки семян масличных культур // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 118. с. 1293–1303.
- Огнева О.А., Николаенко Е.В. Разработка рецептур и технологии фруктовых жележных десертов // Молодой ученый. 2015. № 5–1(85). с. 32–35.
- Писарева Е.В. Исследование стабилизационных свойств ржаного наполнителя для молочных продуктов // Вестник Алтайской науки. 2015. № 1(23). с. 460–464.
- Покровский А.А. Биохимические основания разработки продуктов повышенной биологической ценности // Вопросы питания. 1964. № 1. с. 3–15.
- Рензьева Т.В. Функциональные свойства белковых продуктов из жмыхов рапса и рыжика // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 4(15). с. 23–26.
- Степуро М.В. Влияние структурной модификации белков подсолнечника на биологическую ценность и функциональные свойства получаемых на их основе высокобелковых пищевых продуктов: дис. ... канд. технич. наук: 03.00.04: утв. 18.05.2006. Краснодар, 2006. 158 с.
- Хабибулина Н.В., Гордиенко М.Г., Шишова Е.С., Дмитриева Ю.А. Изучение влияния ограниченного протеолиза на пенообразующую способность соевых продуктов // Ceteris Paribus. 2015. № 2. с. 5–7.
- Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи: технологические проблемы и перспективы производства. М.: Агропромиздат, 1987. 303 с.
- Широкорядова О.В., Минакова А.Д., Щербаков В.Г., Логунова О.В. Биохимические особенности белковых фракций из семян подсолнечника // Известия вузов. Пищевая технология. 2008. № 1. с. 23–24.
- Щеколдина Т.В. Технологии получения белкосоудержающего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 5(109). с. 360–378.
- Щербаков В.Г., Лобанов В.Г., Минакова А.Д. Белки масличных семян: монография. Краснодар: Изд. КубГТУ, 2010. 185 с.
- Щетинин М.П., Фролова А.Е., Мелёшкина Л.Е. Влияние режимов термической обработки на физико-химические показатели муки подсолнечной // Grand Altai Research & Education. 2014. № 1. с. 129–132.
- Щетинин М.П., Фролова А.Е. Изучение функционально-технологических свойств сырья растительного и животного происхождения при разработке рецептур кондитерских изделий // Ползуновский вестник. 2013. № 4–4. с. 156–160.
- Grasso S., Liu S., Methven L. Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour // L.T.- Food Science and Technology. 2020. Vol. 119. P. 108–893. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108893>
- Grasso S., Omoarukhe E., Wen X., Papoutsis K., Methven L. The use of upcycled defatted sunflower seed flour as a functional ingredient in biscuits // Foods. 2019. Vol. 8, issue 8. P. 305. <https://doi.org/10.3390/foods8080305>
- Lin M.J.Y., Humbert E.S., Sosulski F.W. Certain functional properties of sunflower meal products // Journal of Food Science. 1974. Vol. 39, issue 2. P. 368–370. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb02896.x>
- Pickardt C., Hager T., Eisner P., Carle R., Kammerer D. Isoelectric protein precipitation from mild-acidic extracts of de-oiled sunflower (*Helianthus annuus* L.) press cake // European Food Research and Technology. 2011. Vol. 233, issue 1. P. 31–44. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1489-6>
- Arrutia F., Binner E., Williams P., Waldron K.W. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements // Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 100. P. 88–102. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.044>
- Vyakhaya D.J., Parvez R. Evaluation of the quality and sensory attributes of chocolate under different trials // The Pharma Innovation Journal. 2019. Vol. 8, issue 5. P. 729–733. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue5/PartL/8-5-152-806.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).

Functional and Technological Properties of Sunflower Flour

Alexandra E. Frolova

*Polzunov Altai State Technical University
46, Lenin Ave., Barnaul, 656038, Russian Federation
E-mail: frolova_ae@mail.ru*

Mikhail P. Shchetinin

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamsk highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: shchetininmikhail@mgupp.ru
Polzunov Altai State Technical University
46, Lenin Ave., Barnaul, 656038, Russian Federation
E-mail: ish1955@mail.ru*

The aim of this work is to study the functional and technological properties of sunflower flour, which can be used to enrich and create the necessary structure of food products. Based on analysis of variance derived mathematical models describing the dependence of fat-retaining, water-retaining and foaming capabilities, as well as the stability of sunflower flour foam on the processing temperature and the duration of its exposure. It has been established that the optimal conditions for the heat treatment of flour are the processing temperature - 60 ° C, the exposure time - 30 minutes, while improving the organoleptic characteristics and reducing its moisture content. Laboratory studies were carried out on the indicators of sorption and surface-active properties of flour in comparison with the kernel and sunflower cake, which showed that the fat-holding capacity of flour is lower than that of the kernel and sunflower cake, but it has higher indicators of foam stability, foaming ability and ability to adsorb water. The use of flour in food production is more technologically expedient and economically profitable with use for these purposes and sunflower kernel meal. The results of studies on the use of the developed product for various technological purposes can be used in the development of formulations of various food products, including fortified ones.

Keywords: sunflower flour; secondary resources of plant materials; food enrichment; functional and technological properties

References

- Berezina N.A., Artemov A.V., Khmeleva E.V., Nikitin I.A. Modelirovanie i optimizatsiya retseptury khlebobulochnykh izdelii povyshennoi biologicheskoi tsennosti [Modeling and optimization of the formulation of bakery products of high biological value]. *Khleboprodukty [Bread products]*, 2019, no. 9, pp. 60–63. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-31-9-60-63>
- Bychkova E.S., Rozhdestvenskaya L.N., Pogorova V.D., Gosman D.V., Bychkov A.L. Tekhnologicheskie osobennosti i perspektivy ispol'zovanie rastitel'nykh belkov v industrii pitaniya. Chast' 2. Sposob snizheniya antipitatel'nykh svoystv rastitel'nogo syr'ya [Technological features and prospects for the use of plant proteins in the nutrition industry. Part 2. A way to reduce the anti-nutritional properties of plant materials]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of farm products]*, 2018, no. 3, pp. 46–54. <https://doi.org/10.36107/spfp.2018.19>
- Vasilenko V.N., Frolova L.N., Derkanosova A.A., Mikhailova N.A., Shchepkina A.A., Davydov A.M. Matematicheskoe obespechenie protsessa ekstrudirovaniya anomal'no-vyazkikh sred metodami planirovaniya eksperimenta [Software for the extrusion of anomalously viscous media by experimental design methods]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technology]*, 2018, no. 3(80), pp. 37–42. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-37-42>
- Voronova N.S., Beredin L.S. Sravnitel'naya kharakteristika funktsional'no-tekhnologicheskikh produktov pererabotki semyan l'na [Comparative characteristics of the functional and technological products of the processing of flax seeds]. *Molodoi uchenyi [Young scientist]*, 2016, no. 21(125), pp. 114–117.
- Minakova A.D., Shcherbakov V.G., Shirokoryadova O.V. Sravnitel'naya kharakteristika funktsional'nykh svoystv belkovykh kontsentratoov iz semyan pod-

- solnechnika [Comparative characteristics of the functional properties of protein concentrates from sunflower seeds]. *Izvestiya vuzov Pishcheyaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 2007, no. 2, pp. 9–10.
- Minakova A.D., Shcherbakov V.G., Shirokoryadov O.V. Sravnitel'naya kharakteristika funktsional'nykh svoystv belkovykh kontsentratsiy iz semyan podsolnechnika [Comparative characteristics of the functional properties of protein concentrates from sunflower seeds]. *Izvestiya vuzov, pishcheyaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 2007, no. 2, pp. 9–10.
- Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Chekhanova S.V., Lipova E.A., Bryukhno O.Y., Sherstyugina M.A., Zelyanov E.V. Sravnitel'nyi analiz khimicheskogo sostava produktov pererabotki semyan maslichnykh kul'tur [Comparative analysis of the chemical composition of oilseed processing products]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU [Scientific journal KubSAU]*, 2016, no. 118, pp. 1293–1303.
- Ogneva O.A., Nikolaenko E.V. Razrabotka retseptur i tekhnologii fruktovykh zheleinykh desertov [Development of recipes and technology for fruit jelly desserts]. *Molodoi uchenyi [Young scientist]*, 2015, no. 5–1(85), pp. 32–35.
- Pisareva E.V. Issledovanie stabilizatsionnykh svoystv rzhanogo napolnitelya dlya molochnykh produktov [Investigation of the stabilization properties of rye filler for dairy products]. *Vestnik Altaiskoi nauki [Bulletin of Altai Science]*, 2015, no. 1(23), pp. 460–464.
- Pokrovskii A.A. Biokhimicheskie osnovaniya razrabotki produktov povyshennoi biologicheskoi tsennosti [Biochemical basis for the development of products of increased biological value]. *Voprosy pitaniya [Nutrition Issues]*, 1964, no. 1, pp. 3–15.
- Renzyaeva T.V. Funktsional'nye svoystva belkovykh produktov iz zhmykhov rapsa i ryzhika [Functional properties of protein products from rapeseed and camelina cakes]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Technics and technology of food production]*, 2009, no. 4(15), pp. 23–26.
- Rukovodstvo po metodam issledovaniya, tekhnologicheskomu kontrolyu i uchetu proizvodstva v maslo-zhirovoy promyshlennosti [Guide to research methods, technological control and accounting of production in the oil and fat industry]. Leningrad: Izd-vo V.I.Zh, 1967. Vol. 1, part. 1–2. 1024 p.
- Stepuro M.V. Vliyanie strukturnoi modifikatsii belkov podsolnechnika na biologicheskuyu tsennost' i funktsional'nye svoystva poluchaemykh na ikh osnove vysokobelkovykh pishchevykh produktov. Dis. kand. tekhnich. nauk [The effect of structural modification of sunflower proteins on the biological value and functional properties of high-protein foods obtained on their basis. Ph.D. Sci. (Technical) thesis]. Krasnodar, 2006. 158 p.
- Khabibulina N.V., Gordienko M.G., Shishova E.S., Dmitrieva Yu.A. Izuchenie vliyaniya ogranichenogo proteoliza na penoobrazuyushchuyu sposobnost' soevykh produktov [Study of the effect of limited proteolysis on the foaming ability of soy products]. *Ceteris Paribus*, 2015, no. 2, pp. 5–7.
- Tolstoguzov V.B. Novye formy belkovo-pishchi: tekhnologicheskie problemy i perspektivy proizvodstva [New forms of protein food: technological problems and production prospects]. Moscow: Agropromizdat, 1987. 303 p.
- Shirokoryadova O.V., Minakova A.D., Shcherbakov V.G., Logunova O.V. Biokhimicheskie osobennosti belkovykh fraktsiy iz semyan podsolnechnika [Biochemical features of protein fractions from sunflower seeds]. *Izvestiya vuzov Pishcheyaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 2008, no. 1, pp. 23–24.
- Shchekoldina T.V. Tekhnologii polucheniya belkosoderzhashchego syr'ya iz produktov pererabotki semyan podsolnechnika [Technologies for the production of protein-containing raw materials from processed products of sunflower seeds]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU [Scientific journal KubSAU]*, 2015, no. 5(109), pp. 360–378.
- Shcherbakov V.G., Lobanov V.G., Minakova A.D. Belki maslichnykh semyan [Proteins of oilseeds]. Krasnodar: Izd. KubGTU, 2010. 185 s.
- Shchetinin M.P., Frolova A.E., Meleshkina L.E. Vliyanie rezhimov termicheskoi obrabotki na fiziko-khimicheskie pokazateli muki podsolnechnoi [The effect of heat treatment on the physico-chemical parameters of sunflower flour]. *Grand Altai Research & Education*, 2014, no. 1, pp. 129–132.
- Shchetinin M.P., Frolova A.E. Izuchenie funktsional'no-tekhnologicheskikh svoystv syr'ya rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya pri razrabotke retseptur konditerskikh izdelii [The study of the functional and technological properties of raw materials of plant and animal origin in the development of recipes for confectionery]. *Polzunovskii vestnik [Polzunovsky Bulletin]*, 2013, no. 4–4, pp. 156–160.
- Grasso S., Liu S., Methven L. Quality of Muffins Enriched with Upcycled Defatted Sunflower Seed Flour. *L.T.- Food Science and Technology*, 2020, vol. 119, pp. 108–893. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108893>
- Grasso S., Omoarukhe E., Wen X., Papoutsis K., Methven L. The Use of Upcycled Defatted Sunflower Seed Flour as a Functional Ingredient in Biscuits. *Foods*, 2019, vol. 8, issue 8, pp. 305. <https://doi.org/10.3390/foods8080305>

- Lin M.J.Y., Humbert E.S., Sosulski F.W. Certain Functional Properties of Sunflower Meal Products. *Journal of Food Science*. 1974, vol. 39, issue 2, pp. 368–370. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb02896.x>
- Pickardt C., Hager T., Eisner P., Carle R., Kammerer D. Isoelectric Protein Precipitation from Mild-Acidic Extracts of De-Oiled Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Press Cake. *European Food Research and Technology*, 2011, vol. 233, no.1, pp. 31–44. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1489-6>
- Arrutia F., Binner E., Williams P., Waldron K.W. Oilseeds Beyond Oil: Press Cakes and Meals Supplying Global Protein Requirements. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, vol. 100, pp. 88–102. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.044>
- Vyakhaya D.J., Parvez R. Evaluation of the Quality And Sensory Attributes Of Chocolate Under Different Trials. *The Pharma Innovation Journal*, 2019, vol. 8, issue 5, pp. 729–733. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue5/PartL/8-5-152-806.pdf> (accessed 10.08.2020).