Гафуров К.Х., Сафарова Д.Н., Aimin Shi, Qin Guo

ТЕРМООБРАБОТКА МЯТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА ПЕРЕД ПРЕССОВАНИЕМ



Scanned with ACE Scanner

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Гафуров К.Х., Сафарова Д.Н., Aimin Shi, Qin Guo

ТЕРМООБРАБОТКА МЯТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА ПЕРЕД ПРЕССОВАНИЕМ

МОНОГРАФИЯ

Бухара-2024

Издательство «Дурдона»

Scanned with ACE Scanner

35.782
665.347.8
Г 24
Гафуров К.Х., Сафарова Д.Н., Aimin Shi, Qin Guo
Термообработка мятки семян подсолнечника перед прессованием [Текст] : монография / Гафуров К.Х., Сафарова Д.Н., Aimin Shi, Qin Guo – – Бухара «Дурдона» Издательство, 2024. 112 стр
UO'K 665.347.8
BBK 35.782

Рецензенты:

Мажидова Н.К. – доктор технический наук (DSc)

Кадыров Ж.Р. – доктор философии по техническим наука PhD доцент.

В монографии приведены тенденции и перспективы мирового рынка растительных масел, анализированы общие характеристики способов производства подсолнечного масла и разработки по их совершенствованию. Проведены экспериментальные исследования и установлены закономерности, описывающие зависимость выхода подсолнечного масла и его кислотного числа от влияющих факторов на процесс термообработки мятки семян подсолнечника перед прессованием. На основании этих закономерностей выявлены оптимальные режимы проведения процессов.

Для научных и инженерно-технических работников масложировой отрасли, студентов и магистров, обучающихся по направлению «Технологическое машины и оборудование» (пищевая промышленность) и специальности «Машины и агрегаты пищевых производств».

Ил.- 19, табл.- 15, библ.- 111 назв.

Настоящая монография выполнена по результатам научных исследований по проекту AL-593201250 «Ключевая технология совместного производства подсолнечного масла и белка путем умеренного температурного прессования и экстракции».

Рекомендован к открытой печати решением Совета Бухарского инженерно-технологического института (протокол № 2 от 07.10.2024 г.)

ISBN 978-9910-682-44-5

© Гафуров К.Х., Сафарова Д.Н., Aimin Shi, Qin Guo

Scanned with ACE Scanner

ОГЛАВЛЕНИЕ

Определения.....5
Нормативные ссылки.....7
Введение.....8

ГЛАВА 1. СБОР, АНАЛИТИЧЕСКАЯ И СИНТЕТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ ПО ИССЛЕДУЕМОЙ ПРОБЛЕМЕ

§1.1.Тенденции и перспективы мирового рынка растительных масел и белковых продуктов.....14
§1.2. Мировое производство семян подсолнечника.....16
§1.3. Морфологические свойства сортов подсолнечника.....19
§1.4. Общая характеристика способов производства подсолнечного масла и разработки по их совершенствованию.....25
§1.5. Определение основных направлений исследований на основе информативных научно-технических данных.....41

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

§2.1. Объекты исследования.....43
2.1.1. Морфологические свойства местных сортов подсолнечника.....44
§2.2 Методика исследования.....49
2.2.1. Методика определения физико-химических характеристик подсолнечных семян.....49
2.2.2. Методика определения масличности семян.....52
2.2.3. Методика определения влажности семян.....56
2.2.4. Методика определения белка в масличном сырье.....56
2.2.5. Методика определения кислотного числа масла.....58
2.2.6. Методы математической обработки результатов эксперментов.....59

Scanned with ACE Scanner

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

§3.1. Исследование физико-механических свойств семян сортов подсолнечника выращиваемых в Узбекистане..... 61
§3.2. Отбор специальных сортов подсолнечника для дальнейших исследований..... 66
§3.3. Исследование процесса термообработки мятки семян подсолнечника перед прессованием..... 67
§3.4. Изучение изменения основных технологических параметров холодного отжима отдельных сортов подсолнечных семян на шнековом прессе..... 84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... 91
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 93
ПРИЛОЖЕНИЯ 105

Scanned with ACE Scanner

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей монографии применяются следующие термины с соответствующими определениями по ГОСТ 21314-2020:

Масло растительное: смесь глицеридов жирных кислот и сопутствующих им веществ, извлекаемая из масличного сырья и содержащая не менее 99 процентов жира.

Глицериды жирных кислот в растительном масле представлены в виде три-, а также ди- и моноацилглицеринов. Сопутствующими веществами являются фосфатиды, свободные жирные кислоты, неомылявмые вещества. пигменты и др.

Производство растительного масла: извлечение растительного масла из масличного сырья способами прессования, экстракции или их сочетанием.

Масличное сырье: семена и плоды масличных растений, маслосодержащие части растительных культур.

Лузга [шелуха], [оболочка], [скорлупа]: продукт, получаемый при разделении обрушенного масличного сырья на фракции.

Масличное ядро: полупродукт, получаемый после разделения обрушенного масличного сырья на фракции и представляющий собой целое и дробленое ядро семян масличных культур с примесью лузги (шелухи, оболочки, скорлупы).

Масличный лепесток: полупродукт, получаемый при плющении масличного ядра, масличного сырья или форпрессового жмыха, представляющий собой пластинчатые частицы.

Масличная мятка: полупродукт, получаемый при измельчении масличного ядра или масличного сырья.

Масличная мезга: полупродукт, получаемый в процессе жарения (влаготепловой обработки) масличной мятки или форпрессового жмыха.

Прессовое масло: растительное масло, получаемое прессованием масличной мятки (масличной мезги, масличного ядра) на прессах различных конструкций при разной организации технологического процесса.

Форпрессовое масло (масло первого отжима): прессовое масло, получаемое на форпрессе при прессовании масличной мятки (масличной мезги, масличного ядра).

Scanned with ACE Scanner

Масло однократного прессования: прессовое масло, получаемое однократным прессованием масличной мятки (масличной мезги, масличного ядра).

Масло окончательного прессования: экспеллерное масло, получаемое прессованием масличной мятки (масличной мезги, масличного ядра), приготовленного из форпрессового жмыха.

Неочищенное прессовое масло: прессовое масло, не очищенное от крупной и мелкой нежировой примеси (взвеси).

Масло холодного прессования (масло холодного отжима): масло, получаемое без изменения природы масла, с применением только механических процессов, таких как отжим и прессование, без нагревания.

Масло прямого отжима: масло, получаемое без изменения природы масла, с применением только механических процессов, таких как отжим и прессование, а также путем нагревания.

Жмых: продукт, получаемый из масличной мезги, масличного сырья, экспандата или экструдата при получении растительного масла прессованием.

Мисцелла растительного масла (масличная мисцелла): раствор растительного масла в экстракционных растворителях и газах в сверхкритическом состоянии.

Экстракционное растительное масло: растительное масло, получаемое экстракционным способом с применением растворителей из подготовленного к извлечению масличного сырья.

Шрот: продукт, получаемый при экстракции растительного масла растворителем из подготовленного к извлечению масличного сырья.

Scanned with ACE Scanner

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Гафуров К.Х., Сафарова Д.Н., Aimin Shi, Qin Guo

ТЕРМООБРАБОТКА МЯТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА ПЕРЕД ПРЕССОВАНИЕМ

Бухара – 2024

УДК 665.33: 665.117.6

Гафуров К.Х., Сафарова Д.Н, Aimin Shi, Qin Guo.

Термообработка мятки семян подсолнечника перед прессованием. Монография.

В монографии приведены тенденции и перспективы мирового рынка растительных масел, анализированы общие характеристики способов производства подсолнечного масла и разработки по их совершенствованию. Проведены экспериментальные исследования и установлены закономерности, описывающие зависимость выхода подсолнечного масла и его кислотного числа от влияющих факторов на процесс термообработки мятки семян подсолнечника перед прессованием. На основании этих закономерностей выявлены оптимальные режимы проведения процессов.

Для научных и инженерно-технических работников масложировой отрасли, студентов и магистров, обучающихся по направлению «Технологическое машины и оборудование» (пищевая промышленность) и специальности «Машины и агрегаты пищевых производств».

Ил.- 19, табл.- 15, библ.- 111 назв.

Рецензенты: д.т.н. (DSc) Мажидова Н.К.
PhD доц. Кадыров Ж.Р.

Настоящая монография выполнена по результатам научных исследований по проекту AL-593201250 «Ключевая технология совместного производства подсолнечного масла и белка путем умеренного температурного прессования и экстракции».

Рекомендован к открытой печати решением Совета Бухарского инженерно-технологического института (протокол № 2 от 07.10.2024 г.)

ОГЛАВЛЕНИЕ

	ОПРЕДЕЛЕНИЯ……..	5
	НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ……..	6
	ВВЕДЕНИЕ……..	7
Глава 1.	СБОР, АНАЛИТИЧЕСКАЯ И СИНТЕТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ ПО ИССЛЕДУЕМОЙ ПРОБЛЕМЕ…….....	12
§1.1.	Тенденции и перспективы мирового рынка растительных масел и белковых продуктов……	12
§1.2	Мировое производство семян подсолнечника…….....	14
§1.3	Морфологические свойства сортов подсолнечника……..	16
§1.4	Общая характеристика способов производства подсолнечного масла и разработки по их совершенствованию……	22
§1.5	Определение основных направлений исследований на основе информативных научно-технических данных……..	37
Глава 2.	ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ……	38
§2.1	Объекты исследования……. …	38
2.1.1	Морфологические свойства местных сортов подсолнечника……	39
§2.2	Методика исследования……	44
2.2.1	Методика определения физико-химических характеристик подсолнечных семян…….	44
2.2.2	Методика определения масличности семян…….	47
2.2.3	Методика определения влажности семян…….	51
2.2.4	Методика определения белка в масличном сырье……	51
2.2.5	Методика определения кислотного числа масла……..	53

2.2.6 Методы математической обработки результатов экспериментов…….. 54
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ……... 56
§3.1 Исследование физико-механических свойств семян сортов подсолнечника, выращиваемых в Узбекистане……... 56
§3.2 Отбор специальных сортов подсолнечника для дальнейших исследований…… 62
§3.3 Исследование процесса термообработки мятки семян подсолнечника перед прессованием……..... 63
§3.4 Изучение изменения основных технологических параметров холодного отжима отдельных сортов подсолнечных семян на шнековом прессе…… 81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…… 88
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ…… 90
ПРИЛОЖЕНИЯ…… 101

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей монографии применяются следующие термины с соответствующими определениями по ГОСТ 21314-2020:

Масло растительное: смесь глицеридов жирных кислот и сопутствующих им веществ, извлекаемая из масличного сырья и содержащая не менее 99 процентов жира.

Глицериды жирных кислот в растительном масле представлены в виде три-, а также ди- и моноацилглицеринов. Сопутствующими веществами являются фосфатиды, свободные жирные кислоты, неомылявмые вещества. пигменты и др.

Производство растительного масла: извлечение растительного масла из масличного сырья способами прессования, экстракции или их сочетанием.

Масличное сырье: семена и плоды масличных растений, маслосодержащие части растительных культур.

Лузга [шелуха], [оболочка], [скорлупа]: продукт, получаемый при разделении обрушенного масличного сырья на фракции.

Масличное ядро: полупродукт, получаемый после разделения обрушенного масличного сырья на фракции и представляющий собой целое и дробленое ядро семян масличных культур с примесью лузги (шелухи, оболочки, скорлупы).

Масличный лепесток: полупродукт, получаемый при плющении масличного ядра, масличного сырья или форпрессового жмыха, представляющий собой пластинчатые частицы.

Масличная мятка: полупродукт, получаемый при измельчении масличного ядра или масличного сырья.

Масличная мезга: полупродукт, получаемый в процессе жарения (влаготепловой обработки) масличной мятки или форпрессового жмыха.

Прессовое масло: растительное масло, получаемое прессованием масличной мятки (масличной мезги, масличного ядра) на прессах различных конструкций при разной организации технологического процесса.

Форпрессовое масло (масло первого отжима): прессовое масло, получаемое на форпрессе при прессовании масличной мятки (масличной мезги, масличного ядра).

Масло однократного прессования: прессовое масло, получаемое однократным прессованием масличной мятки (масличной мезги, масличного ядра).

Масло окончательного прессования: экспеллерное масло, получаемое прессованием масличной мятки (масличной мезги, масличного ядра), приготовленного из форпрессового жмыха.

Неочищенное прессовое масло: прессовое масло, не очищенное от крупной и мелкой нежировой примеси (взвеси).

Масло холодного прессования (масло холодного отжима): масло, получаемое без изменения природы масла, с применением только механических процессов, таких как отжим и прессование, без нагревания.

Масло прямого отжима: масло, получаемое без изменения природы масла, с применением только механических процессов, таких как отжим и прессование, а также путем нагревания.

Жмых: продукт, получаемый из масличной мезги, масличного сырья, экспандата или экструдата при получении растительного масла прессованием.

Мисцелла растительного масла (масличная мисцелла): раствор растительного масла в экстракционных растворителях и газах в сверхкритическом состоянии.

Экстракционное растительное масло: растительное масло, получаемое экстракционным способом с применением растворителей из подготовленного к извлечению масличного сырья.

Шрот: продукт, получаемый при экстракции растительного масла растворителем из подготовленного к извлечению масличного сырья.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей монографии использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 21314-2020. Межгосударственный стандарт. Масла растительные. Производство. Термины и определения.

ГОСТ 1129-2013. Межгосударственный стандарт. Масло подсолнечное. Технические условия.

O`zDSt 2438-2012. Семена масличные. Методы определения масличности.

ГОСТ 10856-96. Межгосударственный стандарт. Семена масличные. Метод определения влажности.

O`zDSt 1203-2015. Масла растительные. Методы определения кислотного числа.

O`zDSt 1199:2015. Масла растительные. Методы определения цветности.

ГОСТ ISO 734-1-2016. Межгосударственный стандарт. Жмыхи и шроты. Определение содержания сырого жира.

ГОСТ 10855-64. Межгосударственный стандарт. Семена масличные. Методы определения лузжистости.

ГОСТ 10842 -89. Межгосударственный стандарт. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян.

ВВЕДЕНИЕ

По данным Ассоциации *«O`zyog`moysanoat»* [1], которая объединяет более 90 % переработчиков масличных семян Узбекистана, фактическое потребление растительных масел в стране составляет 488 тыс. тонн в год. На сегодняшний день внутреннее производство обеспечивает 293 тыс. тонн данной продукции. Остальное покрывается за счет импорта растительного масла.

Председатель правления Ассоциации масложировых предприятий Республики Узбекистан *«O`zyog`moysanoat»* Ойбек Зуфаров в ходе третьей международной конференции «*Asia Grains&Oils Conference in Tashkent 2023*» отметил, что Узбекистан наращивает не только импорт растительных масел и масличного сырья, но и собственное производство масличных. Так, посевные площади подсолнечника в 2023 г. выросли до 75 тыс. га (против 73 тыс. га в 2022 г., 71 тыс. га в 2021 г. и 17 тыс. га в 2020 г.), а урожай – до 135 тыс. тонн (против 119, 114 и 17 тыс. тонн, соответственно).

На сегодняшний день в Республике работает 300 маслодобывающих предприятий, суммарная мощность по переработке составляет 4,3 млн тонн маслосемян в год. При этом загрузка мощностей достигает всего 62 % [1].

В 2022 году предприятиями масложировой отрасли произведено промышленной продукции на сумму 6,13 трлн сумов, в этом отношении достигнут темп роста на уровне 108,2 процента по сравнению с предыдущим годом. В том числе: 201 тыс. тонн растительного масла (темп роста 103,6 процента).

Одной из современных тенденций инновационного развития масложировой промышленности является производство конкурентоспособных продуктов, особенно масел и белкового шрота с повышенной биологической ценностью безопасных в потреблении. Поэтому разработка новых и совершенствование существующих технологий

получения и переработки растительных масел, позволяющих получать высококачественные масла и белкового шрота, является важнейшей задачей.

Над проблемами исследования и производства растительных масел работали следующие ученые: А.М. Голдовский, А.И. Скипин, В.В. Белобородов, Г.В. Масликов, В.М. Копейковский, В.П. Кичигин, В.Т. Алымов, Ю.А. Толчинский, В.С. Морозов, Ю.П. Кудрин, Е.П. Кошевой, Г.Е. Мельник, Н.С. Арутюнян, А.Н. Лисицын, К.К. Полянский и др., узбекские ученые Н.Р.Юсупбеков, З.С.Салимов, О.Т. Ильясов, А.Х. Атауллаев, К.Х. Мажидов, К.П. Серкаев и др., а также зарубежные авторы: H.G. Schwartzberg, R.T. Anderson, F.W. Sosulski, M.T. Shirato, V.S. Vadke, C.A. Shook, P.B. McNulty, G.C. Mrema и др.

Подсолнечник является третьей масличной культурой, производимой в мире, занимает четвертое место по производству растительного масла и третье место – по производству шрота как источника белкового корма [2].

Подсолнечное масло — растительное масло, получаемое из семян масличных сортов подсолнечника масличного.

Содержание жирных кислот в подсолнечном масле (в %): стеариновая 1,6-4,6, пальмитиновая 3,5-6,4, миристиновая до 0,1, арахиновая 0,7-0,9, олеиновая 24-40, линолевая 46-62, линоленовая до 1. Из полиненасыщенных жирных кислот в подсолнечном масле содержится всего лишь 1 % кислот омега-3 [3], а преобладают омега-6-ненасыщенные жирные кислоты до 74% [4]. Омега-3 и омега-6 ненасыщенные жирные кислоты (*витамин F*) являются эссенциальным (т.е. жизненно необходимым) компонентом пищевых продуктов, который наш организм не может синтезировать сам. А линолевая кислота необходима для хорошего иммунитета, она мешает усталости перейти в хроническую стадию и не даёт коже высыхать.

Содержание важного антиоксиданта *α-токоферола* (*витамина Е*) может быть в прессовом нерафинированном масле в пределах от 46 до 60 мг% (от 46 до 60 мг на 100 г масла) [5]. По сравнению с другими масличными растениями — содержание *α-токоферола* в подсолнечном

нерафинированном масле одно из самых высоких. Например, в оливковом масле любых технологий изготовления всех токоферолов содержится не более 5 мг% [4]. Витамин *Е* – мощный антиоксидант, который замедляет старение клеток благодаря тому, что активно справляется со свободными радикалами. Находящиеся в масле вещества *фитостеролы* мешают полученному с пищей холестерину всасываться в кишечнике. И кроме того, по некоторым исследованиям, они эффективны в деле профилактики рака.

Из жмыха подсолнечника получают ценный шрот. Шрот подсолнечника является высокобелковым кормовым продуктом и входит в рацион питания для скота, птицы и рыбы. Содержание в нём сырого белка (в пересчёте на абсолютно сухое вещество) составляет 30-41 % и сильно зависит от степени подработки и очистки мятки, а также классности поступающего на производство сырья.

В настоящее время производство подсолнечного масла в мире осуществляется в основном методом высокотемпературного прессования и методом экстракции растворителем. После процессов предварительной обработки, таких как первоначальная очистка, сушка, повторная очистка, шелушение, дробление, влаготепловая обработка, сырье из семян подсолнечника прессовали для получения масла. Метод высокотемпературного прессования имеет преимущества особого вкуса, но скорость извлечения масла ниже, остаточная масличность жмыхе выше. Этапы рафинации влияют на качество масла, такие как окисление жира, токсичные и вредные вещества, такие как глицидиловый эфир, ацетон-пропиловый спирт и т.д. Кроме того, белок высокотемпературного измельченного подсолнечного шрота сильно денатурирован и имеет низкое качество, можно использовать только в качестве обычного корма для животных.

Второй метод - экстракция масла с использованием органического растворителя, а затем путем дистилляции и других этапов для получения масла. Преимуществом этого метода является высокая эффективность

экстракции масла, но плохой вкус, в то же время из-за использования токсичных, горючих, взрывоопасных органических растворителей в процессе экстракции, это приведет к остатку растворителя в масле и шроте.

Большой практический интерес представляют изменения белковых веществ масличных культур при подготовке семян к переработке и извлечению масел на масложировых предприятиях (сушке, хранении, обрушивании, влаготепловой обработке, прессовании, экстракции) и при получении белковых концентратов и изолятов [6].

Изменения структуры белковых молекул при влаготепловой обработке, измельчении семян, просеивании и экстракции вызывают изменения во фракционном составе белков. Количество альбуминов в шроте снижается в два раза, соответственно увеличивается доля глютелинов. Повышение температуры снижает содержание лизина, метионина в глютелиновой фракции белка на 15-30 % в зависимости от вида сырья и технологических режимов [6].

Это исследование фактически расширит цепочку производства семян подсолнечника, стимулируя предприятия к увеличению доходов, что окажет глубокое влияние на развитие маслодобывающей промышленности.

Тема проекта соответствует Указам и Постановлениям Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 7 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № ПП-4406 от 29 июля 2019 года «О дополнительных мерах по глубокой переработке сельскохозяйственной продукции и дальнейшему развитию пищевой промышленности», № ПП-4118 от 16 января 2019 г. « О дополнительных мерах по дальнейшему развитию масложировой отрасли и внедрению рыночных механизмов управления отраслью», № ПП-3484 от 19 января 2018 г. «О мерах по ускоренному развитию масложировой отрасли”, а также приоритетному направлению развития науки и технологий республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Научная новизна проделанных работ заключается в том, что:

обоснована и экспериментально доказана целесообразность применения инфракрасного облучения коротковолновой области для термообработки мятки семян подсолнечника перед прессованием;

на основании экспериментальных исследований разработана математическая модель процесса инфракрасной термообработки мятки семян подсолнечника и на основании этой модели установлены закономерности изменения остаточной масличности жмыха и кислотного числа масла от влияющих факторов термообработки: плотности лучистого потока и продолжительности облучения;

используя метод поверхностного отклика определен рациональный режим ИК-термообработки мятки семян подсолнечника;

разработана математическая модель, характеризующая влияние изменения основных параметров холодного отжима на шнековом прессе (частоты вращения вала шнека n и толщины выходной щели для жмыха δ) на выход и качественные показатели масла;

используя метод поверхностного отклика определен рациональный режим получения подсолнечного масла в шнековом прессе.

Настоящая монография выполнена по результатам научных исследований, по проекту AL-593201250 Ключевая технология совместного производства подсолнечного масла и белка путем умеренного температурного прессования и экстракции. Проектом предусмотрена разработка технологии совместного производства высококачественного подсолнечного масла и белкового шрота методом среднетемпературного прессования и внедрение этой технологии в промышленных масштабах.

Глава 1. СБОР, АНАЛИТИЧЕСКАЯ И СИНТЕТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ ПО ИССЛЕДУЕМОЙ ПРОБЛЕМЕ

§1.1.Тенденции и перспективы мирового рынка растительных масел и белковых продуктов

Масличным материалом называют семена, плоды или ткани растений, в которых жирные масла имеются в экономически оправдывающих их промышленную переработку количествах [7].

Масличными культурами называются растения, семена и плоды которых богаты растительным маслом [7].

В качестве масличных культур в мировом земледелии выращиваются соя, арахис, подсолнечник, маслина, рапс, кунжут, клещевина, хлопчатник и т.д.

Мировое производство масличных культур в период 2017-2021 гг. увеличилось на 4 % до 605 млн. т, несмотря на функционирование отрасли в условиях пандемии Covid-19. Положительный результат достигнут благодаря росту урожая подсолнечника (+20%), сои (+3%), арахиса (+7%) и плодов пальмы (+6%) [8].

Мировое производство масличных культур в сезоне-2023/24 вырастет на 7 %, сообщает *oilworld.ru* со ссылкой на прогноз *USDA*[1]. В основном это произойдет за счет роста производства сои в Южной Америке, а также семян подсолнечника в Евросоюзе, России и на Украине. Мировое производство рапса почти не изменилось, так как его рост в ЕС, Канаде и Китае компенсируется снижением в Австралии, говорится в отчете *USDA*. Производство масличных культур прогнозируется на рекордном уровне 672,0 млн т. [9].

Темпы роста мирового производства масличных семян и их

[1] База данных продуктов питания: англ. *USDA National Nutrient Database*, созданная Министерством сельского хозяйства США

потребление показан на рис.1.1 [10].

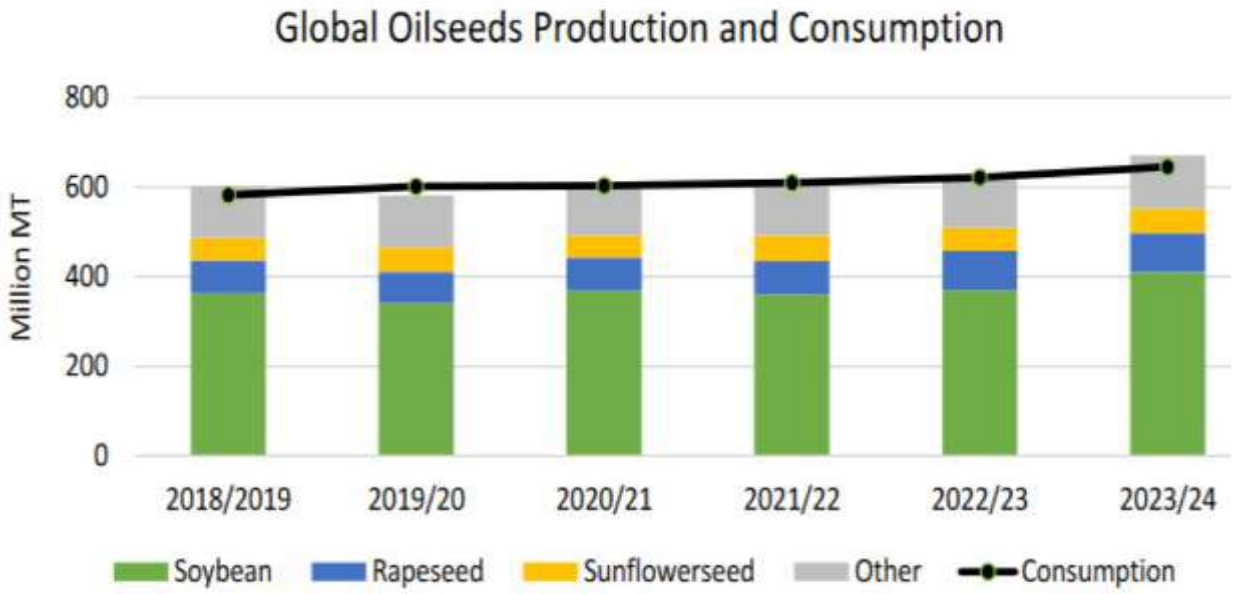


Рис.1.1. Темпы роста мирового производства масличных семян и их потребление

В производственных целях наибольший практический интерес представляют два продукта, получаемых из семян - масла и белки. Растительные масла являются одним из важных компонентов рационального питания человека, как другие пищевые продукты. Растительные масла используются для приготовления пищи и салатов, используются при производстве хлебопекарных и кондитерских изделий в качестве добавок к тесту, при изготовлении печенья, шоколада, халвы, начинок для конфет и других разнообразных продуктов [7].

Мировое производство растительного масла в сезоне-2023/24 году может вырасти на 3 % на 6,7 млн т. [9,10].

Белковые продукты (жмых, шрот, мука) используются исключительно в качестве корма, и их производство и потребление напрямую зависит от развития и интенсификации мирового животноводства. Согласно прогнозам, мировое производство белковых продуктов будет увеличиваться на 1,1 % в год и к 2031 году может достичь 410 млн тонн [11].

Глобально динамику на рынке белковых продуктов определяет Китай, на который приходится более 24% мирового спроса. Ожидается, что в ближайшие 10 лет Китай будет меньше заинтересован в импортных белковых комбикормах (+1,2% в год), чем в предыдущее десятилетие (+5,2%), из-за снижения темпов животноводства, развитого собственного производства комбикормов, повышения эффективности кормов в сочетании с усилиями по снижению доли белковых продуктов в рационах [11].

Как видим, из обзора белковые продукты используются только для исключительно в качестве корма.

§1.2. Мировое производство семян подсолнечника

Современные гибриды и сорта подсолнечника содержат до 52 % жира (подсолнечного масла) в расчёте на абсолютно сухие семена и 16,0–16,5 % протеина. В ядре семян (без лузги) содержится 64–65 % жира и 22–24 % протеина. В основном подсолнечное масло используется для пищевых целей, реже – для технических: изготовление олифы, мыла и т.д. Масло подсолнечника относится к группе полувысыхающих. Качественный состав масла определяется содержанием жирных кислот. Основными являются: линолевая – 54–57 %, олеиновая – 33–36 %, пальмитиновая – 5,5–6,2 %, стеариновая – 3,8–4,2 %. Созданы гибриды с содержанием олеиновой кислоты свыше 80 %, а также получены высокостеариновые гибриды – 20–24 % [12].

Мировое производство семян подсолнечника постоянно растет: во всем мире в 2020/2021 МГ произведено 47347175 тонн подсолнечника. На этот объем подсолнечника приходится около 10% производства сырого растительного масла, что делает его третьей по важности масличной культурой после сои и рапса. Украина, Россия, Европейский Союз и Аргентина являются основными странами по выращиванию подсолнечника; на Украину и Россию приходится более половины объема мирового

производства семян подсолнечника и почти 60 % мирового производства масла [13].

Мировое производство подсолнечника по данным *USDA* в 2022/23 МГ превысил 50 млн тонн [14].

По прогнозам [15], мировое производство семян подсолнечника в 2023/24 году увеличится на 6 процентов по сравнению с предыдущим годом и составит 54,3 миллиона тонн. Рынок по-прежнему находится под влиянием конфликта на Украине. ЕС и Россия, по прогнозам, получат рекордные урожаи. Другие области роста производства включают Казахстан и Аргентину. Производство подсолнечника в Украине, по прогнозам, немного восстановится с 2022/23 МГ, поскольку фермеры переключат посевные площади с зерновых на масличные культуры; однако урожай останется значительно ниже, чем до конфликта. Россия остается крупнейшим мировым производителем семян подсолнечника в этом году, обогнав Украину в сезоне 2022/23.

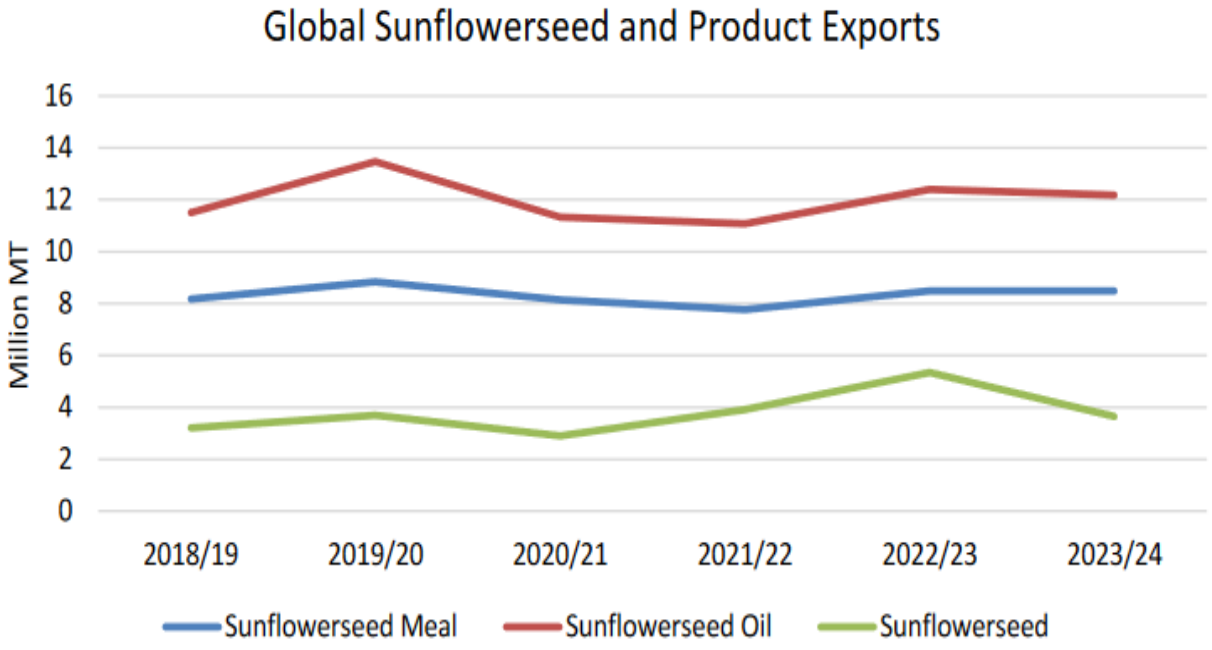


Рис. 1.2. Мировой экспорт семян подсолнечника и продукции [15]

По данным [16] в Узбекистане в 2020 году произведено 53 326 тыс. тонн подсолнечных семян, на площади 14 439 га, урожайность составила 3 693,3 кг/га.

Прогнозные данные по производству подсолнечника в Узбекистане на 2023/2024 год приведены в табл.1.1 [17,18].

Табл.1.1. Подсолнечник, Узбекистан. Прогноз на 2023/2024 год.

Сезон 2023/2024	Уборочная площадь (1000 га)	Урожайность (т/га)	Нач. запасы (1000 МТ)	Производство (1000 Т)	Импорт (1000 МТ)	Общее предложение (1000 Т)	Переработка (1000 Т)	Потребление на корм (1000 Т)	Баланс
Оценка, май 2023	73	3.64	25	135	180	245	215	5	10.2 %

Согласно информации Министерства сельского хозяйства США (USDA), в 2021/2022 маркетинговом году мировое производство растительных масел достигло очередного рекордного показателя - 211,3 млн тонн. Самый большой удельный вес на этом рынке занимают пальмовое и соевое масла, на третьем месте - рапсовое, четвертое - *за подсолнечным*.

По материалам [19] топ мировых производителей подсолнечного масла в 2021/ 2022 МГ составляют (в тыс. т): Россия – 5823; Украина - 4515; ЕС – 4225; Аргентина – 1440; Турция – 923; Китай – 663 (рис.1.3).

§1.3. Морфологические свойства сортов подсолнечника

Подсолнечник — однолетнее травянистое растение семейства относится к семейству сложноцветных (*Compositae*) рода *Helianthus*,

который включает несколько десятков видов. В сельскохозяйственном производстве распространен *Helianthus annus L.*— однолетний подсолнечник. Другие виды - одно- и многолетние дикие и декоративные формы [20,21].



Рис.1.3. Топ мировых производителей подсолнечного масла в 2021/ 2022 МГ

Морфологическое строение подсолнечника показано на рис.1.4 [22,23,24].

Подсолнечник - теплолюбивое растение. Всходы не повреждаются кратковременными заморозками до 6°С. Продолжительность вегетационного периода 75-140 дней, в том числе от посева до силосной спелости 60-70 дней [22,23,24,25].

Подсолнечник можно возделывать на почвах различных типов. Непригодны для возделывания тяжелые и песчаные почвы, заболоченные и кислые. К элементам питания подсолнечник предъявляет высокие требования [22,23,24,25].



Рис.1.4. Строение подсолнечника

Плод подсолнечника - семянка с кожистым околоплодником (лузга), в которой содержится ядро. От соотношения ядра и лузги (по массе) зависит ценность сорта. Наиболее распространенные высокомасличные сорта подсолнечника, которые имеют лузжистость 18-23 %. Окраска семянок подсолнечника белая, серая или черная с разным количеством полосок белого или серого и темно-серого (грифельного) цвета. Масса 1000 семянок варьирует в пределах 40-120 г в зависимости от условий выращивания [22,23,24,25].

Семянка подсолнечника состоит из плодовой и семенной оболочек, эндосперма и зародыша (рис.1.5). Плодовая оболочка (лузга) сильно развита и содержание ее составляет от 35 до 60 % веса семянок [26].

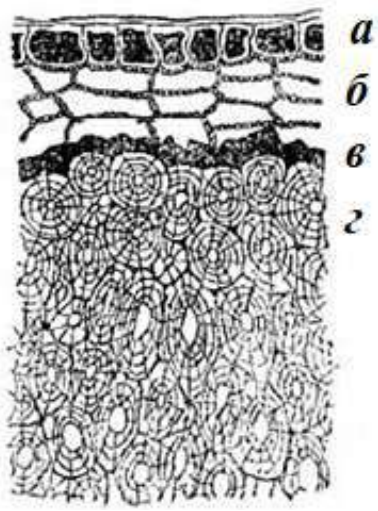


Рис.1.5. Поперечный разрез плодовой оболочки семени подсолнечника

а-кожица; б-гиподерма; в-панцирный слой; г-волокнистый слой

Распространены в посевах один вид подсолнечника — подсолнечник культурный *(Helianthusannus Wenze)*, который делят на три группы [26,27] (рис.1.6):

- **масличные**- удлиненной или округло-удлиненной формы;
- **грызовой подсолнечник или подсолнечник обыкновенный** - основном удлиненной формы;
- промежуточное место между этими типами семянок подсолнечника занимает **межеумок**.

Масличный подсолнечник — относительно невысокое растение, часто ветвящееся, с мелкими корзинками диаметром 15-20 см. Образует мелкие короткие семянки с тонкими оболочками, плотно охватывающими ядро. Лузжистость сортов данной группы, как правило, ниже 50 % [26,27,28].

У масличного подсолнечника семянки мелкие, масса 1000 штук -50-80 г, содержат 50-56 % жира, лузжистость составляет 18-24 %, стебель тонкий, высотой 1,5-2,5 м, корзинка диаметром 14-20 см. Длина семечек 7-13 мм, ширина 4-7 мм. Ядро полностью занимает пространство внутри скорлупы.

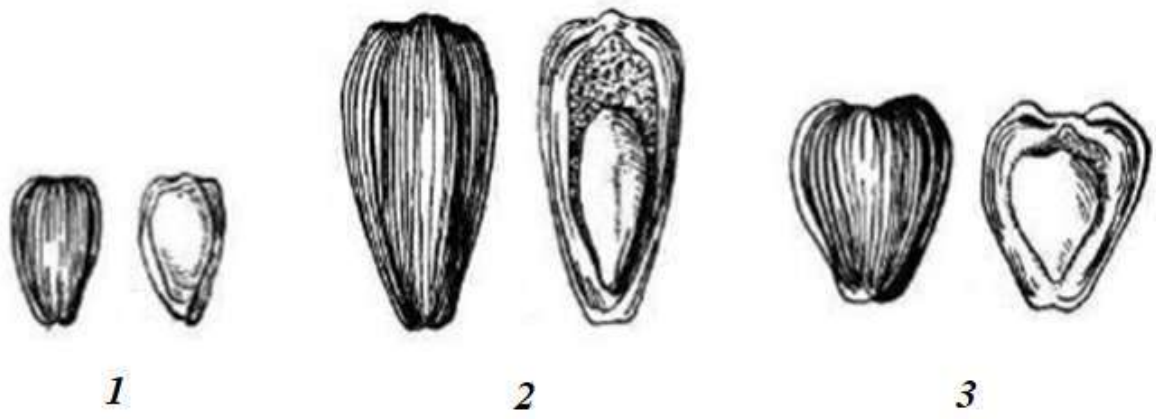


Рис.1.6. Тип семян подсолнечника

1-масличного; 2-грызового (обыкновенного); 3-межеумка (промежуточного)

У масличного подсолнечника соотношение в урожае семян и побочной продукции (стеблей и корзинок) составляет 1: 1,8-2,0 [28].

Грызовой подсолнечник или Подсолнечник обыкновенный - высокое растение, обычно неветвящееся, с крупными корзинками диаметром 40-45 см. Образует крупные продолговатые семянки, у которых ядро не заполняет полностью оболочек. Лузжистость у сортов грызового под солнечника обычно выше 50 % [26,28].

У грызового подсолнечника семянки крупные, невыполненные, масса 1000 штук - 100-200 г, содержат 25-35 % жира, лузжистость составляет 46-56 %, стебель толстый, высотой 2-4 м, корзинка крупная, диаметром до 45 см. Плоды длинные (11-23 мм), широкие (7,5-12 мм). Ядро занимает половину скорлупы [26,27,28].

Межеумок или Подсолнечник промежуточный - к нему относятся сорта, занимающие по своим свойствам промежуточное положение между сортами грызового и масличного подсолнечников.

Его форма похожа на форму обыкновенного подсолнуха. Своеобразное свойство – мелкие семена. Этот вид не выращивается для производства.

Лучшим сырьем для маслобойной промышленности являются сорта *масличного подсолнечника,* которые дают значительно больший выход жира, чем сорта грызового подсолнечника и межеумка [26,27,29].

Сортовое семя подсолнечника – это семена, которые выращиваются из отдельных сортов подсолнечника с целью получения более высококачественного и продуктивного урожая. Они имеют более выраженные свойства, такие как размер, форма, цвет и содержание жиров [28.29].

Среди преимуществ выращивания сортовых семян подсолнечника можно выделить:

- **Более высокую производительность:** сортовое семя дает большее количество урожая на единицу площади по сравнению с семенами несортового подсолнечника.
- **Высшее качество продукта:** от сортового семян можно получить более качественное масло, которое содержит большее количество полезных веществ.
- **Высшая устойчивость к болезням и вредителям**: некоторые сорта подсолнечника имеют высокую устойчивость к заболеваниям и вредителям, что уменьшает риск потерь урожая.

Химический состав семян подсолнечника приведен в табл.1.2. [30,31,32].

Табл.1.2. Химический состав семян подсолнечника (на 100 г. ядра семян)

Химический состав	**Витамины**
Белки 20,7 г	Витамин РР 10,1 мг
Жиры 52,9 г	Бэта-каротин 0,03 мг
Углеводы 10,5 г	Витамин А (РЭ) 5 мкг
Пищевые волокна 5 г	Витамин В1 (тиамин) 1,84 мг
Вода 8 г	Витамин В2 (рибофлавин) 0,18 мг

Зола 2,9 г Насыщенные жирные кислоты 5,7 г Моно- и дисахариды 3,4 г Крахмал 7,1 г	Витамин B5 (пантотеновая) 1,13 мг Витамин B6 (пиридоксин) 1,345 мг Витамин B9 (фолиевая) 227 мкг Витамин E (ТЭ) 31,2 мг Витамин PP (Ниациновый эквивалент) 15,7 мг Холин 55,1 мг
Макроэлементы Кальций 367 мг Магний 317 мг Натрий 160 мг Калий 647 мг Фосфор 530 мг	**Микроэлементы** Железо 6,1 мг Цинк 5 мг Марганец 1,95 мг Селен 53 мкг

§1.4. Общая характеристика способов производства подсолнечного масла и разработки по их совершенствованию

Липидами (от др.-греч. *λίπος*- жир) называют практически нерастворимые в воде компоненты клетки, которые могут быть экстрагированы из нее органическими растворителями малой полярности [7,33].

Основную массу липидов семян и плодов составляют запасные липиды, выполняющие в клетках энергетическую функцию. Они легко извлекаются из тканей семян и относятся к свободным липидам. У масличных растений запасные (свободные) липиды на 90-95% состоят из ацилглицеридов (триацилглицериды, диацилглицериды, моноацилглицериды), содержат и другие липиды – воски, фосфолипиды,

стерины, а также большую группу сопутствующих веществ (пигменты, жирорастворимые витамины) [7,33].

Липидов также делят на простые, или нейтральные (триацилглицериды, сложные эфиры холестерола, простые эфиры воска), и сложные, или полярные, липиды. Сложные липиды, содержащие остатки сахаров, называют гликолипидами (гликозилдиацилглицериды, цереброзиды, ганглиозиды); липиды, содержащие остаток фосфорной кислоты - фосфолипидами (лецитины, кефалины, полиглицерофосфатиды, сфингомиелины и др.); липиды, содержащие сульфогруппу - сульфолипидами.

Структурные липиды образуют биомембраны клетки. По массе в семенах их значительно меньше, чем запасных. Это, как правило, трудно извлекаемые связанные и прочносвязанные липиды [7,33].

В мировой практике производства растительных масел в общем, и подсолнечного масла, в частности, существует два принципиально отличающихся способа извлечения масла из семян: *прессованием*, т.е., механическим отжимом масла из соответственно подготовленных к отжиму семян; экстракцией масла легколетучим органическим растворителем (*экстракционный способ*) [34,35,36,37].

Эти два основных способа используются в технологии производства растительных масел либо самостоятельно, либо в определенном сочетании одного с другим, что обусловлено, как правило, видом и качеством исходного перерабатываемого масличного сырья.

При прессовом способе, основанном на процессе отжима масла, глубина съема масла при современном состоянии техники и технологии ограничена. Вследствие этого масличность жмыхов колеблется в среднем в пределах 8,0–15,0 %. (В экспеллерах в среднем до 4,0-5,0 %). При экстракционном способе глубина извлечения масла увеличивается, масличность получаемых шротов в среднем составляет около 1,0 % [34,35].

Увеличение глубины извлечения масла прессовым способом требует применения более высоких температур и давления при отжиме, что, в свою очередь, вызывает увеличение удельной металлоемкости прессовых агрегатов, повышение удельного расхода электроэнергии, труда и издержек производства на восстановительные ремонтные работы [37,38,39].

Применение более высоких температур (125–130°С) приводит к снижению качества извлекаемых масел за счет увеличения в них содержания продуктов окисления, свободных жирных кислот, красящих веществ и т.д. В результате жестких температурных условий снижается питательная ценность жмыхов: снижается содержание ценных растворимых белков, а также количество незаменимых аминокислот и прежде всего наиболее важных из них - лизина и метионина, которые вступают во взаимодействие с сахарами с образованием меланоидиновых соединений [34,35,36,37,38,39].

Кроме того, при высоких температурах извлечения масла протекает интенсивный процесс образования липопротеиновых комплексов, снижающий реальный выход масла. В условиях глубокого извлечения масла прессованием почти полностью разрушаются витамины.

Экстракционный способ извлечения подсолнечного масла обычно применяется в сочетании с предварительным прессованием. При этом предварительное прессование осуществляется при температуре 80–105°С, собственно экстракция при 65°С (не выше) и отгонка растворителя из мисцеллы и шрота при 105–110°С. Такие температурные режимы обеспечивают получение масел и белковых продуктов — шротов более высокого качества. Шроты характеризуются повышенным содержанием растворимых белков по сравнению со жмыхами и более высоким содержанием незаменимых аминокислот. Кроме того, они содержат значительно меньше полициклических углеводородов, таких как 3,4-бензпирен, ядохимикатов и других вредных веществ, которыми обрабатываются масличные культуры в процессе их выращивания. Это обусловлено тем, что указанные вещества хорошо растворимы в бензиновых

растворителях. При экстракции они легко переходят в мисцеллу и остаются в масле, из которого удаляются при его последующей рафинации и дезодорации [34,35,36,37].

В технологических схемах переработки растительного сырья на масло различают подготовительные, основные, вспомогательные и дополнительные операции.

К подготовительным операциям относят очистку семян от примесей, сушку, освобождение ядра от оболочки.

Основные операции включают измельчение ядра, влаготепловую обработку измельчённого продукта и собственно выделение масла.

Вспомогательные операции включают отделение растворителя от обезжиренного остатка (шрота), получение готового продукта (масла) из его раствора (мицеллы), регенерацию и рекуперацию растворителя.

К числу дополнительных операций относят первичную отчистку масла от механических примесей и его комплексную очистку с выделением фосфолипидов.

Совокупность всех перечисленных операций составляет технологические схемы производства растительных масел, которые подразделяют на две основные группы: схемы, завершающиеся прессованием и схемы, завершающиеся экстракцией [34,35,36,37].

Первая группа - схемы, завершающиеся прессованием [34,35,36]**:**

- однократное прессование;
- двукратное прессование с предварительным и окончательным отжимом масла;
- трехкратное прессование с двумя предварительными и одним окончательным отжимом масла.

Вторая группа - схемы, завершающиеся экстракцией [34,35,36]:

- прямая экстракция без предварительного отжима масла;
- экстракция с предварительным однократным отжимом масла;
- экстракция с предварительным двукратным отжимом масла.

Среди схем первой группы наибольшее распространение получили схемы одно- и двукратного прессования, а среди схем второй группы - схема с предварительным однократным отжимом масла и последующей экстракцией полученного жмыха.

Выбор схемы переработки масличных семян и состав технологического оборудования обусловлен физико-механическими свойствами семян, их природой, назначением извлекаемого масла [36].

Важное значение для получения растительных масел имеет локализация запасных липидов в клетках масличных семян.

Щербаковым В.Г. [7] в 1971 г. были получены электронно-микроскопические фотографии срезов семян подсолнечника. Срезы были приготовлены с помощью мягких методов фиксации ткани без нарушения локализации липидов в клетке. На этих фотографиях видно, что запасные липиды в клетках физиологически зрелых сухих семян подсолнечника распределены в виде липидных сферосом, плотно заполняющих свободный объем клетки. Позже, в 1975 г., Щербаковым В.Г. были получены первые сканирующие электронно-микроскопические фотографии сколов масличных семян, не обработанных предварительно какими-либо реактивами. В таких образцах клеточная структура семян не нарушена. Фотографии подтвердили выдвинутое ранее положение о локализации запасных липидов в семенах в виде липидных сферосом (рис. 1.7) [7].

На рис.1.8 показаны электронно-микроскопическая фотография лепестков ядер косточек абрикоса [40].

Сохранение уникального химического состава масличных семян создает большие возможности для комплексного использования растительного масличного сырья при промышленной переработке. Поэтому технологии уборки, послеуборочной обработки, хранения и переработки масличных семян должны иметь целью максимальное сохранение в готовых продуктах всех ценных компонентов растительного масличного сырья.

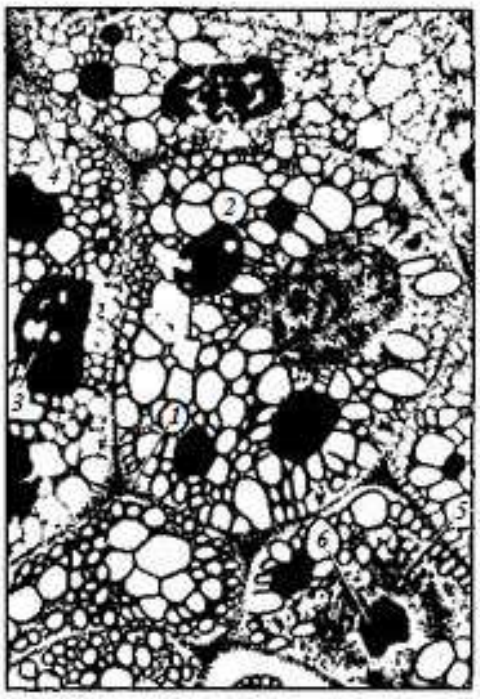


Рис. 1.7. Локализация липидов в клетках семян подсолнечника:

1 - клеточные стенки; 2 - липидные сферосомы; 3 - алейроновые зерна; 4 - межклетники; 5 - ядро; 6 - ядрышко

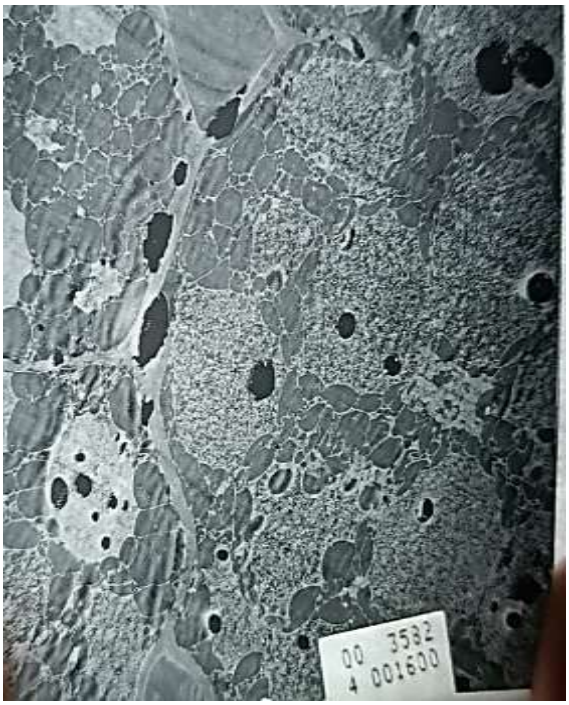


Рис.1.8. Электронно-микроскопическая фотография лепестков ядер косточек абрикоса

В связи с этим первоочередной проблемой современной технологии получения растительных масел и белков должно быть создание производственных процессов, обеспечивающих исключение или максимальное ослабление интенсивных воздействий на перерабатываемое масличное сырье [7].

Метод извлечения масла механическом способом заключается в том, что измельчение сырья необходимо для частичного разрушения клеточной структуры, а также для улучшения процесса дальнейшей его влаготепловой обработкой.

Однако, после измельчения, максимальный проход через 1 мм сита составляет 60%, тогда как для хлопковой мятки размеры растительной клетки по данным [7] составляют 33,5×17,5 мкм, для сои 75,0×24,4 мкм, для подсолнечника 45,5×30,0 мкм, а толщина клеточной стенки маслосодержащих тканей находится в пределах от 0,9 до 1,3 мкм (табл.1.3. и 1.4). В связи с этим при влажности ядра 9-10 % вальцеванием не обеспечивается максимальное разрушение клеточной структуры, а длительная влаготепловая обработка ухудшает качество масла и других компонентов ядра.

Табл.1.3. Размеры клеток маслосодержащих тканей масличных семян [7]**.**

Масличные культуры	Маслосодержащие ткани	Размеры клеток в мкм			
		по В.А. Нассонову		по В.М. Яковлевой	
		длина	ширина	Длина	ширина
Подсолнечник	Семядоли	53,3	21,1	49,5	22,6

Табл.1.4. Стенки клеток маслосодержащих тканей ядра семян [7]**.**

Масличные культуры	Маслосодержащие ткани	Толщина клеточных оболочек в *мкм*	
		по В.А. Нассонову	по В.М. Яковлевой
Подсолнечник	Семядоли	0,5	0,8

Все эти структурные элементы растительной клетки создают препятствие для получения прессовым и другими способами растительных веществ из клетки.

Если измельченные масличные семена (мятку) направить после вальцового станка в пресс, то, несмотря на большое давление, в прессе удается извлечь лишь небольшое количество (примерно от 10 % до 15 % общего содержания) масла, содержащегося в мятке. Это обусловлено тем, что масло, распределенное в мятке в виде тонких пленок на поверхности измельченного ядра, удерживается огромными поверхностными силами, величина которых намного больше давлений, развиваемых лучшими прессами, применяемыми для извлечения масла. Для эффективного извлечения масла из мятки необходимо преодолеть или хотя бы заметно уменьшить поверхностные силы, удерживающие масло [41,42,43].

Этой цели в настоящее время применяется влаготепловая обработка мятки - приготовление мезги, или жаренье. Этот процесс проводится жаровнях, состоящих из пяти, шести или семи чанов, работающих последовательно.

Этот процесс имеет свои положительные и отрицательные действия на материал [41,42].

Под действием влаги масло в мятке переходит в относительно свободное состояние и масло переходит в легко извлекаемую форму. Но при этом влажная мятка становится очень пластичным материалом, что ухудшают ее свойства оказывать сопротивление прессующему воздействию в прессе и масло не отпрессуется. Для того чтобы опрессовывать масло, необходимо снизить ее влажность. Это достигается действием тепла на увлажненную мятку. При этом уменьшается пластичность и мятка приобретает необходимую жесткость и одновременно изменяются физико-химические свойства составляющих ее компонентов [42,43].

При влаготепловой обработке также образуются спекшиеся, трудно дезагрегирующие частицы мезги - вторичные структуры, состоящие из

денатурированных белков, из которых отжим масла затруднен. При действии тепла на увлажненную мятку вначале растет активность ферментов, ухудшающих качество масла, - усиливается гидролиз триацилглицеролов с образованием свободных жирных кислот, окисление ненасыщенных жирных кислот, происходит изменение фосфолипидов, затрудняющее их выделение из масла. Возникают также другие нежелательные изменения в липидной и нелипидной частях мятки, снижается качество продуктов, получаемых при переработке масличных семян. Существенным изменениям подвергаются белки основной по массе компонент нелипидной части семян. Начавшиеся при увлажнении мятки и ее нагревании гидролитические процессы, в результате которых в мятке накапливаются полипептиды и свободные аминокислоты, быстро прекращаются из-за быстрого роста температуры. Дальнейшее нагревание мятки сопровождается глубокой денатурацией белков семян. При нагревании мятки также снижается вязкость масла, что облегчает последующее его вытекание из прессуемого материала. В результате этих взаимосвязанных изменений под действием влаги и тепла мятка изменяет свои химические и физико-механические свойства и превращается в мезгу [42,43].

Разработан способ получения мезги, обеспечивающий улучшение качества получения подсолнечного масла за счет применения экструзионного метода переработки семян подсолнечника, способствующий увеличению объема получаемого подсолнечного масла с высокими физико-химическими показателями [44].

Интересными являются информативные данные о совершенствовании технологии производства растительных масел на основе интенсификации процесса подготовки масличного материала к извлечению масла путем ввода в материал веществ, обладающих поверхностной активностью и электролитов с различным значением pH [44].

При этом предложен способ подготовки семян подсолнечника разных сортов и гибридов к обрушиванию и отделению оболочки от ядра путем

обработки семян электролитами и последующей подсушкой их до оптимальной влажности, гарантирующий снижение механической прочности лузги и возможность эффективного разделения рушанки на лузгу и ядро. Предусмотрена двухэтапная влаготепловая обработка масличного материала перед извлечением масла, причем, на первом этапе (перед прессованием) обработка кислым (аналитом), а на втором этапе (перед экстакцией) обработка щелочным (каталитом) раствором электролитов. Таким образом, разработана технология подготовки масличных материалов к извлечению масла с использованием, в качестве увлажняющего агента водных растворов поверхностно-активных веществ - фосфолипидов, кислых солей жирных кислот и натриевых мыл, полученных при гидратации и нейтрализации растительных масел. В последнее время потребность к так называемому маслу «холодного прессования» все больше растет, так как такое масло отличается высоким качеством с более лучшим сохранением полезных нативных компонентов. Оно обычно не требует рафинации, и после очистки готово к употреблению, лучше усваивается, сохраняет больше витаминов и полезных веществ, чем такое же масло, полученное горячим прессованием, и тем более рафинированным [45].

Следует отметить [46], что термин «холодное прессование» не имеет чётких границ по температуре процесса. Температура, при которой прессование считается холодным, в странах ЕС составляет 27-30ºС, а в США температура прессования в диапазоне 60-99ºС всё ещё считается холодным отжимом. В литературе встречаются и другие температурные диапазоны холодного прессования. Согласно [46] оптимальная температура на прессе не должна превышать 60ºС.

При традиционных способах производства добывается далеко не все масло. Для его полного извлечения необходимо основательно разрушить клеточную структуру маслосодержащего сырья. Для достижения этого многими исследователями предложены различные электрофизические воздействия на маслосодержащее сырьё. Это кратковременное воздействие

электромагнитными волнами СВЧ, акустическими волнами, введение в маслосодержащий материал электролитов и другие воздействия.

На экструзионной установке холодным прессованием получено подсолнечное масло при следующих условиях: кольцевой зазор зеерной камеры составлял 1,5 мм, частота вращения шнека - 180 об/мин и температура прессования - 65^0С [47].

Известен способ выделении масла из сырья, в котором применяется кавитационное воздействие на это сырьё кавитаторами-диспергаторами КИП, а также многочастотное электромагнитное воздействие в электролизных установках. В результате удается извлечь более 95% масла из растительного сырья [48].

Исследования некоторых учёных показали, что переработка масличных семян холодным прессованием с предварительной подготовкой этих семян СВЧ-обработкой, позволяет дополнительно увеличить выход масла примерно на 4 % [49].

Инфракрасное (ИК) излучение используется главным образом для нагревания продукта. Сравнительно с традиционными источниками инфракрасное излучение имеет следующие особенности. Так же, как и при кондуктивном нагреве, с помощью инфракрасного излучения можно передавать продукту мощный поток тепла. Однако в отличие от кондуктивного нагрева инфракрасное излучение проникает на некоторую глубину, которая при коротковолновом инфракрасном излучении может составлять несколько миллиметров [50,51,52,53,54,55]. Как отмечено в [51,52,54] при повышении температуры излучателя длина волны уменьшается, а глубина проникновения для многих материалов увеличивается. Благодаря проникновению инфракрасного излучения в глубь продукта мощность потока тепла может быть много выше без опасности перегрева поверхности продукта. В отличие от кондуктивного нагрева, при нагреве инфракрасным излучением поверхность продукта остается открытой, с нее идет интенсивное испарение воды, вызывающее охлаждение

поверхностных слоев. Это также дает возможность подводить к продукту интенсивный поток тепла - до тех пор, пока поверхностные слои не будут чрезмерно обезвожены [50,51,52,53,54,55].

В работе [56] показано, что использование ИК излучения, как эффективного метода термоподготовки материала масличных культур перед извлечением масла, во-первых, обеспечивает инактивацию антипитательных веществ - трипсинового ингибитора, который снижает питательную ценность белков и фермента уреазы; во-вторых, создает кратковременное интенсивное тепловое воздействие, что дает возможность получить высококачественных жмыха и масла; в-третьих, дает возможность перерабатывать масличные семена в фермерских хозяйствах и других агропредприятиях, в линиях для производства растительного масла малой мощности. Поэтому, отпадает необходимость строительства дорогой котельной, которая обеспечивает производство технологическим паром.

В последние годы выполнено большое число исследований механизма тепло - и массообмена при обработке пищевых продуктов в поле электромагнитных волн, в том числе, в поле ИК-излучения. Так, авторы [57, 58,59,60] изучали применение ИК-излучения для сушки семян подсолнечника, хлопчатника, для термообработки миндаля и кунжута. Исследования показали, что сушка и термообработка ИК-излучением положительно влияет на интенсивность процессов.

В результате исследований, посвященных проблеме сушки семян подсолнечника ИК - конвективным способом, авторы [61,62] предложили режим радиационно-конвективной сушки, обеспечивающий нагрев семян до 70-75^{0}С при температуре воздуха 70^{0}С, скорости воздуха 1,6 м/с, при температуре излучателя 300^{0}С и расстоянии между ИК - генераторами и продуктом 250 мм. Положительность процесса при этом сокращается в 1,3 раза по сравнению с конвективной сушкой. Сделан вывод, что прерывистые режимы сушки подсолнечника целесообразны с точки зрения снижения температуры нагрева семян и уменьшения удельных затрат электроэнергии.

Авторами показана перспективность использования ИК-излучения для целей сушки (термообработки) зерновых и масличных семян.

Цель исследования авторов [63] было определение влияния инфракрасной термообработки семян кунжута индийского (*Sesamum indicum L.*) на выход и качество экстрагируемого масла. Обработку семян инфракрасным излучением проводили в течение 30, 60, 90, 120 и 150 с при температуре 180°C. Среднее содержание влаги и жира в семенах составило 7,46 и 45,61 % соответственно. Исследование показало, что инфракрасная термическая обработка семян кунжута способствовала увеличению эффективности экстракции масла по сравнению с контрольным образцом. Наибольшее увеличение выхода масла обнаружено при нагревании семян в течение 120 с.

В работе [64] показано, что среди технологий предварительной термической обработки многообещающими являются микроволновое и инфракрасное излучение, но они не применяются в таких больших производственных масштабах, как жарение. Для большинства масличных культур термическая обработка увеличивает выход экстрагированного масла и содержание в масле минорных липидных соединений, таких как полифенолы, токоферолы и фитостерины.

Целью данной работы [65] было определение влияния инфракрасного излучения в сочетании с нагреванием на семена винограда и качество масла. Максимальное снижение микробиологической активности достигалось после нагревания виноградных косточек инфракрасным излучением до 135 ℃ и последующей выдержки при 75 ℃ в течение 60 мин. Выход сырого масла из образцов, подвергнутых этим условиям, составил 10,39%, что значительно выше ($p < 0,05$), чем у контрольного образца, а их конечная влажность составила 7,20%. Кроме того, было достигнуто увеличение содержания свободных жирных кислот и перекисного числа масла.

Пять семян бобовых (фасоль, зеленый горошек, черная фасоль, чечевица и фасоль пинто) были нагреты инфракрасным излучением до

температуры поверхности 140°C. Измеряли изменения химического состава, физических, механических и функциональных свойств обработанных семян и сравнивали их с таковыми у сырых семян. Были получены значительные изменения свойств семян в плане увеличения объема, снижения температуры разрыва и ударной вязкости, увеличения водопоглощения и увеличения потерь на выщелачивание (при замачивании семян в воде). Изменения физико-механических свойств объясняли возможным растрескиванием затравки. Несмотря на то, что активность ингибитора трипсина была снижена, инфракрасное нагревание не оказало существенного влияния на крахмальные и белковые компоненты семян. Функциональные характеристики муки из семян, нагретых инфракрасным излучением, превосходили муку из необработанных семян [66].

Целью этого исследования [67] было оценить влияние инфракрасного излучения на стабилизацию зародышей пшеницы в попытке продлить срок хранения. Влияние времени обработки, расстояния образца до ИК-излучателей и интенсивности инфракрасного излучения на зародыши пшеницы анализировали с помощью методологии поверхности отклика. Конечное содержание влаги, конечная температура, цвет зародышей и параметры качества зародышевого масла: изменения содержания свободных жирных кислот и общее содержание токоферола были ответами, оцененными с использованием плана Бокса-Бенкена. Комбинация интенсивности инфракрасного излучения 4800 Вт/м^2, 3-минутной обработки и расстояния между излучателем и образцом 0,2 м была лучшим условием обработки для стабилизации зародышей пшеницы без значительного снижения содержания токоферола. Параметры качества масла показали, что сырые зародыши имели срок хранения около 15 дней, а термообработанные зародыши пшеницы сохраняли свои качества в течение по меньшей мере 90 дней при таких условиях хранения.

Особую актуальность представляет совершенствование технологии получения растительного масла в ныне широко распространенных малых

предприятиях. Установленные там малотоннажные прессовые линии отличаются в большинстве случаев тем, что в них существенно упрощен процесс, а именно, в них отсутствуют операции очистки семян от примесей, обрушивание, отделение оболочки, измельчение семян и подогревание измельченного материала. В связи с этим особенностью подсолнечных масел, получаемых на интенсивно развивающихся в последние годы малотоннажных прессовых линиях, является высокое содержание нежелательных примесей, в том числе продуктов гидролиза триацилглицеринов и, особенно, продуктов окисления ненасыщенных жирных кислот, определяющих невысокое качество и низкую устойчивость таких масел при последующем хранении.

Принимая во внимание безусловное экономическое преимущество малотоннажных прессовых линий, созданных и создаваемых для переработки семян подсолнечника, - таких как, невысокие первоначальные затраты на их строительство и открытие производства, малая энерго- и металлоемкость, определяемая упрощенностью применяемой технологии, близость производства к местам выращивания или хранения масличных семян, исключающая необходимость создания собственных хранилищ для сырья, возможность быстрой реализации или утилизации всех получаемых в ходе переработки семян продуктов и отходов ~ следует ожидать, что доля подсолнечных масел, производимых на малотоннажных прессовых линиях будет увеличиваться. В связи с этим, доведение такого масла до требований стандарта на пищевое подсолнечное масло, способное длительно храниться, является актуальной задачей.

§1.5. Определение основных направлений исследований на основе информативных научно-технических данных

Исходя из вышеизложенного определяем основное направление исследования – это изучение процесса и разработка технологии и

оборудования для низкотемпературного добывания подсолнечного масла с целью получения высококачественного масла, а также белковой муки из получаемого жмыха.

Первое направление исследования - отбор специальных сортов семян подсолнечника для дальнейших исследований на основе изучения морфологических признаков, физико-механических характеристик, химического состава местных сортов семян подсолнечника.

Далее, экспериментальное исследование процесса подготовки отобранных местных семян подсолнечника к отжиму масла. Экспериментальные исследования технологического процесса подготовки семян подсолнечника к производству позволяют выявить оптимальные режимы и параметры процесса подготовки мятки семян подсолнечника к холодному прессованию с повышением выхода подсолнечного масла высокого качества.

Экспериментальное исследование влияния основных технологических параметров холодного отжима отдельных сортов подсолнечного масла на шнековых прессах на выход и качество получаемого масла.

Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

§2.1. Объекты исследования

В качестве объектов исследования использовали сорта и гидриды подсолнечника, включенные в Государственный реестр сельскохозяйственных культур, рекомендованных к посеву на территории Республики Узбекистан в 2022 году [68].

Требования к качеству сырых ядер семян подсолнечника приведены в табл.2.1 [69].

Табл.2.1. Требования к качеству ядер семян подсолнечника (сырые)

1. ПО ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

Внешний вид	Ядра семян подсолнечника, освобожденные от кожуры
Вкус	Свойственный сырым ядрам семян подсолнечника, без горечи, не затхлые, не плесневелые.
Запах	Свойственный сырым ядрам семян подсолнечника без посторонних привкусов и запаха.
Цвет	Белый с серым оттенком.

2. ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Показатели	Норма	Допуск
Массовая доля влаги, %, не более	7,0	До 9,0
Кислотное число, мг КОН, не более	1,0	
Наличие сорной примеси и других побочных либо минеральных примесей	Не допускается	Допускается наличие зерновых и бобовых культур не более 0,1 %,
Массовая доля масличной примеси на 100 г семян:	5,2	
- поврежденные самосогреванием ядра, % не более	2,0	

Показатели	Норма	Допуск
- поврежденные – с измененным цветом ядра от серо -желтого до коричневого цвета, % не более	1,0	
- поврежденные болезнями (прелые), % не более	0,2	
- поврежденные растительноядными клопами – семена с темными пятнами, % не более	1,5	
- недозрелые, % не более	0,5	
Зараженность вредителями и их личинками	Не допускается	
Наличие лузги, % не более	0,05	
Массовая доля не полностью обрушенных, % не более	0,5	
Содержание дробленых ядер в целом ядре, % не более	10,0	
Массовая доля металломагнитной примеси (частиц не более чем 0,3 мм в самом большом линейной измерении, а масса отдельных её частиц не должна превышать 0,4 мг), % не более	$3 \cdot 10^{-4}$	

Рассмотрим морфологические свойства некоторых местных сортов подсолнечника [70].

2.1.1. Морфологические свойства местных сортов подсолнечника

Селекционные сорта подсолнечника [70]

2002009 ЖАХОНГИР. Селекционный сорт Научно-исследовательского института растениеводства Узбекистана. Авторы: Аманова М., Рустамов М., Рустамов А., Ходжиев Ф. Происхождение: получен путем одиночного и группового отбора из турецких образцов коллекции /k-Uz007085 A502. С 2006 года внесен в Государственный реестр сельскохозяйственных культур, рекомендуемых к посеву на территории Республики Узбекистан для Самаркандской и Ташкентской областей.

Средняя высота растения 140-160 см. Стебель растения умеренно опушенный. Лист сердцевидный, умеренно опушенный. Корзинка плотная, диаметром 25-30 см, загнутая вниз. Семена черные, на вид темно-серые, среднего размера. Среднераннее. Вегетационный период 98-108 дней. Устойчивость к полеганию и осыпанию 5,0 баллов. Средняя урожайность 19,2-22,0 т/га. В годы испытаний сорт не поражался сельскохозяйственными болезнями и насекомыми.

2001060 ДИЛБАР - сорт опытной станции масличных культур Узбекистана. Авторы: Анарбаев И., Хаитов Т., Азизов Т., Зиетулина Д., Волкова Л., Тухтаева С., Юсупов Х., Бакибекова Р. Происхождение: получено из образцов (*NS-H-45-Сербия*) методом одиночного и группового отбора.

С 2013 года внесен в Государственный реестр сельскохозяйственных культур, рекомендуемых к посеву на территории Республики Узбекистан

Относится к группе среднерослых сортов. Средняя высота растения 170 см. Утро. Вегетационный период 95-100 дней. Сорт устойчив к полеганию и осыпанию - 4,5 балла. Средняя урожайность в основной период составляет 33,1 ц/га. Случаев поражения сельскохозяйственными болезнями за годы испытаний не было.

2014071 ОСИЁ- селекционный сорт семеноводческого фермерского хозяйства научного направления «Asaka oil plant seeds» Андижан. Авторы: Анарбаев И., Исраилов А., Абидов А., Шайманова Г., Хабибуллаев Х., Абидова М. Происхождение: создана методом одиночного и группового отбора из образцов коллекции (NS-N-45-Сербия). С 2016 года рекомендован к посеву в качестве основных и повторных культур на орошаемых землях Республики Узбекистан, включен в Государственный реестр сельскохозяйственных культур. Средняя высота растения 170 см. Корзина среднего размера. Семена черные. Вегетационный период составляет 100 дней. Сорт устойчив к полеганию и осыпанию - 5,0 баллов. Средняя

урожайность составляет 23,8 ц/га. За период конкурсных испытаний случаев поражения сельскохозяйственными болезнями не наблюдалось.

2014072 ЯНГИ ЗАМОН селекционный сорт семеноводческого фермерского хозяйства научного направления «Asaka oil plant seeds» Андижан. Авторы: Анарбаев И., Исраилов А., Абидов А., Шайманова Г., Хабибуллаев Х., Абидова А. Происхождение: создан методом одиночной и групповой селекции из сорта Р-453 российской селекции. С 2016 года рекомендован к посеву в качестве основных и повторных культур на орошаемых землях Республики Узбекистан, включен в Государственный реестр сельскохозяйственных культур. Средняя высота растения 175 см. Зерно черное. Корзина среднего размера. Вегетационный период составляет 105 дней. Сорт устойчив к полеганию и осыпанию - 5,0 баллов. Средняя урожайность 22,9 т/га. За период конкурсных испытаний случаев поражения сельскохозяйственными болезнями не наблюдалось.

2011059 НАВРУЗ - сорт селекции опытной станции масличных культур Узбекистана. Авторы: Анарбаев И., Идиятулина Д., Турсунов Л., Ли А., Балкибекова Р. Происхождение: Получено из коллекции (К-60 «Амиссон», Франция) методом индивидуального и группового отбора. С 2013 года рекомендован к посеву на территории Республики Узбекистан и включен в Государственный реестр сельскохозяйственных культур. Относится к группе среднерослых сортов. Средняя высота растения 170 см. Корзинка плотная, загнутая вниз, семена черные. Утро. Вегетационный период 98-110 дней. Устойчивость к износу, 4,5 балла. Средняя урожайность составляет 32,3 ц/га. Случаев поражения сельскохозяйственными болезнями за годы испытаний не было.

Гибридные сорта подсолнечника [70]

Семена подсолнечника Душко 2010051 - гибрид сербской селекции под традиционную технологию выращивания, который за годы выращивания зарекомендовал себя как гибрид, устойчивый ко всем расам ложной мучнистой росы. С 2012 года внесен в Государственный реестр

сельскохозяйственных культур, рекомендуемых к посеву на территории Республики Узбекистан.

Семянка среднекрупная, черного цвета.

Душко (НС Х 6054) [71]- среднепоздний гибрид подсолнечника. Стебель прямой, крепкий устойчивый к полеганию, покрыто жесткими волосками. Высота растения 170-190 см. Корзина диаметром 20-25 см, выпуклой формы. Корневая система стержневая, от которой отходят прочные и сильно разветвленные боковые корни. Листья крупные, овально-сердцевидной формы.

Табл.2.2. Морфологические и агрономические характеристики подсолнечника Душко (НС Х 6054)

Технология	Классический
Вегетация, дней	91
Урожайность, ц/га	32,5
Масличность, %	50
Фунгицидный протравитель	Оригинатор НС СЕМЕ (NS SEME)
Устойчивость к засухе	8 из 10
Устойчивость к заразихе	6 рас (A, B, C, D, E, F)
Устойчивость к основным болезням	8 из 10
На площу, га	2-2,2

Преимущества семян подсолнечника Душко (НС Х 6054): Гибрид пригоден для выращивания в условиях засухи. Генетически устойчив ко всем расам мучнистой росы, что позволяет сэкономить на химической обработке фунгицидами. Крепкий стебель и корневая система хорошо удерживает растение в почве даже при неблагоприятных погодных условиях и сильных ветрах [71].

Семена гибрида подсолнечника ROMEO (Fl) [72] черного цвета, удлиненная.

Табл.2.3. Морфологические и агрономические характеристики подсолнечника Ромео (Fl) [72]

Селекция	Сербия (NS SEME - Институт Полеводства г. Нови Сад)
Технология	Классическая
Стойкость к заразихе	A-E
Тип гибрида	Простой
Потенциал урожайности	свыше 4,5 т/га
Группа спелости	Среднеранний - 107-112 дней
Устойчивость к засухе	Высокая
Устойчивость к полеганию	Высокая
Устойчивость к осыпанию	Высокая
Устойчивость к болезням и вредителям	Высоко толерантен к фомопсису (Phomopsis), фомозу (Phoma), к угольной гнили (Macrophomina). Стойкий к подсолнечниковой моли (Homoeosoma nebulella).
Направление использования	масличный
Высота растения	170-180 см
Интенсивность роста на начальном этапе вегетации	средняя
Облиственность	отличная, на начальных этапах роста характеризуется небольшой листовой поверхностью, в фазе бутонизации листья полностью закрывают почву
Стебель	средней толщины

Корневая система	мощная, разветвленная, позволяет использовать почвенную влагу с глубины 1,5-2,5 м
Корзинка	тонкая, выпуклой формы, повернута вниз, диаметр 21-25 см
Семена	черного цвета, удлиненная,

БОСФОРА [70]– селективный гибрид Швейцарии. С 2015 года внесен в Государственный реестр сельскохозяйственных культур, рекомендуемых к посеву на территории Республики Узбекистан для Наманганской и Ташкентской областей.

Средняя высота растения 175 см. Вегетационный период 87-95 дней. Гибрид устойчив к полеганию и осыпанию, 5,0 баллов. Средняя урожайность 22,2-24,0 ц/г. Цвет семян черный.

§2.2 Методика исследования

Экспериментальная часть работы была выполнена в лабораториях Бухарского инженерно-технологического института, испытательной лаборатории пищевой продукции и товаров народного потребления Бухарского филиала "*UzTest*" и испытательной лаборатории маслосодержащей продукции ООО «*BUXORO SIFAT LABOR*».

2.2.1. Методика определения физико-химических характеристик подсолнечных семян

Методика определения массы 1000 семян [73]. Если устанавливают массу 1000 зерен или семян на сухое вещество, то из средней пробы одновременно с выделением навесок для определения массы 1000 зерен или семян отбирают две навески для определения влажности зерна или семян по

ГОСТ 13586.5. Если устанавливают массу 1000 семян масличных культур на сухое вещество, то из средней пробы семян одновременно с выделением навесок для определения массы 1000 семян отбирают две навески для определения влажности масличных семян по ГОСТ 10856.

Обработка результатов [73]**.** Массу 1000 зерен или семян *($m_ф$)* в граммах при фактической влажности зерна или семян вычисляют по формуле:

$$m_{\text{ф}} = \frac{m_{\text{о}} \cdot 1000}{N} \qquad (2.1)$$

где m_o— масса целых зерен или семян, г;

N -количество целых зерен или семян в массе m_o, шт.

Массу 1000 зерен или семян *(m_c)* в граммах в пересчете на сухое вещество вычисляют по формуле:

$$m_c = \frac{m_{\text{ф}} \cdot (1000 - w)}{N} \qquad (2.2)$$

где *w*- влажность зерна или семян, %

Определение среднего объема одной семени [74]**.** Средний объем одной семени определяют погружением навески в мерную стеклянную посуду, в которую налит определенный объем жидкости, не вызывающий набухания семени (ксилол, толуол, растительное масло и др.).

Для определения среднего объема одной семени отвешивают 10 г и подсчитывают число семян в навеске. Объем навески определяют в мерной колбе или цилиндре (малого диаметра) с жидкостью. Средний объем одной семени ($мм^3$):

$$V = V_1 / N, \qquad (2.3)$$

где V_1 — объем 10 г навески, $мм^3$;

N — число семян в 10 г навески**.**

Методика определения лузжистости [75].

Отбор средних образцов и выделение навесок масличных семян для анализа проводят по ГОСТ 10852-86. Лузжистость масличных семян определяют путем обрушивания их ручным способом. Для этого из среднего образца семян, предварительно очищенных от примесей, берут две навески: для семян подсолнечника - по 10 г, взвешивают их с точностью до 0,01 г. Семена каждой навески обрушивают с помощью пинцета. Отделенные от ядра плодовые оболочки (лузгу) взвешивают с точностью до 0,01 г.

Результаты определения лузжистости выражают в процентах к весу взятой для анализа навески.

Среднее из двух определений принимают за лузжистость образца семян. Разница между параллельными определениями допускается не более 1 %. В противном случае определение повторяют. При арбитражных определениях лузжистости отклонения допускаются также не более 1 %.

Методика определения разрушающих сил оболочек семян подсолнечника. Для этой цели использовали универсальная испытательную машина *WP 300* (рис.2.1).

Экспериментальная установка была разработана специально для экспериментов в небольших группах и отличается четким дизайном, простым управлением и аксессуарами, которые легко заменить. Образцы для испытания зажимаются между верхней и нижней траверсами. Образцы твердости закрепляются между поперечиной и подвижным основанием.

Испытательное усилие создается с помощью гидравлической системы с ручным управлением и отображается на большом манометре с индикатором сопротивления.



Рис.2.1. Испытательная машина *WP 300*

2.2.2. Методика определения масличности семян

Согласно [76] под масличностью семян понимают содержание в них сырого жира и сопровождающих его жироподобных веществ, переходящих вместе с жиром в эфирную вытяжку из исследуемых семян.

Под масличностью шрота (жмыха) (остаточная масличность шрота (жмыха)) понимают массовую доля жира и экстрактивных веществ, содержащаяся в шроте (жмыхе) после извлечения растительного масла из масличного сырья [77].

Масличность семян экстракционным методом с помощью аппарата Сокслета (в %) вычисляют [76, 78]:

$$X = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m_2}, \qquad (2.4)$$

где m- масса колбы с маслом в г;

m_1 - масса пустой колбы в г;

m_2- навеска подсушенных семян в г.

Потом полученный результат пересчитывают на сухое вещество (в %):

$$X_1 = \frac{X \cdot 100}{100 - W}, \quad (2.5)$$

где W- влажность подсушенных и измельченных семян, определяемая одновременно с масличностью семян, в %.

За конечный результат принимают среднеарифметическое из двух параллельных вычислений. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,5 %.

Определение жира по методу Сокслета. Содержание жира в пищевых продуктах закреплено техническими условиями. В лабораториях этот показатель анализируется как в сырье, так и в готовой продукции. Для определения количества жира применяются экстракторы, реализующие метод Сокслета. В качестве растворителя используется диэтиловый эфир[79].

Устройство экстрактора Сокслета. Классический анализ проводится в аппарате Сокслета. Название прибор получил в честь создателя агрохимика Франц фон Сокслета [79].

Аппарат Сокслета (рис.2.2) состоит из четырех элементов: круглодонной колбы, горелки, насадки, обратного холодильника. Чаще в качестве холодильника используют конструкцию Аллина с водяным охлаждением или Димрота.

Определение жира по Сокслету. Ход анализа [79]**.** Анализ включает в себя три этапа и происходит в установленное время или с определенным количеством циклов.

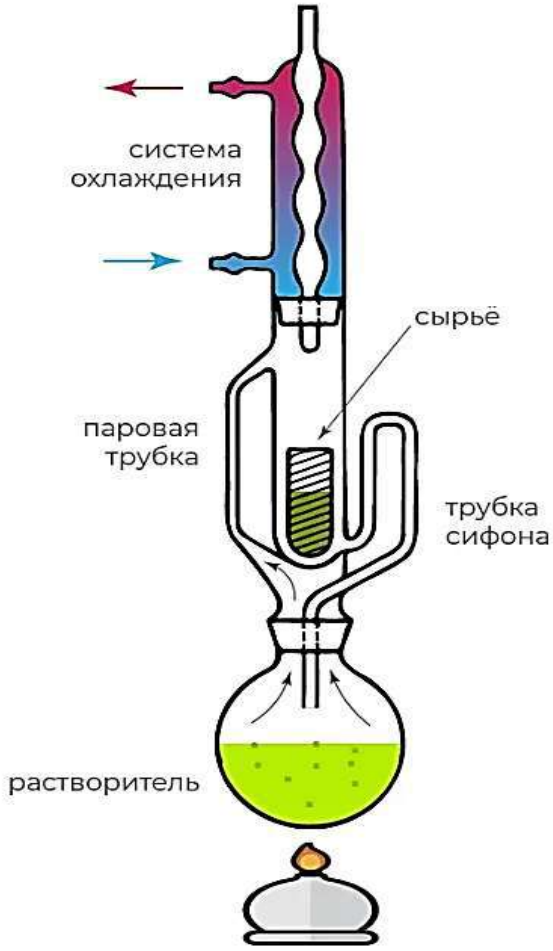


Рис.2.2. Строение экстрактора Сокслета

- Экстракция. Эфир испаряется, пары поднимаются в холодильник. Через воронку конденсат растворителя поступает на исследуемый продукт. Клапан бака и стеклянный клапан в этот момент перекрыты. Постепенно эфир заполняет камеру экстракции. Из продукта в этот момент выделяется жир. Как только растворитель доходит до заявленного уровня, клапан открывается, и растворитель переливается в сосуд для скопления экстракта. Экстракция повторяется несколько циклов.
- Ополаскивание. На этом этапе происходит удаление остаточных экстрактов. Стеклянный клапан открывается, сконденсированный растворитель переливается в камеру экстракции и затем обратно в сосуд для скопления экстракта. Анализируемый продукт промывается свежим растворителем.



Рис.2.3. Аппарат Сокслета

Методика определения содержания сырого жира в жмыхах. Согласно [80] применяется термин - *содержание сырого жира (oil content*): все вещества, экстрагируемые в условиях, установленных настоящим стандартом, и выраженные в виде массовой доли, в процентах.

Массовую долю сырого жира, %, вычисляют по формуле [80]:

$$w = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100, \qquad (2.6)$$

где m_0- масса пробы для анализа, *г*;

m_1- масса сырого жира после сушки, *г*.

Выражают результат с точностью до первого десятичного знака.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение двух определений, при условии, что удовлетворяются требования повторяемости. Если требования повторяемости не выполняются,

выполняют два новых определения на испытуемых пробах, взятых из того же анализируемого образца.

Массовую долю сырого жира, в пересчете на сухое вещество, %, вычисляют по формуле [80]:

$$w_D = w \cdot \frac{100}{100 \cdot w_M}, \quad (2.7)$$

где *w*- массовая доля сырого жира по 10.1, %; w_M- массовая доля влаги и летучих веществ, %, определенная по ISO 771.

2.2.3. Методика определения влажности семян

Влажность масличных семян и жмыха W_1 (в %) вычисляют по формуле [81]:

$$W_1 = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m - m_2} \quad (2.8)$$

где m - масса бюксы с семенами до высушивания, *г*;

m_1 - масса бюксы с семенами после высушивания, *г*;

m_2 - масса пустой бюксы, *г*.

Допускаемое расхождение результатов двух параллельных вычислений при доверительной вероятности p=0,95 не должно превышать 0,25 % абс. При превышении допускаемого расхождения результатов двух параллельных определений анализ повторяют. За окончательный результат анализа принимают среднеарифметическое значение.

2.2.4. Методика определения белка в масличном сырье

Классический способ определения белка в сырье и готовых пищевых продуктах – метод Кьельдаля, который является арбитражным методом

определения белка. Метод включает в себя несколько основных этапов: *пробоподготовку, минерализацию, дистилляцию и титрование* [82].

Метод определения общего количества азота носит имя датского химика Кьельдаля. Благодаря точности и воспроизводимости он уже столетие остается наиболее используемым (официальным) методом для определения содержания азота/белка в пищевых продуктах и кормах.

Любой анализ подразумевает точность результата. Чтобы говорить о достоверности полученных данных, необходимо быть твердо уверенным во всех стадиях процесса, в частности, в *пробоподготовке*. Так как анализировать содержание азота (белка) можно практически в любых образцах, следует позаботиться о достаточной степени измельчения анализируемой пробы.

Твердые образцы: размеры частиц пробы для анализа должны быть ≤ 1 мм, каждый раз перед анализом проба должна измельчаться абсолютно одинаковым образом, в течение установленного временного интервала. Для такого рода проб могут применяться различного рода лабораторные мельницы, например, дисковые или блендерного типа.

Минерализация - гомогенизированный образец минерализируется в среде концентрированной серной кислоты в присутствии катализатора. Результатом минерализации является раствор, содержащий сульфат аммония:

$$Sample + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + CO_2 + SO_2 + H_2O$$

Дистилляция. В присутствии избытка щелочи NH_4^+превращается в NH_3, который можно отделить от дижестированного образца перегонкой с паром:

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O + 2NH_3$$

$$H_3BO_3 + NH_3 = (NH_4 + H_2BO_3) + H_3BO_3$$

Титрование. Аммиак, количественно перегнанный с паром, собирается в поглощающем растворе. Содержание азота в образце определяется количеством поглощенного аммиака. Титрование проводят с

использованием цветных индикаторов или потенциометрическим методом. Существует два метода титрования: прямое (используют борную кислоту) и обратное (используют серную и соляную кислоту):

$$2(NH_4H_2BO_3) + H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4 + 2H_3BO_3$$

2.2.5. Методика определения кислотного числа масла

Кислотное число характеризует присутствие свободных жирных кислот в жире и выражается количеством гидроксида калия (мг), необходимым для нейтрализации свободных жирных кислот и нейтрализуемых щелочью сопутствующих триацилглицеридам веществ, содержащихся в 1 г жира (мг КОН/г жира) [83].

В колбу вместимостью 100 мл отвесить на аналитических весах около 3 г растительного масла или 1 г животного жира, добавить 50 мл спиртово-эфирной смеси (1:2) и осторожно растворить жир при небольшом нагреве. После растворения жира колбу с анализируемой пробой охладить до комнатной температуры и внести 1–2 капли спиртового раствора фенолфталеина. Анализируемый раствор осторожно оттитровать (по одной капле) 0,01 н водным раствором гидроксида калия до слабо-розового окрашивания. Объем титранта не должен превысить 4 мл (20% от объема спирта). При использовании для титрования спиртового раствора щелочи навеску жира можно растворять в эфире или бензоле без добавления спирта. Кислотное число ($КЧ$, мг КОН/г) определить по формуле:

$$КЧ = \frac{V_{КОН} \times 0{,}5611}{m} \qquad (2.9)$$

где $V_{КОН}$ - объем 0,01 н раствора гидроксида калия, пошедшего на титрование навески жира, мл;

0,5611 - титр 0,01 н раствора гидроксида калия, мг/мл;

m- масса исследуемого жира, г.

Для определения кислотного числа нерафинированного растительного масла в качестве титранта следует использовать 0,1 н раствор гидроксида калия.

2.2.6. Методы математической обработки результатов эксперментов

Моделирование экспериментов (*Design of Experiments*) включает методики статистической оптимизации процессов. Здесь предусматривается одновременное влияние различных параметров на процесс для определения оптимальных значений [84, 85, 86, 87, 88].

Методология поверхности отклика (*Response Surface Methodology RSM*) исследует взаимосвязи между несколькими независимыми переменными и одной или несколькими переменными отклика [89]. Этот метод был предложен Джорджем Э.П. Боксом и К.Б. Уилсоном в 1951 году. Основная идея *RSM* заключается в использовании последовательности разработанных экспериментов для получения оптимального ответа. Бокс и Уилсон предлагают использовать для этого полиномиальную модель второй степени. По их мнению эта модель является лишь приближением, но ее используют, потому что такую модель легко оценить и применить, даже когда о процессе мало что известно, т.е. применяется метод, так называемого, «черного ящика».

Преимущество метода *RSM* является то, что при этом можно извлечь большой объем информации из небольшого количества экспериментов, и на определение оптимальных параметров процесса уйдет меньше времени.

Самый простой способ определения оптимальных параметров технологических процессов, это использование *факторное планирование эксперимента*. Этого достаточно, чтобы определить, какие независимые переменные влияют на интересующие переменные отклика. Если необходимо более точные значимые независимые переменные, тогда может

быть реализован более сложный план, такой как центральный составной план. При этом можно оценить полиномиальную модель второй степени, которая в лучшем случае является лишь приближением, но она может использоваться для оптимизации (максимизации, минимизации или достижения определенной цели) [90].

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

§3.1. Исследование физико-механических свойств семян сортов подсолнечника выращиваемых в Узбекистане

Информация о физико-механических свойствах семян местных сортов подсолнечника необходимо для правильного подбора технологического оборудования для очистки, сушки и переработки семян. Исходя из этого изучение физико-механических свойств семян различных сортов и гидридов подсолнечника, производимых в Узбекистане, является актуальной для дальнейшей разработки и расчета технологической линии переработки подсолнечных семян.

Предметом исследований являются физико-механические свойства семян различных сортов и гибридов подсолнечника, рекомендованных к посеву на территории Республики Узбекистан Центром тестирования сортов сельскохозяйственных культур: Жахонгир, Дилбар, Осиё, Янги замон, Душко, Ромео, Босфора.

Массу 1000 семян, лузжистость, масличность семян, влажность семян определяли согласно методикам, приведенным в главе 2.

Насыпную плотность определяли измерением объёма семян подсолнечника известной массы в градуированном цилиндрическом сосуде согласно [91].

Форма семян подсолнечника, как и других масличных семян определяется соотношениями длины, ширины и толщины [7].

Средний геометрический диаметр семянки D_g определяется по формуле [92]:

$$D_g = (l \cdot a \cdot b)^{0,333} \qquad (3.1)$$

где l – длина, a – ширина, b – толщина семени, мм.

Размерные параметры и форма образцов семян приведены в табл.3.1.

Табл.3.1. Размерные параметры и форма образцов семян подсолнечника

№	Сорт, гидрид	Ср. длина семени, l, мм	Ср. ширина семени, a, мм	Ср. толщина семени, b, мм	Средний геометрический диаметр семянки, D_g, мм	Форма семян
1	Жахонгир	11,7	6,3	3,2	6,17	удлиненная
2	Дилбар	11,5	5,3	3,4	5,91	удлиненная
3	Осиё	11,5	6,0	4,5	6,76	удлиненная
4	Янги замон	14,2	7,0	4,9	7,85	удлиненная
5	Душко	11,9	5,3	3,7	6,15	удлиненная
6	Ромео	11,2	5,7	4,3	6,49	удлиненная
7	Босфора	12,7	5,5	3,1	5,99	удлиненная

Как следует из табл.3.1, размеры семян находятся в пределах от 11 до 13 мм длины, от 5,3 до 7,0 мм ширины и от 3,1 до 4,9 мм толщины. Самый большой средний геометрический диаметр у сорта Янги замон (7,85 мм) и гидрида Ромео – (6,49 мм), самый маленький – у сорта Дилбар – 5,91 мм. Форма семян у всех сортов и гидридов подходит к удлиненной, так как выполняется условие $a<b<l$ [7].

Для характеристики формы семян используют понятия «коэффициент формы» K_f и «показатель сферичности» $П_c$, которые определяются в зависимости от площади поверхности семени F_c. Ее можно определить, исходя из следующей зависимости [7]:

$$F_c = 4\pi R(l + 3R); \qquad (3.2)$$

$$R = \frac{5a + 6b}{60} \quad (3.3)$$

где R – сферичность семянки.

Результаты вычислений приведены в табл.3.2.

Во втором столбце приведены объемы семянок исследуемых образцов, которых определили по объему вытесняемой жидкости 1000 семянками.

Табл.3.2. Показатели площади поверхности и объема семян местных сортов.

№	Сорт, гидрид	Ср. объем одной семянки, мм^3	Площадь поверхности семени F_c, мм^2	Коэффициент формы	Показатель сферичности
1	Жахонгир	85,8	151,1	1,26	0,79
2	Дилбар	80,2	135,9	1,30	0,77
3	Осиё	100,9	171,2	1,27	0,79
4	Янги замон	155,6	234,8	1,29	0,78
5	Душко	90,8	146,1	1,29	0,77
6	Ромео	103,9	158,2	1,26	0,80
7	Босфора	82,5	144,8	1,35	0,74

Как видно из табл. 3.2 коэффициенты формы у всех видов подсолнечних семян больше 1, а показатели сферичности меньше 1, что доказывает, согласно источнику [7]: форма всех этих семян относится к удлиненным.

К технологическим особенностям семян подсолнечника относят: масса семян, насыпная плотность семян (натура), лузжистость, масличность и др. [92,93,94].

Насыпная плотность семян подсолнечника является важным параметром, который определяет количество семян, помещающихся в определенном объеме. Одной из характеристик семян подсолнечника, которую влияет на качество переработки и получаемой продукции, является лузжистость — массовая доля плодовых оболочек в общей массе семян.

Основной характеристикой масличных семян является их масличность, а также, для нашего случая, содержание белка в семени. Результаты определения названных показателей у семян различных местных сортов и гибридов подсолнечника приведены в табл.3.3.

Табл.3.3. Технологические характеристики местных семян подсолнечника

№	Сорт, гидрид	Насыпная плотность, г/дм^3	Масса 1000 семян, г	Лузжис-тость, %	Маслич-ность, %	Содержа-ние белка, % СВ
1	Жахонгир	410	60,2-69,2	31,5	48-52	18,2-19,0
2	Дилбар	458	72,0-85,0	30,6	47-51	19,5-21,5
3	Осиё	420	55,1-59,1	29,9	48-52	20,3- 21,7
4	Янги замон	310	54,1-58,2	35,7	49-53	17,2-18,5
5	Душко	470	70,1-80,2	24,8	50-52	20,7-23,2
6	Ромео	390	60,2-70,3	25,1	49-51	16,5-18,0
7	Босфора	420	60,1-70,2	25,4	48-50	17,4-19,2

Прочностные характеристики семян. В молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов, в шнеках и нориях зерноочистительных машин в процессе работы происходит дробление и микроповреждение семян

подсолнечника. Это приводит к резкому уменьшению всхожести семенного материала и снижению качества продовольственного сырья. Поэтому важно знать предельные нагрузки, при которых семена современных сортов и гибридов не теряют своих свойств. Величина разрушающей нагрузки зависит от направления действия силы. В нашем случае вектор силы прилагался вдоль осевой линии семянки и поперек её по ширине семени.

На прочность зерен значительное влияние оказывает их влажность. Чем она больше, тем меньше значение прочности. Поэтому исследования проводили на образцах с влажностью 6,9-7,1% Усилие, необходимое для разрушения местных сортов подсолнечника определяли на приборе *WP-300*.

Результаты измерения сил, разрушающих оболочку семян в продольном и поперечном направлениях, приведены в табл.3.4.

Табл.3.4. Силы, разрушающих оболочку в продольном и поперечном направлениях

№	Сорт, гидрид	Направление вектора силы	Среднее значение, Н	Нижняя граница 95% доверит. интервала	Верхняя граница 95% доверит. интервала	Относительная ошибка средней, %
1	Жахонгир	продольное	30,1	26,5	32,3	5,7
		поперечное	33,9	29,9	36,3	5,9
2	Дилбар	продольное	29,2	25,4	32,3	4,9
		поперечное	32,1	28,4	35,2	4,7
3	Осиё	продольное	28,9	26,1	31,2	5,8
		поперечное	31,3	28,4	33,4	5,6
4	Янги замон	продольное	27,4	24,9	30,3	5,4
		поперечное	29,2	25,5	29,9	4,9
5	Душко	продольное	25,3	22,3	28,4	5,8

№	Сорт, гидрид	Направление вектора силы	Среднее значение, Н	Нижняя граница 95% доверит. интервала	Верхняя граница 95% доверит. интервала	Относительная ошибка средней, %
		поперечное	28,7	25,7	32,1	4,9
6	Ромео	продольное	22,9	20,1	32,2	5,4
		поперечное	25,0	22,9	28,2	4,7
7	Босфора	продольное	25,6	23,1	28,9	5,9
		поперечное	29,1	26,9	32,3	4,9

На практике при анализе выборок математическое ожидание, как правило, не известно. Поэтому вместо него используют оценку – среднее арифметическое. Расчет дисперсии производят по формуле [95,96]:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X - \overline{X})^2}{n} \quad (3.4)$$

где s^2– выборочная дисперсия, рассчитанная по данным наблюдений,

X– отдельные значения,

$\overline{X}$– среднее арифметическое по выборке.

Формула стандартной ошибки средней при использовании выборочной дисперсии:

$$s_{\overline{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.5)$$

Предельная вертикальная нагрузка была обусловлена в большей степени наличием или отсутствием воздушной полости между плодовой оболочкой и ядром, и в меньшей степени - прочностью перикарпия. Об этом

косвенно свидетельствует и разница в пределе прочности семянки по длине и ширине.

§3.2. Отбор специальных сортов подсолнечника для дальнейших исследований

Основное предназначение семян подсолнечника – получение масла, главное требование – масличность не менее 45,0…50,0 %. При этом важное значение имеет урожайность, засухоустойчивость подсолнечника. Содержание белка обычно отличается большой вариабельностью, однако если выведен засухоустойчивый сорт, отличающийся ещё и высокой масличностью, то в таких сортах подсолнечных семян содержание белка тоже является достаточно высоким.

Все исследуемые виды масличных культур подсолнечника, представленные в табл.3.3 весьма перспективны для Узбекистана, как региона с сухим и жарким климатом и дефицитом поливной воды, так как устойчивы к засухе и при этом характеризуются высокой урожайностью и относительно коротким вегетационным периодом.

Дилбар – раннеспелый сорт подсолнечника, выведенный методом многократного индивидуального отбора из коллекционного образца масличного сорта HS-H-45 (Сербия) на опытной станции масличных и лубяных культур республики и районированный с 2013 года [111]. Сорт подсолнечника Осиё хоть и несколько уступает по урожайности сорту Дилбар, однако по масличности несколько превосходит его. Лузжистость сорта Осиё несколько ниже. Высокопродуктивный гибрид Душко стойкий к заболеваниям, обладает значительно низкой лузжистостью, достаточно засухоустойчивый, у него среднеранний тип созревания.

Исходя из вышеприведенного, а также по содержанию белка для дальнейших исследований были выбраны семена сортов подсолнечника *Дилбар, Осиё* и *Душко*.

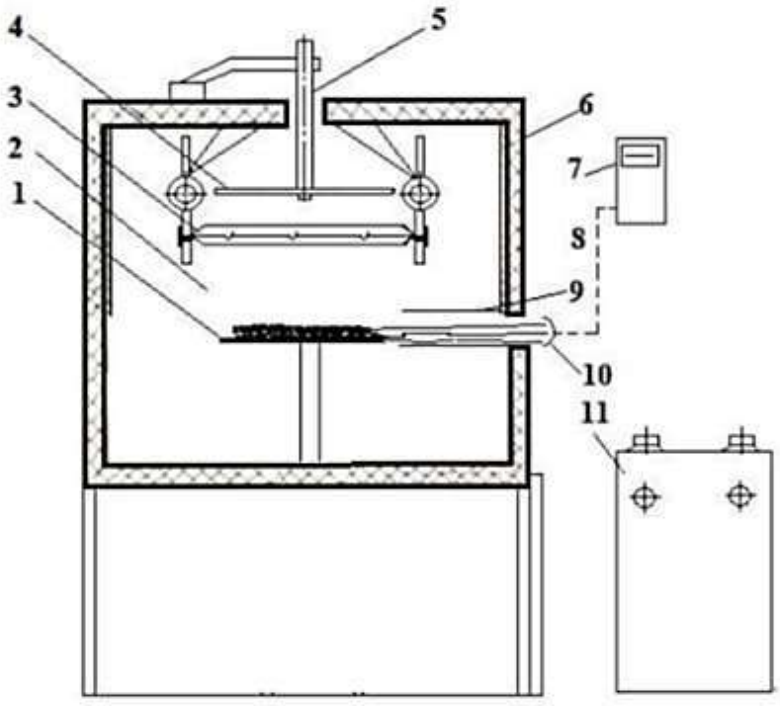
§3.3. Исследование процесса термообработки мятки семян подсолнечника перед прессованием

Как было показано в параграфе 1.4 для подготовки мятки масличных семян к прессованию проводят влаготепловую обработку. При этом под действием тепла на увлажненную мятку вначале растет активность ферментов, ухудшающих качество масла - усиливается гидролиз триацилглицеролов с образованием свободных жирных кислот, окисление ненасыщенных жирных кислот, происходит изменение фосфолипидов, затрудняющее их выделение из масла. Существенным изменениям подвергаются белки.

В последние годы для подготовки масличного сырья к прессованию используется термообработка материала в электромагитном поле инфракрасного или сверхвысокочастотного диапазона. Эти исследования показали перспективность использования ИК-излучения для целей термообработки) масличных семян.

Исследование процесса ИК-термообработки мятки семян подсолнечника проведено на лабораторной установке (рис.3.1), которая состоит из рабочей камеры, пульта управления с контрольно-измерительными приборами, аппаратурой управления и сигнализации.

Внутри рабочей камеры *2* в верхней её части расположены ИК излучатели *3*. В качества ИК-излучателей использованы кварцевые галогенные лампы типа *КГТ 220 -1000*. Кварцевые лампы галогенные типа КГТ - это вид галогеновых ламп с невысокой температурой накаливания, которые служат источником инфракрасных волн. Представляют собой кварцевую трубку с греющей спиралью, заполненную галогеном. Крепление ламп выполнено таким образом, что имеется возможность изменят расстояние между ними. Над ИК–излучателями расположен экран *4*, который можно перемешать по вертикали. Напряжение в нити накаливания ИК–ламп



а



б

Рис. 3.1. Схема (*а*) и фото (*б*) лабораторной установки для исследования процесса ИК-термообработки мятки семян подсолнечника

1-сетчатый подик; 2- рабочая камера; 3- инфракрасный излучатель; 4-экран; 5-держатель экрана; 6-корпус камеры; 7- мультиметр; 8- термопары; 9- защитник; 10-оболочка защиты термопар; 11-регулятор напряжения

изменяется в пределах 0-250 В с помощью регулятора напряжения *РНО-250-10 11*.

Внутренние поверхности рабочей камеры выполнены из полированного алюминия, обладающего высоким коэффициентом отражения в инфракрасной области спектра.

Измерение и регистрация температуры в слое навески лепестков плодовых косточек и среды сушильной камеры в ходе термообработки осуществляется цифровым мультиметром *UNI-T UT-39C+ 7* [97] с первичными измерительными преобразователями в виде термопар *8*. Чувствительные элементы и провода термопар защищены экранами *9* и термостойкими защитными оболочками из асбестовой ткани *10* от непосредственно падающего ИК – излучения.

Сетчатый подик *1* устанавливается на винтовых опорах, укрепленных на каркасе. Сверху в камере установлены четыре излучателя, которые подключены к командно-электрическим аппаратам с реле времени, предназначенным для регулирования продолжительности облучения и “отлёжки” – времени без облучения.

Смотровое окно предусмотрено для визуального наблюдения за протеканием процесса термообработки. В целях соблюдения норм техники безопасности, заземления всех контрольно-измерительных устройств, предусмотрена блокировка, срабатывающая при открывании дверцы рабочей камеры, происходит автоматическое отключение всей установки.

Рассчитываем плотность облучения для случая расположения излучателей (ламп) параллельно по формуле [98,99]:

$$E = \frac{P \cdot U_э \cdot a}{l^2}, \ \text{кВт/м}^2 \qquad (3.6)$$

где E – плотность облучения, Вт/м^2;

P – мощность каждой лампы, Вт;

$U_э$ – коэффициент, который характеризует эффективность используемого источника. $U_э$ = 0,70÷0,85;

l – расстояние от одной лампы до другой, м.

a – коэффициент неоднократных отражений. Определяется по формуле [98,99]:

$$a = \frac{1}{1 - \rho_к \cdot \rho_П \cdot \psi} \quad (3.7)$$

где $\rho_к$≈0,2 - коэффициент отражения рабочей камеры;

$\rho_П$=0,5 - коэффициент отражения продукта;

ψ- доля потока лучей, которые отражаются камерой. Эта величина принимается равной от 0,7 до 0,8.

В работе [100] показана, что масличные материалы на примере ядро косточковых (абрикоса) в области длины волн 0,7-1,2 мкм обладают наибольшей пропускательной способностью, поэтому для эффективного прогрева по всей толщине слоя лепестков ядер подсолнечника целесообразно выбирать такой генератор ИК излучения, максимум интенсивности излучения которого находится в диапазоне 0,7-1,2 мкм [100].

Исходя из этого, материал толщиной 5 мм подвергается термообработке с помощью ИК-излучателей *КГТ 220-1000*, излучающие лучи с максимальной длиной волны 1,1 мкм.

Методика проведения экспериментов. Выделенные и очищенные от лузги ядра семян подсолнечника в лабораторном вальцевом устройстве подвергается плющению. Получаемые лепестки должны быть толщиной 0,3-0,35 мм.

Для проведения исследований использовали семена подсолнечника Душко.

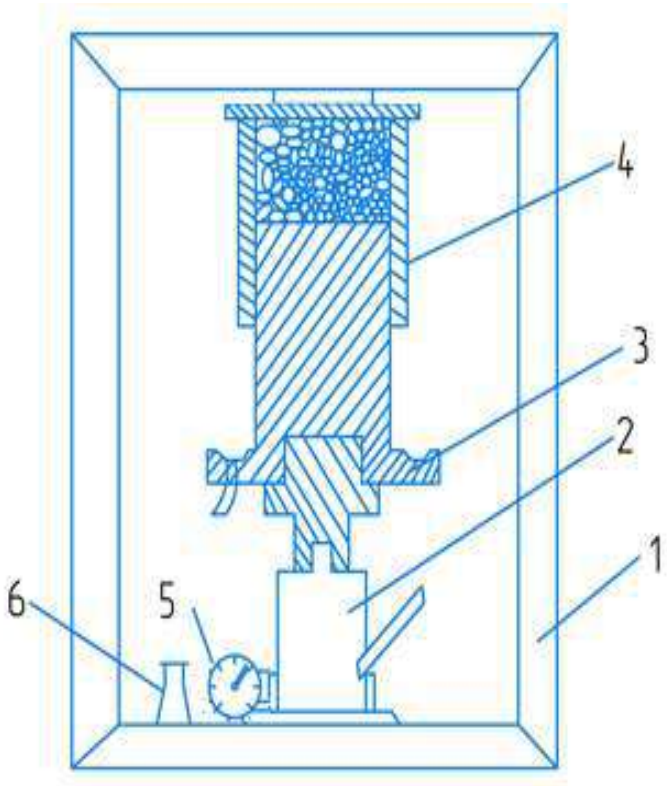
Для оценки однородности полученного измельченного сырья определяют его фракционный состав с помощью ситового анализа с использованием комплекта сит.

Ситовой анализ измельченного сырья проводят следующим образом [101]: сырьё в количестве 200 г помещают на самое крупное (верхнее) сито и весь комплект встряхивают в течение 5 мин. Затем сита снимают по очереди одно за другим, после чего каждое сито повторно встряхивают отдельно над приемником. Просеивание считается законченным, если количество материала, проходящего сквозь сито при повторном дополнительном встряхивании в течение 1 мин, составит менее 1 % материала, оставшегося на сите. Отсев (проход) добавляют на верхнее сито оставшегося комплекта сит.

Качество мятки поступающей в термообработку должно характеризоваться следующими показателями: влажность 5,5–6,5 %; лузжистость не более 15 %; проход через 1 мм сито не менее 60 %.

Относительную влажность, масличность мятки и жмыха после прессования, а также кислотное число получаемого масла определяют по методикам приведенным во втором разделе отчете. Мятку семян подсолнечника взвешивают на электронных весах с точностью 0,01 г.

Навеску мятки подсолнечника известной начальной влажности и массы подвергают термообработке в камере экспериментальной установки (рис.3.1) при прерывистом режиме облучения с заданной продолжительности облучения и “отлежки”. Во время термообработки температура навески измерялась хромель-копелевыми термопарами и регистрировалась мультиметром *UNI-T UT-39C+*.



а



б

Рис.3.2. Схема (*а*) и (*б*) фото лабораторного гидравлического пресса

1-станина; 2-домкрат гидравлический; 3-поршень; 4-втулка; 5-монометр; 6-посуда для масла

После термообработки навеску подвергают прессованию в лабораторном гидравлическом прессе (рис.3.2). Максимальное давление прессования 25 МПа.

Проведем предварительные эксперименты по определению пределов варьирования факторов, влияющих на процесс ИК-термообработки. Используем мятки семян подсолнечника сорта Душко с начальной влажностью 5-6 % [102].

Проводили термообработку мятки при различных прерывистых режимах ИК-облучения при плотности падающего потока 7,0 кВт/м^2 (рис.3.3).

Как видно из рис. при прерывистом 2-режиме ИК-облучения (кривая 2), т.е. когда продолжительность первого цикда облучения составляет 60 с, конечная температура материала доходит до 60^{0}С. При термообработке в 3-режиме (кривая 3) продолжительность первого цикла облучения 80 с. Это приводит к резкому повышению температуры материала, конечная температура доходит до 76^{0}С, что приводит к пережарению мятки, следствием которого являются окислению масла и денатурации белков. При термообработке в 1-режиме (кривая 1) конечная температура мятки доходит до 53^{0}С, что приводит к недожарению материала.

Таким образом, наиболее приемливым режимом облучения является 2-режим.

1-режим: +30-150+30-120+30-120+30=510 с.

Общее время облучения 120 с.

2-режим: +60-120+30-120+30-120+30=510 с.

Общее время облучения 150 с.

3-режим: +80-100+30-120+30-120+30=510 с.

Общее время облучения 170 с.

“+” время облучения; “-“ время выдержки без облучения.

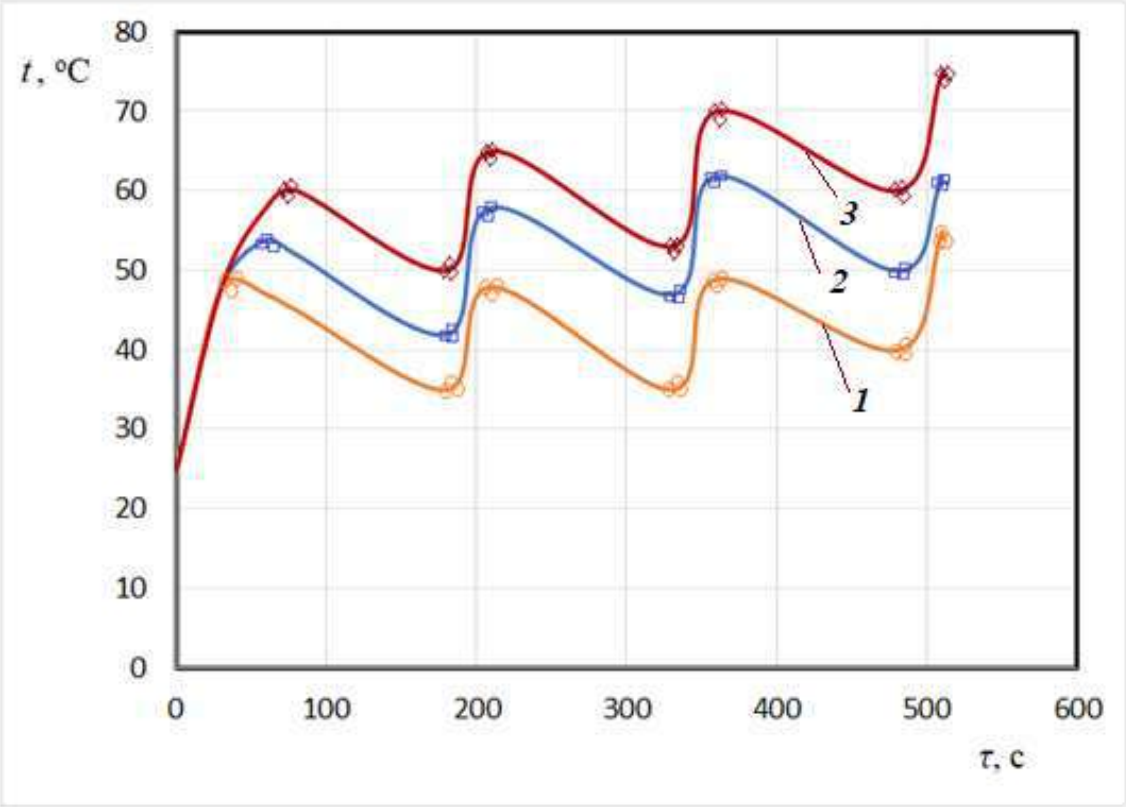


Рис.3.3. Изменение температуры мятки семян подсолнечника в зависимости от режимов облучения

Выбираем основные факторы, влияющие на процесс. Первый влияющий фактор – плотность лучистого потока, z_1, кВт/м^2; второй фактор – продолжительность облучения, z_2, с.

Плотность лучистого потока z_1^-=6,5 кВт/м^2; z_1^+=7,5 кВт/м^2.

При режиме +60-120+30-120+30-120+30

продолжительность облучения z_2^-=150 с;

при режиме +60-120+30-120+30-120+30-120+30

продолжительность облучения z_2^+=180 с;

Для каждого фактора находим центр, интервал варьирования и зависимость кодированной переменной x_i от натуральной z_i по формулам (3.8), (3.9) и (3.10) [103]:

$$x_i = \frac{z_i - z_i^0}{\lambda_i}, \qquad (3.8)$$

где z^0_i - центр плана;

λ_i – интервал варьирования.

$$z_i^0 = \frac{z_i^+ + z_i^-}{2} \quad (3.9)$$

$$\lambda_i = \frac{z_i^+ - z_i^-}{2} \quad (3.10)$$

Результаты приведены в табл.3.5.

При кодировании все переменные будут принимать значения от –1 до +1, т.е. $x_i \in [-1; +1], i = \overline{1,k}$ [103].

Выходными параметрами являются остаточная масличность жмыха, y_1, % и кислотное число масла, y_2, мг КОН/г.

Табл.3.5. Кодирование факторов

Факторы	Верхний уровень z_i^+	Нижний уровень z_i^-	Центр z_i^0	Интервал варьирования λ_i	Зависимость кодированной переменной от натуральной
z_1	6,5	7,5	7,0	0,5	$x_1 = \frac{z_1 - 7,0}{0,5}$
z_2	150	180	165	15	$x_2 = \frac{z_2 - 165}{15}$

Для сокращения числа опытов при заданной точности получаемых результатов, использовали композиционные (последовательные) планы. Композиционный план состоит из экспериментов ПФЭ 2^k ($k \leq 5$), к которым добавляют эксперимент в центре плана, расположенных на осях фиктивного пространства, координаты которых: (±1,0…,0), (0±1,0…,0), (0…,0,±1) [103,104,105,106,107, 108,109]. Общее количество опытов рассчитывается по формуле:

$$n=n_0+2k+N_0, \quad (3.11)$$

где n_0 – число опытов полного факторного эксперимента 2^k;

k – число факторов, k=2;

N_0- количество опытов в центре плана, N_0=1.

При двухфакторном эксперименте число проводимых опытов равно $n_0=2^2=4$.

Тогда по формуле (3.16) число опытов n=4+4+1=9.

Строим матрицу планирования экспериментов с учетом всех взаимодействий и средних значений отклика, которая приведена в табл.3.6.

Табл.3.6. Матрица планирования экспериментов

Номер опытов		x_0	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	**Средние значения отклика, y_1 (%)**	**Средние значения отклика, y_2 (мг КОН/г)**
1		1	-1	-1	1	12,60	1,37
2		1	-1	1	-1	11,90	1,58
3		1	1	-1	-1	11,70	1,73
4		1	1	1	1	10,70	2,25
5		1	0	0	0	10,70	1,38
6		1	0	1	0	12,20	2,00
7		1	0	-1	0	13,37	1,55
8		1	1	0	0	11,57	1,65
9		1	-1	0	0	11,40	1,42

Рассчитываем средние значения отклика в каждой точке факторного пространства $\bar{y}_i$:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} y_{ij}, \quad i = 1,2,\dots n \qquad (3.12)$$

где m=3 – число повторности опытов.

Результаты реализации плана приведены в табл.3.6.

Математическая модель, учитывающая эффект парного взаимодействия факторов, записывают в виде:

$$y= b_0+b_1x_1+b_2 x_2+ b_{12} x_1x_2+b_{11}x_1^2+b_{22}x_2^2 \quad (3.13)$$

Коэффициенты модели определяем по формулам [104]:

$$b_0 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \bar{y}_j,$$

$$b_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ji}\bar{y}_j, \;\; i = \overline{1,k},$$

$$b_{r,p} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x_{jr}, x_{jp}, \bar{y}_j, \quad r < p, \;\; r = \overline{1,k}, \; p = \overline{1,k} \quad (3.14)$$

Математическо-статистическую обработку данных осуществляли с помощью прикладной компьютерной программы *MS Excel* 2013.

Для остаточной масличности жмыха результаты расчетов коэффициентов, следующие:

b_0=11,76; b_1=-1,29; b_2=-0,54; b_{11}=-0,88; b_{22}=-0,5; b_{12}=-0,53.

Регрессионный анализ модели. Основная задача регрессионного анализа это - получение математической модели процесса, проверка адекватности полученной модели и оценка влияния каждого фактора на процесс.

Для проверки однородности дисперсий S_i^2 использованием критерий Кохрена и определим, являются ли измерения значений отклика во всех точках плана равноточными.

Вычислим расчетное значение критерия Кохрена согласно [105,106]:

$$G_p = \frac{(S_i^2)_{max}}{\sum_{i=1}^{n} S_i^2} = \frac{0{,}029}{0{,}131} = 0{,}22$$

где $\sum_{i=1}^{n} S_i^2$– сумма дисперсий результатов опытов;

$(S_i^2)_{max}$- наибольшая из дисперсий (расчеты значений приведены в приложении).

Дисперсией называется среднее значение квадрата отклонений величины от ее среднего значения [105,106].

Полученное значение G_p сравнивали с критическим значением $G_{кр}$ (при числе степеней свободы $f_1=m-1=2$, $f_2=n=9$ и задавшись уровнем значимости α=0,05 $G_{кр}$=0,48) [105,106].

Так как $G_p<G_{кр}$, значения отклика во всех точках плана являются равноточными.

Полученные коэффициенты уравнения регрессии необходимо проверить на значимость с помощью критерия Стьюдента: если абсолютная величина коэффициента больше доверительного интервала $|b_i|>\Delta$, то коэффициент значимый, если $|b_i|<\Delta$, то b_i незначим и его полагают равным нулю в математической модели [103,104,105,106].

Рассчитываем дисперсию воспроизводимости $S^2_{\text{вос}}$, которая характеризует ошибку всего эксперимента. В случае равномерного дублирования опытов (т.е. при одинаковом числе наблюдений в каждом эксперименте) для расчета используют формулу [103]:

$$S^2_{\text{вос}} = \frac{1}{n \cdot (m-1)} \sum_{j}^{n} \sum_{i}^{m} (y_{ji} - \bar{y}_j)^2 \qquad (3.15)$$

где y_{ji} – результат отдельного i-го наблюдения в j-ом эксперименте;

$\bar{y}_j$ – среднее выборочное значение наблюдений для j-ого эксперимента, которое определяется по формуле (3.15).

$$S^2_{\text{вос}} = 0{,}0656$$

(расчет приведен в приложении №1).

Доверительный интервал определяется [127; с.8, 129; с.9]:

$$\Delta = t_{кр.} \cdot S_{коэф.} \quad (3.16)$$

где $S_{коэф.}$- среднее квадратическое отклонение коэффициентов;

$t_{кр}$ – критическое значение t-критерия из таблиц распределения Стьюдента [106], при числе степеней свободы ($f=n\cdot(m-1)=30$) $t_{кр}$=2,04.

Среднее квадратическое отклонение коэффициентов $S_{коэф.}$ зависит от $S^2_{\text{вос}}$ - дисперсии воспроизводимости результатов по всем проведенным опытам и вычисляется по формуле [104]:

$$S_{\text{коэф.}} = \frac{S_{\text{вос}}}{\sqrt{n}} = 0{,}085 \quad (3.17)$$

Определяем значение доверительного интервала по формуле (3.16) $\Delta = 2{,}1 \cdot 0{,}085 = 0{,}179$

Сравнивая полученное значение Δ=0,179 с коэффициентами математической модели, получаем, что все коэффициенты больше по абсолютной величине. Значит, все коэффициенты значимы (расчеты приведены в приложении №1).

Тогда модель (3.13) выглядит следующим образом:

$$y_1 = 11{,}76 - 1{,}29x_1 - 0{,}54x_2 - 0{,}53x_1x_2 - 0{,}88x_1^2 - 0{,}53x_2^2 \quad (3.18)$$

Проведем интерпретацию (истолкование) результатов модели (3.18), которую можно производить только тогда, когда она записана в кодированных переменных. Только в этом случае на коэффициенты не влияет размер факторов, и мы можем по величине коэффициентов судить о степени влияния того или иного фактора на изменение выходного параметра [104]:

1. Коэффициент b_0, входящий в уравнение (3.18), показывает значение остаточной масличности жмыха y на основном уровне (т.е. в точке факторного пространства с координатами $x_1=x_2=\ldots=x_n=0$).

2. По абсолютному значению коэффициентов bj устанавливаем, в какой мере каждый из факторов влияет на выход процесса, а значит и параметр оптимизации. Для уравнения (3.18) $b_1>b_2$ следовательно $x_1>x_2$ (плотность лучистого потока сильнее влияет на процесс, чем продолжительность облучения).

3. О характере влияния фактора говорит и знак коэффициента. В нашем случае параметр оптимизации стремится к минимуму. Коэффициенты b_1 и b_2 имеют отрицательный знак, значит с увеличением значений факторов x_1 и x_2 уменьшится значение остаточной масличности жмыха, %.

4. Проверяем механизм действия факторов. Здесь рассмотрим эффекты взаимодействия факторов. В нашем случае значимым является коэффициент b_{12} при взаимодействиях факторов x_1 и x_2: b_1= -1,29; b_2=-0,54. Так как коэффициенты b_1, b_2 и b_{12} в уравнение (3.18) имеют одинаковые знаки, то здесь происходит усиление эффекта взаимодействия факторов. Можно предположить, что при взаимном влиянии, большее воздействие на процесс оказывает x_1, т.к. знаки при b_1 и b_{12} совпадают. Следовательно, для получения продукта с меньшой масличностью следует увеличивать плотность лучистого потока (x_1) и продолжительность облучения (x_2).

Так как коэффициенты b_1, b_2 и b_{12} имеют одинаковые знаки, в этом случае происходит синергизм влияния факторов x_1 и x_2, т.е. каждый из них при совместном воздействии влияет сильнее, чем по отдельности.

Произведем проверку адекватности полученной эмпирической математической модели используя критерий Фишера. Сперва вычисляем дисперсию адекватности (остаточную дисперсию) согласно [103]:

$$S^2_{\text{ад}} = \frac{m}{n-r}\sum_{i=1}^{n}(\tilde{y}_i - \bar{y}_i)^2 \qquad (3.19)$$

где r – число значимых коэффициентов в уравнении регрессии;

$\tilde{y}_i$ – значение изучаемого параметра, вычисленное по уравнению регрессии со значимыми коэффициентами для i-ого эксперимента;

$\bar{y}_i$ – среднее выборочное значение выхода процесса для i-ого эксперимента.

Расчетное значение критерия Фишера $F_{рас}$ вычисляется по формуле:

$$F_{\text{рас}} = \frac{S^2_{\text{ад}}}{S^2_{\text{воспр}}} = \frac{0{,}1866}{0{,}0656} = 2{,}84 \qquad (3.20)$$

Табличное значение критерия $F_{табл.}$ находят из таблиц критических точек распределения Фишера [106] по заданному уровню значимости α и по соответствующим степеням свободы $k_1=n-r$ и $k_2=n(m-1)$. Степень свободы k_1 соответствует степени свободы дисперсии адекватности $S^2_{\text{ад.}}$, а k_2 – степень свободы дисперсии воспроизводимости $S^2_{\text{воспр}}$.

При $k_1=4$; $k_2=18$; $\alpha=0{,}05$ табличное значение критерия равно $F_{табл}=3{,}0$.

Так как $F_{расч.}<F_{табл.}$, то полученная эмпирическая модель (3.18) адекватно, то есть модель соответствует реальному процессу.

Выписываем математическую модель в виде уравнения регрессии (3.18) в натуральных переменных, подставляя вместо x_i их выражения через z_i, которые рассчитываются по формулам, приведенным в табл.3.5. Проведя арифметические действия получим уравнение в натуральных значениях влияющих факторов:

$$Y_1=-238{,}35+46{,}60z_1+1{,}196z_2-0{,}070z_1z_2-2{,}68z_1^2-0{,}002z_2^2 \qquad (3.21)$$

Зависимость функции отклика от числа влияющих факторов можно изобразить дискретно или непрерывно, с помощью аксонометрических построений методологии поверхности отклика (*Response Surface Methodology).*

Используя платформу *MatLab* и модель (3.21), строим поверхность отклика [110], учитывающая зависимость остаточной масличности жмыха семян подсолнечника от влияющих факторов (рис.3.4).

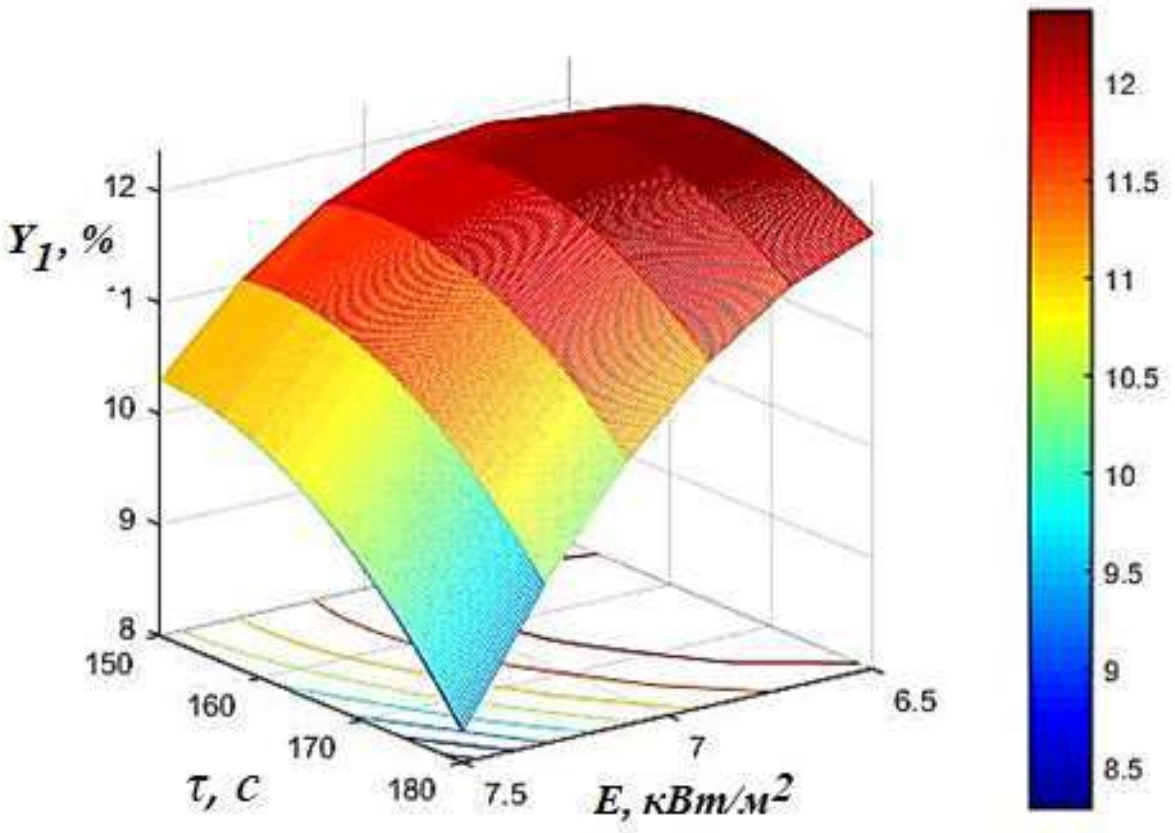


Рис.3.4. Зависимость остаточной масличности жмыха семян подсолнечника от плотности лучистого потока, *E* и продолжительности облучения, *τ*

Для кислотного числа масла результаты расчетов коэффициентов, следующие:

b_0=1,66; b_1=0,21; b_2=0,20; b_{11}=0,04; b_{22}=0,07; b_{12}=0,19.

Вычислим расчетное значение критерия Кохрена согласно [105,106]:

$$G_p = \frac{(S_i^2)_{max}}{\sum_{i=1}^{n} S_i^2} = \frac{1{,}014}{4{,}44} = 0{,}229$$

Так как $G_p<G_{кр}$, значения отклика во всех точках плана являются равноточными.

Полученные коэффициенты уравнения регрессии необходимо проверить на значимость с помощью критерия Стьюдента. Доверительного интервал равен Δ=0,095.

Согласно этому b_0=1,66; b_1=0,21; b_2=0,20; b_{12}=0,19 коэффициенты больше Δ, поэтому они значимые.

Тогда эмпирическая модель выглядит:

$$y_2= 1,66+0,21x_1+0,20x_2+0,19x_1x_2 \quad (3.22)$$

Произведем проверку адекватности полученной эмпирической математической модели используя критерий Фишера.

Расчетное значение критерия Фишера $F_{рас}$=1,1. При k_1=4; k_2=18; α=0,05 табличное значение критерия равно $F_{табл}$=2,9.

Так как $F_{расч.}<F_{табл.}$, то полученная эмпирическая модель (3.22) адекватно, то есть модель соответствует реальному процессу.

Выписываем математическую модель в виде уравнения регрессии (3.22) в натуральных переменных, подставляя вместо x_i их выражения через z_i,

$$Y_2=25,78-3,76z_1-0,164z_2+0,023z_1z_2 \quad (3.23)$$

Используя платформу *MatLab* и модель (3.23), строим поверхность отклика, учитывающая зависимость кислотного числа масла от влияющих факторов (рис.3.5).

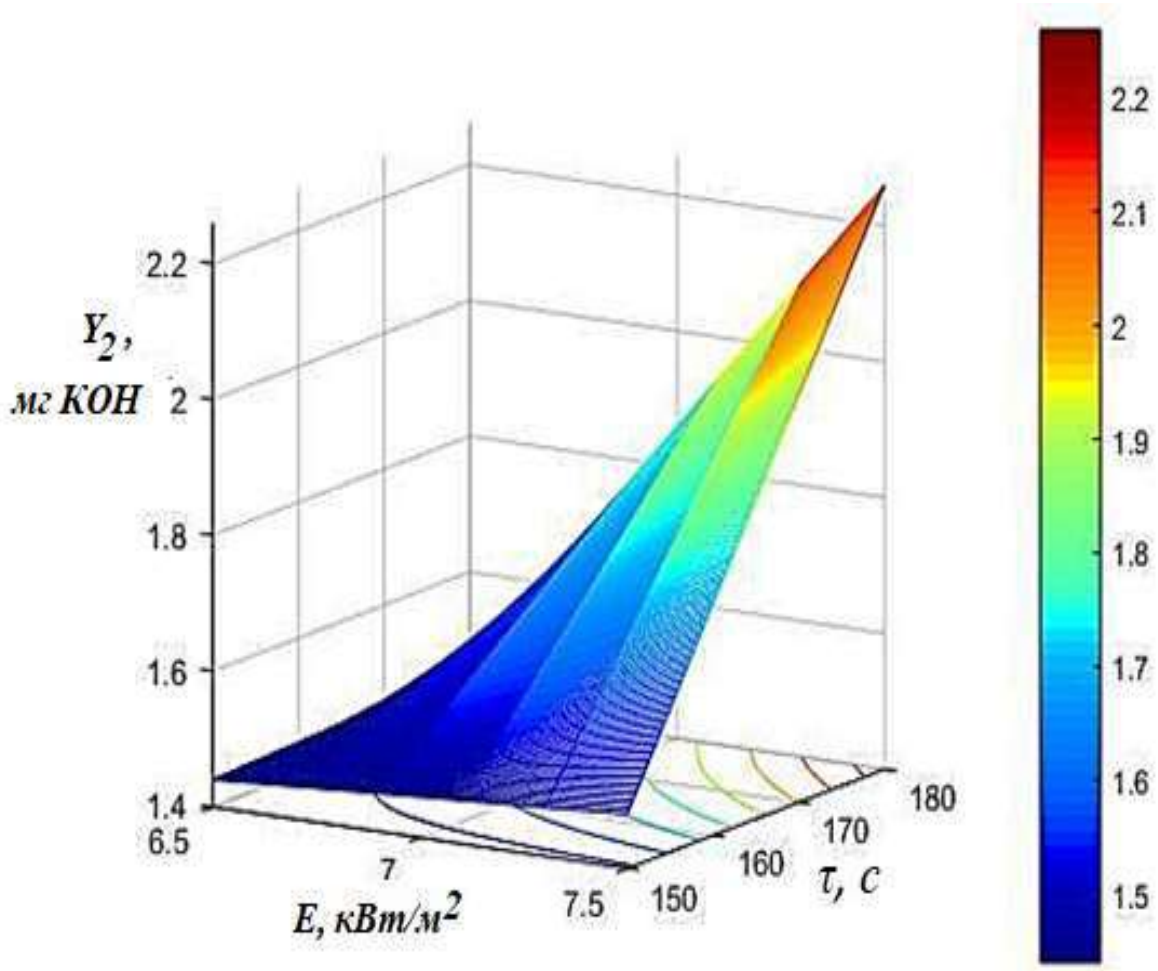


Рис.3.5. Зависимость кислотного числа масла от плотности лучистого потока, *E* и продолжительности облучения, *τ*

Анализируя графики, приведенные на рис.3.4 и рис.3.5 можно сделать заключение о том, что при плотности лучистого потока E=7,2 кВт/м² и продолжительности облучения τ=160 с остаточная масличность жмыха будет в пределах 9,5-10 %; а кислотное число получаемого масла – в пределах 1,5-1,6 мг КОН.

§3.4. Изучение изменения основных технологических параметров холодного отжима отдельных сортов подсолнечных семян на шнековом прессе

Целью данной работы является изучение технологических режимов прессования семян подсолнечника с последующим исследованием показателей, получаемых масла и жмыха.

Для проведения исследований использовали семена подсолнечника Душко. Перед прессованием мятку семян обработали в ИК-лучами плотность теплового потока E=7,2 кВт/м^2 и продолжительности облучения τ=160 с в режиме: +60-120+35-120+35-120+35-120+30

Для извлечения масла прессованием применялся лабораторный шнековый пресс *КК6-З* (рис.3.6). Для изменения частоты вращения шнека использовали частотный преобразователь. Изменение толщины выходной щели на выходе из пресса жмыха осуществляется коническим устройством на торце пресса.



Рис.3.6. Лабораторный шнековый пресс *КК6-З*

Маслосодержащие семена доставляются к загрузочной воронке. После запуска электродвигателя семена захватываются из загрузочной воронки шнеком, который в месте расположения перфорированной матрицы вдавливает семена в пресс-головку, что приводит к выдавливанию масла, которое стекает в желоб (на рис.3.6 не показан). Жмых сжимается и выходит в торце пресса через коническое устройство.

Изменяющимися входными факторами служили скорость вращения шнекового вала z_3, об/мин и толщина щели выходного отверстия z_4, мм.

Эти показатели во многом определяют значение давления прессования, которое влияет на выход и качество получаемого масла.

Скорость вращения шнекового вала выбрали z_3^-=30 об/мин и z_3^+=40 об/мин, а толщина щели выходного отверстия z_4^-=6 мм и z_4^+=10 мм.

Результаты кодирования факторов по формулам (3.8), (3.9) и (3.10) приведены в табл.3.7.

Табл.3.7. Кодирование факторов

Факторы	Верхний уровень z_i^+	Нижний уровень z_i^-	Центр z_i^0	Интервал варьирования λ_i	Зависимость кодированной переменной от натуральной
z_3	40	30	35	5	$x_3 = \frac{z_3 - 35}{5}$
z_4	10	6	8	2	$x_4 = \frac{z_4 - 8}{2}$

Функциями отклика являлись масличность жмыха, y_3, % и кислотное число масла, y_4, мг КОН/г.

Здесь также используем композиционное планирование экспериментов.

Строим матрицу планирования экспериментов с учетом всех взаимодействий и средних значений отклика, которая приведена в табл.3.8.

Табл.3.8. Матрица планирования экспериментов

Номер опытов	x_0	x_3	x_4	$x_3 \cdot x_4$	**Средние значения отклика, y_3 (%)**	**Средние значения отклика, y_4 (мг КОН/г)**
1	1	-1	-1	1	12,60	2,16
2	1	-1	1	-1	10,60	2,18
3	1	1	-1	-1	13,57	2,35
4	1	1	1	1	12,50	2,25
5	1	0	0	0	10,70	1,38
6	1	0	1	0	11,73	1,58
7	1	0	-1	0	12,37	2,00
8	1	1	0	0	11,57	1,95
9	1	-1	0	0	11,40	1,82

Для остаточной масличности жмыха результаты расчетов коэффициентов, следующие:

b_0=11,89; b_1=-2,02; b_2=0,7; b_{11}=1,23; b_{22}=-0,63; b_{12}=1,66.

Вычислим расчетное значение критерия Кохрена:

$$G_p = \frac{(S_i^2)_{max}}{\sum_{i=1}^{n} S_i^2} = \frac{0{,}1922}{0{,}5922} = 0{,}32$$

Полученное значение G_p сравнивали с критическим значением $G_{кр}$ (при числе степеней свободы $f_1=m-1=2$, $f_2=n=9$ и задавшись уровнем значимости α=0,05 $G_{кр}$=0,48) [104,106].

Так как $G_p<G_{кр}$, значения отклика во всех точках плана являются равноточными.

Проверим на значимость коэффициентов с помощью критерия Стьюдента. Так как доверительный интервал Δ=0,381, все коэффициенты больше по абсолютной величине. Значит, все коэффициенты значимы.

Тогда эмпирическая модель:

$$y_3 = 11{,}89 - 2{,}02x_3 + 0{,}70x_4 + 1{,}66x_3x_4 + 1{,}23x_3^2 - 0{,}63x_4^2 \quad (3.24)$$

Адекватность проверили по критерию Фишера.

Выписываем математическую модель в виде уравнения регрессии (3.24) в натуральных переменных, подставляя вместо x_i их выражения через z_i, которые рассчитываются по формулам, приведенным в табл.3.7. Проведя арифметические действия получим уравнение в натуральных значениях влияющих факторов:

$$Y_3 = 119{,}9 - 5{,}17z_3 - 2{,}94z_4 + 0{,}166z_3z_4 + 0{,}049z_3^2 - 0{,}157z_4^2 \quad (3.25)$$

Используя платформу *MatLab* и модель (3.25), строим поверхность отклика, учитывающая зависимость остаточной масличности жмыха семян подсолнечника от влияющих факторов (рис.3.7).

Для кислотного числа масла результаты расчетов коэффициентов, следующие:

b_0=1,97; b_1=0,28; b_2=-0,34; b_{11}=0,11; b_{22}=0,096; b_{12}=-0,4.

Вычисляем расчетное значение критерия Кохрена согласно [104]:

$$G_p = \frac{(S_i^2)_{max}}{\sum_{i=1}^{n} S_i^2} = \frac{0{,}02}{0{,}0653} = 0{,}31$$

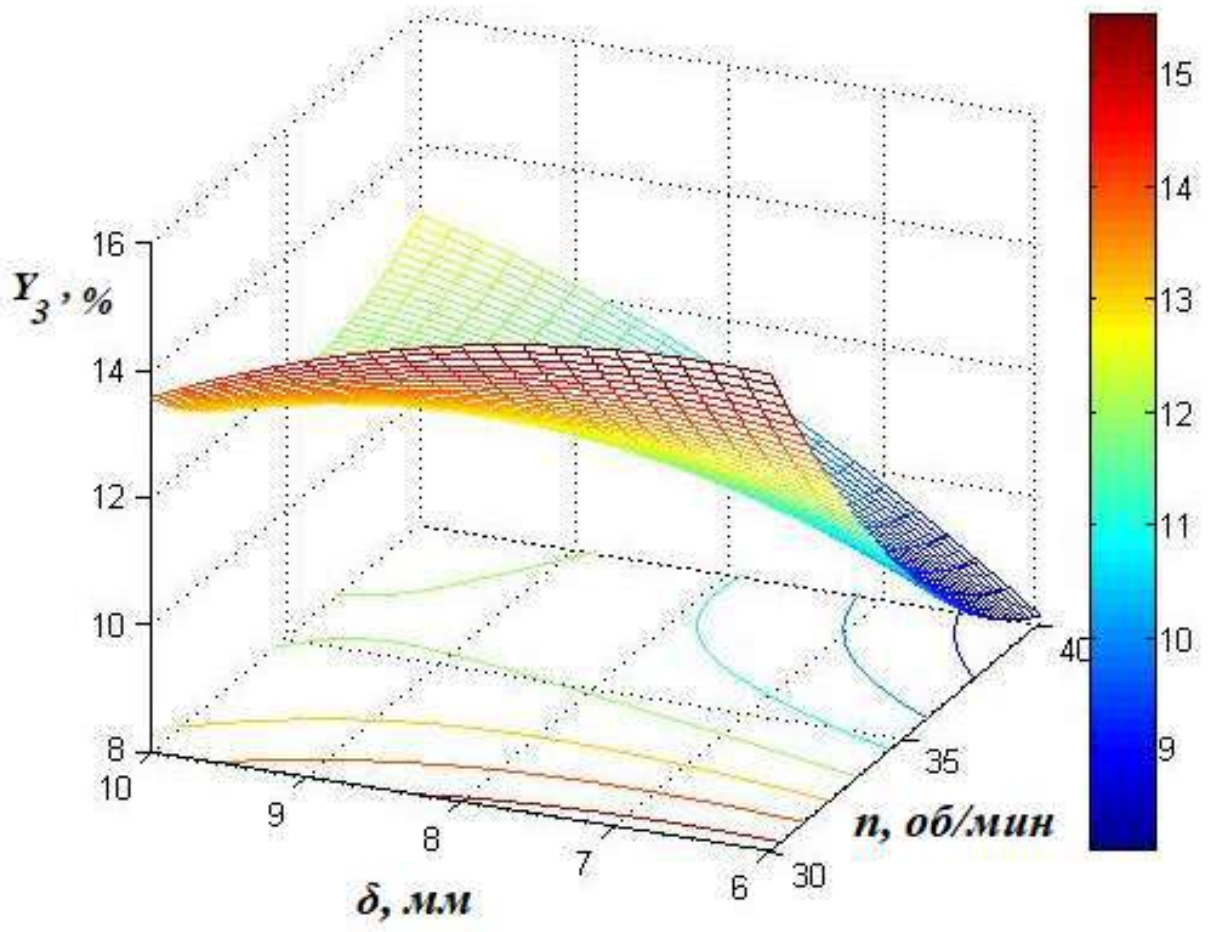


Рис.3.7. Зависимость остаточной масличности жмыха семян подсолнечника от влияющих факторов: частоты вращения вала, *n* и толщины щели выходного отверстия, *δ*

Полученное значение G_p сравнивали с критическим значением $G_{кр}$ (при числе степеней свободы $f_1=m-1=2$, $f_2=n=9$ и задавшись уровнем значимости α=0,05 $G_{кр}$=0,48) [104].

Так как $G_p<G_{кр}$, значения отклика во всех точках плана являются равноточными.

Полученные коэффициенты уравнения регрессии необходимо проверить на значимость с помощью критерия Стьюдента. Доверительного интервал равен Δ=0,126.

Согласно этому b_0=1,97; b_1=0,28; b_2=-0,34; b_{12}=-0,4 коэффициенты больше Δ, поэтому они значимые.

Тогда эмпирическая модель выглядит:

$$y_4 = 1{,}97 + 0{,}28x_3 - 0{,}34x_4 - 0{,}4x_3x_4 \quad (3.26)$$

Адекватность проверили по критерию Фишера.

Выписываем математическую модель в виде уравнения регрессии (3.26) в натуральных переменных, подставляя вместо x_i их выражения через z_i, которые рассчитываются по формулам, приведенным в табл.3.7. Проведя арифметические действия получим уравнение в натуральных значениях влияющих факторов:

$$Y_4 = -9{,}83 + 0{,}376z_3 + 1{,}23z_4 - 0{,}04z_3z_4 \quad (3.27)$$

Используя платформу *MatLab* и модель (3.27), строим поверхность отклика, учитывающая зависимость кислотного числа получаемого масла от влияющих факторов (рис.3.8).

Анализируя графики, приведенные на рис.3.7 и рис3.8 можно сделать заключение о том, что при частоты вращения вала, n=35 об/мин и толщины щели выходного отверстия δ=7,5 мм, остаточная масличность жмыха будет в пределах 10-10,5 %; а кислотное число получаемого масла – в пределах 1,65-1,7 мг КОН.

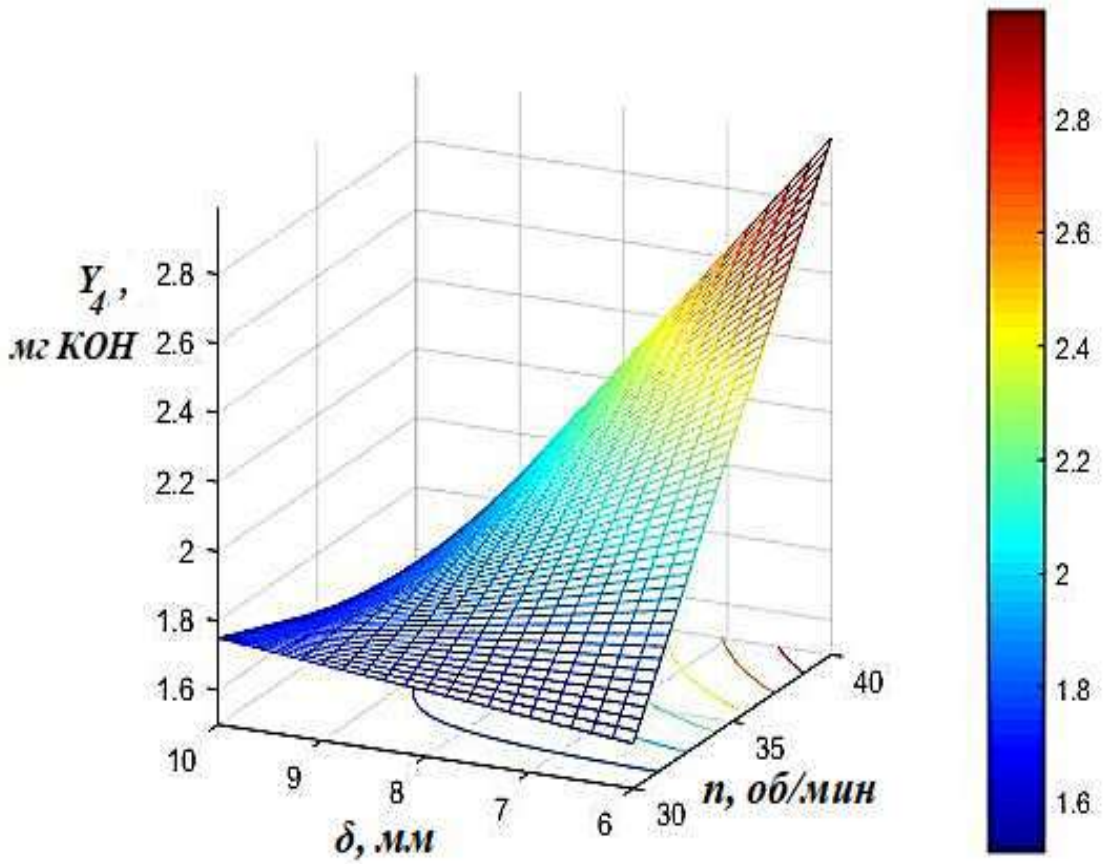


Рис.3.8. Зависимость кислотного числа масла от влияющих факторов: частоты вращения вала, *n* и толщины щели выходного отверстия, *δ*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определенные в работе физико-механические свойства семян различных сортов и гибридов подсолнечника, рекомендованных к посеву на территории Республики Узбекистан Центром тестирования сортов сельскохозяйственных культур, могут быть использованы на практике, а именно: при разработке и расчете оборудования технологического оборудования очистки, сушки и шелушении семян на масложировых предприятиях. Показатели масличности и лузжистости семян необходимы для расчетов технико-экономических показателей масложировых предприятий. Данные по прочностным характеристикам могут быть учтены при расчете процессов шелушения и дробления семян на предприятиях масложировой отрасли. Площадь поверхности семени способствуют более точному определению физико-механических свойств семян масличных культур.

На основании этих характеристик (особенно по показателям масличности и содержания протеина в семенах) отобраны 3 сорта и гибрида для дальнейших исследований: Дилбар, Осиё и Душко, масличность семян которых варьируется от 47 до 52 %, содержание белка – от 19,5 до 23,2 % СВ.

Проведены экспериментальные исследования процесса термообработки мятки семян подсолнечника перед прессованием.

В результате исследований доказано положительное влияние прерывистой инфракрасной термообработки мятки семян подсолнечника при подготовке к прессованию, при которой температура материала не превышает 60^0С, определены рациональные значения факторов, влияющих на процесс термообработки, а именно: плотность лучистого потока 7,2 кВт/м^2; время облучения 160 с. При этом масличность жмыха будет в пределах 9,5-10 %; а кислотное число получаемого масла – в пределах 1,5-1,6 мг КОН.

Проведены исследования по изучению влияния изменения основных технологических параметров холодного отжима на шнековом прессе (частоты вращения вала шнека n и толщины выходной щели жмыха δ) на выход и качественные показатели масла. По результатам экспериментов определены рациональные значения этих параметров: n = 35 об/мин; δ = 7,5 мм, при которых остаточная масличность жмыха составляет 10-10,5 %, а кислотное число получаемого масла будет на уровне 1,65-1,7 мг КОН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Ассоциации «O`zyog`moysanoat» URL https://yogmoy.uz/ru/post/view?slug=613-trillion-sum-mikdorida-eg-moj-masulotlari-islab-cikarildi
2. Étienne Pilorgé. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives // The OCL Journal. 2020. Vol.27,#34. doi:10.1051/ocl/2020028
3. Гусева Д. А., et al. Антиоксидантная активность растительных масел с разным соотношением омега-6/омега-3 жирных кислот. // Биомедицинская химия, 56.3 (2010): 342-350.
4. Ипатовав Л.Г. Жировыев продукты для здорового питания. Современный взгляд/ Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, В.А. Тутельян. - М.: ДеЛипринт.- 2009. - 396 с.
5. Подсолнечник. [научные труды ВАСХНИЛ] Под ред. акад. Пустовойт В. С. - М.: Колос, 1975 г.
6. Пищевая химия. Белки масличных культур URL. https://moodle.kstu.ru/mod/book/view.php?id=76432&chapterid=17156&lang=de
7. Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: КолосС, 2012-392 с.
8. Промышленность и АПК. Обзор рынка масличных культур и растительных масел 2017-2021 гг. с.3. URL.https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep_agroprom/chuvstvit-tovar2017-2021.pdf
9. МАСЛИЧНЫЕ, АПК ЗА РУБЕЖОМ. электронный ресурс ФГБУ «Центр Агроаналитики», 2023. URL https://specagro.ru/news/202305/mirovoe-proizvodstvo-maslichnykh-kultur-v-sezone-202324-vyrastet-na-7-usda /

10. Oilword.ru. Мировое производство масличных культур. URL https://www.oilworld.ru/analytics/forecast/344176
11. Мировой рынок масличных культур. URL https://glavagronom.ru/articles/mirovoy-rynok-maslichnyh-kultur
12. Материал из Википедии. URL https://ru.wikipedia.org/wiki/подсолнечное_масло
13. Использование семян подсолнечника. Электронный ресурс Nuseed Russian. URL https://nuseed.com/ru/использование-семян-подсолнечника
14. Электронный ресурс oilworld. Ru/ Oilseeds: World Markets and Trade. URL https://www.oilworld.ru/analytics/worldmarket/331655
15. Прогнозы по сырьевым товарам на 2023/24 год. Подсолнечник URL. https://www.oilworld.ru/analytics/forecast/339401
16. Мировое производство подсолнечника по странам. Электронный ресурс 2018-2020 AtlasBig.com URL. https://www.atlasbig.com/ru/страны-по-производству-подсолнечника
17. Электронный ресурс oilworld.ru. Oilseeds: World Markets and Trade Мировые балансы. URL https://www.oilworld.ru/balance/1682888400-877785-877997-877567.html
18. Мировые рынки. Прогнозы. URL https://www.oilworld.ru/news/342625
19. Топ-10 производителей подсолнечного масла в мире Электронный ресурс ElDala Media 2020. URL. https://eldala.kz/rating/12333-top-10-proizvoditeley-podsolnechnogo-masla-v-mire /
20. Масличные культуры. URL. https://ppt-online.org/393812
21. Ботаническая характеристика подсолнечника. AgroFlora.ru URL: https://agroflora.ru/botanicheskaya-xarakteristika-podsolnechnika
22. D. Khan and M. Javed Zaki. Morphological characteristics of seedlings of sunflower (helianthus annuus var. us 666) // International journal of biology and biotechnology, 2020. 17 (3): 607-638.

23. E.E. Perez, G.H. Crapiste , A.A. Carelli. Some Physical and Morphological Properties of Wild Sunflower Seeds // Biosystems Engineering. Volume 96, Issue 1, 2007, P. 41-45.
24. Sunflower. Morphology And Growth. Ikisan. URL. https://www.ikisan.com/ap-sunflower-morphology.html
25. Зооинженерный факультет МСХА URL. https://www.activestudy.info/morfologicheskie-i-biologicheskie-osobennosti-podsolnechnika/
26. Подсолнечник. URL. https://hleb-produkt.ru/biohimiya-zerna/1068-podsolnechnik.html
27. Подсолнечник. URL. https://agro-archive.ru/maslichnye-kultury/2227-podsolnechnik.html
28. Ботанические характеристики подсолнечника. AgroFlora.ru. URL. https://agroflora.ru/botanicheskaya-xarakteristika-podsolnechnika
29. https://studbooks.net/831707/agropromyshlennost/morfologicheskie_biologicheskie_osobennosti_hozyaystvennoe_ispolzovanie_podsolnechnika_semena
30. Скурихин И.М. и др. Химический состав пищевых продуктов. URL. https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/282.php
31. Robertson, J.A., Thomas, J.K. and Burdick, D. Chemical composition of the seed of sunflower hybrids and open pollinated varieties. Journal of Food Science, 1971. 36: 873-876. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1971.tb15549.x
32. Cancalon, P. (1971), Chemical composition of sunflower seed hulls. J Am Oil Chem Soc, 48: 629. https://doi.org/10.1007/BF02544577
33. Липиды. Общие сведения. Большая российская энциклопедия. URL. https://bigenc.ru/c/lipidy-b51ffa
34. Технология отрасли (Производство растительных масел) : учебник / Л. А. Мхитарьянц, Е. П. Корнена, Е. В. Мартовщук, С. К. Мустафаев; под общей ред. Е. П. Корненой -СПб.: ГИОРД, 2009. -352 с.

35. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. -М.: Колос.-1992.-207 с.
36. Техника и технологии производства и переработки растительных масел / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцова, В.П. Таров. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.
37. О`Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и применение / Р.О`Брайен. пер. с англ. -СПб.: Профессия, 2007.-752 с.
38. Vegetable Oils in Food Technology. Composition, Properties and Uses. Series Editor: R.J. Hamilton. // Oxford: Bleckwell Publishing. 2002-352 p.
39. Green Vegetable Oil Processing. Электронная книга. URL. https://ru.everand.com/book/282669726/Green-Vegetable-Oil-Processing-Revsied-First-Edition
40. Gafurov K.Kh. Change of physiological and biochemical properties of plant raw materials during thermal preparation before extraction. The American Journal of Engineering and Technology, Volume 02 Issue 11-2020 – p.197-205.
41. Mustafa, Arif & Chouinard, Yvan & Ouellet, D. & Soita, Henry. Effects of moist heat treatment on ruminal nutrient degradability of sunflower seed. Journal of the Science of Food and Agriculture. (2003) 83. 1059 - 1064.
42. Yukiko Mizutani, Masayuki Shibata, Saeko Yamada, Yuko Nambu, Motohiko Hirotsuka, Yasuki Matsumura, Effects of heat treatment under low moisture conditions on the protein and oil in soybean seeds, Food Chemistry, Volume 275, 2019, P. 577-584. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.139
43. Влаготепловая обработка мятки. URL. https://ozlib.com/924777/tovarovedenie/vlagoteplovaya_obrabotka_myatki
44. Круглов С.В. Совершенствование технологии получения и переработки подсолнечного масла // Автореферат дисс.канд.наук.

Москва, 2004. https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-tekhnologii-polucheniya-i-pererabotki-podsolnechnogo-masla

45. Патент РФ № 1161540 Б.И, № 22, 1985 г.
46. Мустафаев С.К., Калиенко Е.А., Сонина Д.В., Ефименко С.Г. Влияние условий прессования семян льна на выход и качество масла // Научный журнал КубГАУ, №100(06), 2014 г. URL. http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/103.pdf
47. Клейменова Н.Л. Исследование функционального состава подсолнечного масла, полученного методом холодного прессования // Ползуновский вестник. 2020. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-funktsionalnogo-sostava-podsolnechnogo-masla-poluchennogo-metodom-holodnogo-pressovaniya
48. Технология производства растительного масла. URL. https://oratorprofi.ru/raznoe/texnologiya-proizvodstva-rastitelnogo-masla-stranica-ne-najdena-maslopresszavod.html
49. Мустафаев С.К., Калиенко Е.А., Сонина Д.В., Ефименко С.Г. Влияние условий прессования семян льна на выход и качество масла // Научный журнал КубГАУ. 2014. №100. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-usloviy-pressovaniya-semyan-lna-na-vyhod-i-kachestvo-masla
50. Инфракрасный нагрев в пищевой промышленности. URL https://polymernagrev.ru/nagrev-v-proizvodstve/infrakrasnyy-nagrev-v-pishchevoy-promyshlennosti/
51. Рогов Н.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1988.-272 с.
52. Гинзбург А. С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. - М., «Пищевая промышленность», 1966. 407 с.
53. Лисовенко А. Т., Михелев А. А. Исследование проникновения инфракрасных лучей в некоторые капиллярно-пористые тела. - В сб.: «Пищевая промышленность», М: ЦИНТИпищепром, 1962, №3, с.3-6.

54. Ильясов С.Г., Красников В.В. Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность. 1978. -358 с.
55. Кирдяшкин В.В., Андреева А.А., & Елисеева Ю. Е. Повышение посевных качеств семян маша инфракрасным излучением. // Health, Food & Biotechnology, (2019). 1(2). https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s209
56. Бандура В., Цуркан О., Паламарчук В. Экспериментальное исследование технологических параметров процесса инфракрасной сушки движущегося шара сырья масличных культур. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2015. Vol.17. No.9. 211-214.
57. Демидов А.С., Вороненко Б.А., Демидов С.Ф. Сушка семян подсолнечника инфракрасным излучением // Новые технологии. 2011. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sushka-semyan-podsolnechnika-infrakrasnym-izlucheniem
58. Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Демидов А.С., Бакк О.А. Исследование процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда инфракрасным излучением // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protsessa-sushki-semyan-podsolnechnika-semennogo-fonda-infrakrasnym-izlucheniem
59. Базарбаева Д.Ш., Сафаров А.Ф. Статистическая математическая модель процесса сушки хлопковых семян // Тезисы докладов к Всесоюзному семинару «Математическое моделирование и оптимизация процессов масло-жировой промышленности».-М.:1983.-с.50-52.
60. Байбаков Н.М., Шушпанов П.И. Опыты по термической обработке кунжута с применением инфракрасного излучения и потоков воздуха

// Опыты применения новых физических методов обработки пищевых продуктов, ГОСИНТИ, 1960.

61. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. - М.: Пищевая пром-ть, 1976.-247 с.
62. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. - Москва: Агропромиздат, 1985. -336 с.
63. M. Krajewska, B. Ślaska-Grzywna and D. Andrejko. Effect of infrared thermal pre-treatment of sesame seeds (sesamum indicum l.) on oil yield and quality. // Ital. J. Food Sci., vol. 30, 2018. P.487-496
64. Zizhe Cai, Keyao Li, Wan Jun Lee, Martin T J Reaney, Ning Zhang, Yong Wang, Recent progress in the thermal treatment of oilseeds and oil oxidative stability: A review // Fundamental Research, Volume 1, Issue 6, 2021, P. 767-784. https://doi.org/10.1016/j.fmre.2021.06.022
65. Ruipeng Fu, Zheng Xiao and Hua Wang. Effects of infrared radiation combined with heating on grape seeds and oil quality. Food Science and Technology International. Volume 25, Issue 2. P. 160-170. https://doi.org/10.1177/1082013218808902
66. Oladiran Fasina, Bob Tyler, Mark Pickard, Guo-Hua Zheng. Effect of infrared heating on the properties of legume seeds. International Journal of Food Science & Technology. 2008.36(1):79 – 90.
67. Renato D. Gili, Pablo D. Ribotta, Pablo M. Palavecino. Wheat germ stabilization by infrared radiation. p// J Food Sci Technol (January 2017) 54(1):71–81
68. Ўзбекистон республикаси ҳудудида экиш учун тавсия этилган қишлоқ хўжалиги экинлари давлат реестри. Қишлоқ хўжалиги экинлари навларини синаш марказининг расмий хужжати.- Тошкент, 2022 й.-108 б.
69. https://agrosputnik.ru/media/files/b9eab051-15ce-4454-a523-df8cc83c4323.pdf

70. Министерство сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан. Государственная комиссия по испытанию сортов сельскохозяйственных культур. Характеристика сортов и гибридов, внесенных в Государственный реестр сельскохозяйственных культур, рекомендованных к посадке на территории Республики Узбекистан в 2007-2017 годах.
URL. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.agro.uz/wp-content/uploads/2023/01/barcha-tavsif.pdf
71. Семена подсолнечника Душко. URL. https://posivna.com.ua/semena-podsolnechnika/dushko-ns-h-6054 URL. https://posivna.com.ua/semena-podsolnechnika/dushko-ns-h-6054
72. Семена подсолнечника Ромео. URL. https://agroexp.com.ua/podsolnechnik-romeo-gibrid-semena-opisanie
73. Межгосударственный стандарт. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. ГОСТ 10842 -89.
74. Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна.-М.: Агропромиздат, 1987, - 215 с. (с.66-67)
75. Межгосударственный стандарт. Семена масличные. Методы определения лузжистости. ГОСТ 10855-64.
76. Семена масличные. Методы определения масличности. O′z DSt 2438:2012.
77. Масла растительные. Производство. Термины и определения. ГОСТ 21314-2020. // URL. https://meganorm.ru/Data/732/73235.pdf
78. Щербаков В.Г., Иваницкий С.Б., Лобанов В.Г. Лабораторный практикум по биохимии и товароведению масличного сырья. – М.: Колос, 1999. – 128 с.

79. Определение жира по методу Сокслета. Лабреактив. URL https://vc.ru/s/1278258-labreaktiv/531634-opredelenie-zhira-po-metodu-soksleta
80. ГОСТ ISO 734-1-2016 Жмыхи и шроты. Определение содержания сырого жира. URL. http://docs.cntd.ru/document/1200138648
81. Межгосударственный стандарт. Семена масличные. Метод определения влажности. Oil seeds. Method for determination of moisture content. ГОСТ 10856-96. URL. http://docs.cntd.ru/document/gost-10856-96
82. Определение белка методом Кьельдаля. URL. https://apk.hlr.ua/ru/obektyi-isledovaniya/muka/pokazateli-kachestva/belok/opredelenie-belka-metodom-keldalya/
83. O`zDSt 1203-2015. Масла растительные. Методы определения кислотного числа.
84. Monnaie, Didier, Lonza Peptide, Braine. Fast and Effective Chemical Synthesis and Optimization Supported by Design of Experiments (DoE), webinar METTLER TOLEDO, 2017.
85. Georgakis, C. Design of Dynamic Experiments: A Data-Driven Methodology for the Optimization of Time-Varying Processes. Industrial & Engineering Chemistry Research (2013) 52: pp.12369–12382.
86. P. M. Murray et al., The application of design of experiments (DoE) reaction optimization and solvent selection in the development of new synthetic chemistry, Org. Biomol. Chem., 2016, 14, Pages, 2373–2384.
87. Design of Experiments (DoE) and Process Optimization. A Review of Recent Publications. Org. Process Res. Dev., 2015, 19 (11), pp. 1605–1633.
88. Моделирование экспериментов. Статистический подход к оптимизации реакций. URL https://www.mt.com/ru/ru/home/applications/L1_AutoChem_Applications/L2_ReactionAnalysis/design-of-experiments-doe.html

89. Response surface methodology. URL. https://ru.qwe.wiki/wiki/Response_surface_methodology
90. Математическое планирование экспериментов. URL. https://www.sunspire.ru/articles/part32/
91. Общая фармакопейная статья. Насыпная плотность и плотность после уплотнения.
92. Ревенко В.Р., Фролов С.С., Рахуба И.А., Демурин Я.Н. Моделирование объемных параметров семянок подсолнечника Масличные культуры. Вып. 1 (189), 2022.- С.16-22.
93. Tarek Fouda, Abeer Abdelsalam, Atef Swilam, Mohamed El Didamony. Determination of physical properties of some seeds // Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. Vol. 22, Issue 3, 2022-p.223-238.
94. Gafurov K.Kh., Safarova D.N. Development of technology for oil extraction from local sunflower seeds at moderate temperature // International journal Global Scientific Review. Volume 8, 2022. -P.33-37.
95. Википедия. URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Доверительный_интервал
96. Toolbox. URL. https://toolbox.eupati.eu/glossary/Доверительный_интервал/?lang=ru
97. ESS. URL. https://essonline.uz/cifrovoj-multimetr-uni-t-ut-39a--193
98. Расчёт радиационных сушилок. Сайт Prosushka.ru. URL. https://www.prosushka.ru/164-raschet-radiacionnyx-sushilok.html
99. Оборудование для сушки пищевых продуктов. О.В. Чагин, Н.Р. Кокина, В.В. Пастин : Иван. хим. - технол. ун-т.:Иваново. 2007. 138 с. 91 с.
100. Гафуров К.Х., Сафаров О.Ф. Расчет воздействия излучения на отдельные ядра плодовых косточек в условиях инфракрасного облучения // Химия и химическая технология, 2008, № 4.-С.59-61.

101. Ситовой анализ. URL. http://www.spec-kniga.ru/obuchenie/tekhnika-laboratornyh-rabot/tekhnika-laboratornyh-rabot-sitovoj-analiz.html
102. Перерабока семян подсолнечника. URL. isp-p.ru http://www.oilbranch.com/publ/view/199.html
103. Соколовская И.Ю. Полный факторный эксперимент – Новосибирск: НГАВТ, 2010. – 36 с.
104. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. / Н. М. Дерканосова, А. А. Журавлев, И. А. Сорокина; Воронеж. гос. технол. акад. - Воронеж : ВГТА, 2011. - 196 с.
105. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Шайхутдинов Д.В. Планирование эксперимента в научных исследованиях. Новочеркасск: Колорит.- 2015.- 46 с.
106. Грачев Ю. П., Плаксин Ю. М. Математические методы планирования эксперимента. - М.: ДеЛи принт, 2005. -296 с.
107. Использование метода композиционного планирования эксперимента для описания технологических процессов: метод. указания / сост. А.Н.Гайдадин, С.А.Ефремова; ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 16 с.
108. B. K. Sinha et al., Optimal Mixture Experiments, Lecture Notes in Statistics 1028,203©Springer India 2014
109. Bailey, R. Factorial treatment structure. In Design of Comparative Experiments (Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics), Cambridge: Cambridge University Press. (2008). pp. 75-104. doi:10.1017/CBO9780511611483.006
110. Response surface methodology. URL. https://ru.qwe.wiki/wiki/Response_surface_methodology
111. Турсунова Н.Н. Биотехнологический потенциал и пищевая безопасность семян масличных сортов подсолнечника в Узбекистане // Universum: техническиенанауки :вэлектрон. нанаучн. журн. 2022. 7(100). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14083 .

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Математическая обработка результатов экспериментов по остаточной масличности жмыха

k=	2	y1=	y2=	y3=	x1* $\bar{y}_j$	x2* $\bar{y}_j$	x1	$(y_{j1}-\bar{y}_j)^2$	$(y_{j2}-\bar{y}_j)^2$	S_j^2
N0=	4							0,0100	0,0000	0,0100
n0=	1	12,5	12,6	12,7	-12,60	-12,6		0,0100	0,0000	0,0100
N=	9	11,8	11,9	12,0	-11,9	11,9		0,0100	0,0100	0,0200
alfa=	1	11,6	11,8	11,7	11,7	-11,7		0,0100	0,0100	0,0200
		10,8	10,6	10,7	10,70	10,7		0,0100	0,0000	0,0100
		10,6	10,7	10,8	0	0		0,0100	0,0000	0,0100
		12,3	12,2	12,1	0	12,2		0,0278	0,0011	0,0289
		13,2	13,4	13,5	0	-13,4		0,0011	0,0011	0,0022
		11,6	11,5	11,6	11,57	0		0,0100	0,0100	0,0200
		11,5	11,4	11,3	-11,4	0				**0,1311**

	b1		-0,31852	b2		b11
b1=	-1,29	-0,21481	b2=	-0,54	b11=	-0,89
	b22					b12
b22=	-0,53		b33=	0	b12=	-0,5333
b23=	0,00		b0=	11,79	b123=	0
$S^2_{\{y\}}=$	0,0656	$S_{коэф.}=$		0,085346064		
alfa=	0,05			2,1	$f=n\cdot(m-1)$	18
	tkr*Skoef=		0,179			

Значимые коэффициенти

b1=	-1,29	b2=	-0,54	b11=	-0,88889
b22=	-0,53	b33=	0	b12=	-0,53
b23=	0,00	b0=	11,79	b123=	0,00
		yit-yi		(yit-yi)^2	
y1t=	12,62	0,02		0,000252326	
y2t=	12,60	0,70		0,489424038	
y3t=	11,10	-0,60		0,354294393	
y4t=	8,96	-1,74		3,044522346	
y5t=	12,74	2,04		4,161935809	
y6t=	11,67	-0,53		0,284883571	
y7t=	12,75	-0,62		0,381242724	
y8t=	10,56	-1,00		1,008743308	
y9t=	13,14	1,74		3,027886427	
				12,75318494	

$S^2_{ост.}$	0,1866				
$F_{расч.}$	2,85			$F_{таб.}$	3,00
alfa=	0,05	к1	4	n-r	
		к2	18	n(m-1)	

Адекват

Приложение 2.

Математическая обработка результатов экспериментов по кислотному числу масла

k=	2	y1=	y2=	y3=	x1* $\bar{y}_j$	x2* $\bar{y}_j$	$(y_{j1}-\bar{y}_j)^2$	$(y_{j2}-\bar{y}_j)^2$	S_j^2
N0=	4						0,0011	0,0044	0,0056
n0=	1	1,4	1,3	1,4	-1,37	-1,4	0,0003	0,0011	0,0014
N=	9	1,6	1,55	1,6	-1,58333	1,583333	0,0044	0,0011	0,0056
alfa=	1	1,8	1,7	1,7	1,733333	-1,73333	0,0000	0,0025	0,0025
		2,25	2,2	2,3	2,25	2,3	0,0003	0,0011	0,0014
		1,4	1,35	1,4	0	0	0,0100	0,0000	0,0100
		2,1	2	1,9	0	2	0,0025	0,0025	0,0050
		1,5	1,6	1,55	0	-1,6	0,0025	0,0025	0,0050
		1,7	1,65	1,6	1,65	0	0,0003	0,0003	0,0006
		1,4	1,45	1,4	-1,41667	0			**0,0369**

	b1		0,131481	b2		b11	
b1=	0,21	0,140740741	b2=	0,20	b11=	0,04	0,004938272
	b22					b12	
b22=	0,070		b33=	0	b12=	0,1875	0,033333333
b23=	0,00		b0=	1,66	b123=	0	
$S^2_{\{y\}}=$	0,018	$S_{коэф.}=$		0,045			
alfa=	0,05			2,1	$f=n\cdot(m-1)$	18	
		tkr*Skoef=	0,095				

Значимые коэффициенти

b1=	0,21	b2=	0,20	b11=	0
b22=	0,00	b33=	0	b12=	0,19
b23=	0,00	b0=	1,66	b123=	0,00

		yit-yi	(yit-yi)^2
y1t=	1,44	0,07	0,005149391
y2t=	1,46	-0,13	0,015740955
y3t=	1,49	-0,25	0,061347951
y4t=	2,26	0,01	2,59345E-05
y5t=	1,66	0,28	0,076135117
y6t=	1,86	-0,14	0,020597565
y7t=	1,46	-0,09	0,007737483
y8t=	1,87	0,22	0,0485631
y9t=	1,45	0,03	0,000991084
			0,23628858

$S^2_{ост.}$ 0,0203

$F_{расч.}$ 1,10 $F_{таб.}$ 2,90

alfa=	0,05	к1	6	n-r
		к2	18	n(m-1)

Адекват

Значения критери

Число степеней свободы f	0,2
1	3,0
2	1,8
3	1,6
4	1,5
5	1,4
6	1,4
7	1,4
8	1,4
9	1,3
10	1,3
11	1,3
12	1,3
13	1,3
14	1,3
15	1,3
16	1,3
17	1,3
18	1,3
19	1,3
20	1,3

Приложение 3.

Математическая обработка результатов экспериментов по остаточной масличности жмыха при шнековом прессовании

k=	2	y1=	y2=	y3=	x1* $\bar{y}_j$	x2* $\bar{y}_j$	x12*	$(y_{j1}-\bar{y}_j)^2$	$(y_{j2}-\bar{y}_j)^2$	S_j^2
N0=	4							0,0100	0,0000	0,0100
n0=	1	12,5	12,6	12,7	-12,60	-12,6		0,0900	0,0100	0,1000
N=	9	10,3	10,5	11,0	-10,6	10,6		0,0044	0,1344	0,1389
alfa=	1	13,5	13,2	14	13,57	-13,57		0,0000	0,0900	0,0900
		12,5	12,2	12,8	12,50	12,5		0,0100	0,0000	0,0100
		10,6	10,7	10,8	0	0		0,1878	0,0044	0,1922
		11,3	11,8	12,1	0	11,73333		0,0278	0,0011	0,0289
		12,2	12,4	12,5	0	-12,4		0,0011	0,0011	0,0022
		11,6	11,5	11,6	11,57	0		0,0100	0,0100	0,0200
		11,5	11,4	11,3	-11,4	0				**0,5922**

	b1		-0,41	b2		b11	
b1=	-2,02	0,337	b2=	0,70	b11=	1,23	0,098
	b22					b12	
b22=	-0,63		b33=	0	b12=	1,6593	0,104
b23=	0,00		b0=	11,89	b123=	0	
$S^2_{\{y\}}=$	0,2961	$S_{коэф.}=$		0,181386975			
alfa=	0,05			2,1	$f=n\cdot(m-1)$	18	
	tkr*Skoef=		0,381				

Значимые коэффициенты

b1=	-2,02	b2=	0,70	b11=	1,23		
b22=	-0,63	b33=	0	b12=	1,66		
b23=	0,00	b0=	11,89	b123=	0,00		
		yit-yi		(yit-yi)^2			
y1t=	15,08	2,48		6,131839538			
y2t=	13,16	2,56		6,530653865			
y3t=	7,71	-5,85		34,26199287			
y4t=	12,43	-0,07		0,004957783			
y5t=	11,49	0,79		0,624815431			
y6t=	11,56	-0,17		0,028788174			
y7t=	10,17	-2,20		4,843440941			
y8t=	10,70	-0,87		0,756112551			
y9t=	14,74	3,34		11,16604854			
				64,34864969			
	$S^2_{ост.}$	0,9417					
	$F_{расч.}$	3,18		$F_{таб.}$	3,20		
	alfa=	0,05	к1	4	n-r		
			к2	18	n(m-1)		
	Адекват						

Oc

где

m –

r –

Значения критерия С:

Число степеней свободы f	0,20
1	3,05
2	1,89
3	1,64
4	1,53
5	1,48
6	1,44
7	1,42
8	1,40
9	1,38
10	1,37
11	1,36
12	1,36
13	1,35
14	1,34
15	1,34
16	1,34
17	1,33
18	1,33
19	1,33
20	1,33

Приложение 4.

Математическая обработка результатов экспериментов по кислотному числу масла жмыха при шнековом прессовании

k=	2	y1=	y2=	y3=	x1* $\bar{y}_j$	x2* $\bar{y}_j$	x12	$(y_{j1}-\bar{y}_j)^2$	$(y_{j2}-\bar{y}_j)^2$	S_j^2
N0=	4							0,0044	0,0069	0,0114
n0=	1	2,25	2,10	2,20	-2,18	-2,2		0,0069	0,0003	0,0072
N=	9	2,10	2,20	2,25	-2,18	2,18		0,0025	0,0025	0,0050
alfa=	1	2,40	2,30	2,35	2,35	-2,35		0,0000	0,0025	0,0025
		2,25	2,20	2,30	2,25	2,3		0,0003	0,0011	0,0014
		1,40	1,35	1,40	0	0		0,0069	0,0003	0,0072
		1,50	1,60	1,65	0	1,58		0,0100	0,0000	0,0100
		1,90	2,00	2,10	0	-2,0		0,0100	0,0100	0,0200
		2,10	2,00	1,90	2,00	0		0,0003	0,0003	0,0006
		1,80	1,90	1,75	-1,81667	0				**0,0653**

	b1		-0,057	b2		b11	
b1=	0,28	0,046	b2=	-0,34	b11=	0,11	0,106
	b22					b12	
b22=	0,096		b33=	0	b12=	-0,4000	-0,011
b23=	0,00		b0=	1,97	b123=	0	
$S^2_{\{y\}}$ =	0,033	$S_{коэф.}$ =		0,060			
alfa=	0,05			2,1	$f=n\cdot(m-1)$	18	
		tkr*Skoef=	0,126				

Значимые коэффициенти

b1=	0,28	b2=	-0,34	b11=	0	
b22=	0,00	b33=	0	b12=	-0,40	
b23=	0,00	b0=	1,97	b123=	0,00	
		yit-yi		(yit-yi)^2		
y1t=	1,64	-0,54		0,296419753		
y2t=	1,75	-0,43		0,187777778		
y3t=	2,99	0,64		0,415308642		
y4t=	1,51	-0,74		0,554197531		
y5t=	1,97	0,59		0,346790123		
y6t=	1,63	0,04		0,001975309		
y7t=	2,32	0,32		0,100277778		
y8t=	2,25	0,25		0,0625		
y9t=	1,69	-0,12		0,014938272		
				1,980185185		
	$S^2_{ост.}$	0,0914				
	$F_{расч.}$	2,80		$F_{таб.}$	2,90	
	alfa=	0,05	к1	6	n-r	
			к2	18	n(m-1)	
		Адекват				

Значения критери

Число степеней свободы f	0,2
1	3,0
2	1,8
3	1,6
4	1,5
5	1,4
6	1,4
7	1,4
8	1,4
9	1,3
10	1,3
11	1,3
12	1,3
13	1,3
14	1,3
15	1,3
16	1,3
17	1,3
18	1,3
19	1,3
20	1,3

Приложение 5.

«Тасдиклайман»
"UzTest" ДМ Бухоро филиали
Озик-овкат ва халк истеъмол моллари
синов лабораторияси бош лаборанти
_____Х.Шодмонов
«24»_____2023 йил

"UzTest" ДМ Бухоро филиали
Озик-овкат ва халк истеъмол моллари синов лабораторияси
Ўзбекистон Республикаси, Бухоро шахар, Саноатчилар кўчаси 1/2-уй

СИНОВ ДАЛОЛАТНОМАСИ № 10/3

Буюртмачи номи: Бухоро муҳандислик-технология институти

Тайёрловчи номи: "Озиқ-овқат ва кимё саноати машина ва жиҳозлари" кафедраси илмий лабораторияси

Синов объекти:
Ўзбекистонда экишга рухсат этилган Жахонгир, Дилбар, Осиё, Янги замон, Душко, Ромео, Босфора кунгабоқар навлари ва дурагайлари уруғлари.

Синов мақсади: Ўзбекистонда экишга рухсат этилган кунгабоқар навлари ва дурагайлари уруғларининг оқсил таркиби кўрсатгичларини аниқлаш.

Синов ўтказиш норматив ҳужжатлари:
Хомашё ва тайёр озиқ-овқат маҳсулотларида оқсил таркиби кўрсатгичларини аниқлашнинг классик Кьельдал усули. *Межгосударственный стандарт ГОСТ 13979.3-68 Methods of determination of soluble proteins.*

Синов ўтказиш натижалари

1-жадвал. Оқсилни аниқлаш

Тар.р.	Кунгабоқар навлари ва дурагайлари	Оқсил миқдори, % КМ
1	Жахонгир	18,7-19,0
2	Дилбар	19,5-21,5
3	Осиё	20,3- 21,7
4	Янги замон	17,2-18,5
5	Душко	20,7-23,2
6	Ромео	16,5-18,0
7	Босфора	17,4-19,2

Синов ўтказиш даври: 10.10.2023 йилдан 24.10.2023 йилгача.

Синов ўтказдилар:
Лаборант: **Ш.Исматова**

БухМТИ таянч
докторанти: **Д.Сафарова**
PhD **Л.Акабирова**

Приложение 6.

«ТАСДИҚЛАЙМАН»
"BUXORO SIFAT LABOR" МЧЖ
ёғ-мой маҳсулотларини синаш
лабораторияси бош лаборанти
_____ **Б.Шодиев**
«23» _____ **2023 йил**

СИНОВ БАЁННОМАСИ № 01/23
"BUXORO SIFAT LABOR" МЧЖ ёғ-мой маҳсулотларини синаш лабораторияси
Ўзбекистон Республикаси, Бухоро вилояти,
Бухоро шаҳри, И.Каримов кўч., 24-уй, тел.: (+998 93) 477-05-03

Буюртмачи (ариза берувчи ташкилот) номи: Бухоро муҳандислик-технология институти, Бухоро ш., Қ.Муртазоев кўч., 15-уй, тел.: (+998 93) 454-45-54

Тайёрловчи номи: "Озиқ-овқат ва кимё саноати машина ва жиҳозлари" кафедраси илмий лабораторияси

Намуна: Ўзбекистонда экишга рухсат этилган Жахонгир, Дилбар, Осиё, Янги замон, Душко, Ромео, Босфора кунгабоқар навлари ва дурагайлари уруғлари

Синов мақсади: Ўзбекистонда экишга рухсат этилган кунгабоқар навлари ва дурагайлари уруғларининг ёғдорлик кўрсатгичларини аниқлаш

Синов тури: 27.11.2023 йил №2-сонли шартномага мувофиқ

Синов объектининг МҲ: O`zDSt 2438:2012

Намуна танланган, келтирилган (ФИШ): Д.Н.Сафарова

Намуна олинган жой: Ўзбекистон

Намуна танлаш далолатномаси санаси: 27.11.2023 йил

Намуна олинган кун: 27.11.2023 йил

Синов ўтказилган иқлим шароитлари: ҳарорат 20-22°С, нисбий намлик: 40-44%

Синов бошланган сана: 28.11.2023 йил

Синов тугалланган сана: 29.11.2023 йил

Таҳлил ўтказилган жой: ёғ-мой маҳсулотларини синаш лабораторияси (синов хонаси №2), Бухоро шаҳри, И.Каримов кўч., 24-уй

СИНОВ НАТИЖАЛАРИ

Т.р.	**Кунгабоқар навлари ва дурагайлари**	**Олинган бошланғич натижалар, %**
1.	Жахонгир	48-52
2.	Дилбар	47-51
3.	Осиё	48-52
4.	Янги замон	49-53
5.	Душко	50-52
6.	Ромео	49-51
7.	Босфора	48-50

Синов ўтказилган сана: 28-29.11.2023 йил

Синов ўтказди:
Бош лаборант: _____ **Б.Шодиев**

БухМТИ таянч
докторанти: _____ **Д.Сафарова**

Гафуров К.Х., Сафарова Д.Н., Aimin Shi, Qin Guo

ТЕРМООБРАБОТКА МЯТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА ПЕРЕД ПРЕССОВАНИЕМ

МОНОГРАФИЯ

Редактор: *А. Каландаров*
Технический редактор: *Г. Самиева*
Корректор: *З. Эльмуротова*
Дизайнер: *М. Арслонов*

Лицензия на публикацию AI № 178 от 08.12.2010.
Оригинал-кликнуть по макету разрешено от 30.10.2024.
Размер: 60/84 1/16 «Palatino Linotype» Офсетная печать.
На бумаге для офсетной печати. Усл.печ.лист: 7.
Заказ № 371. Тираж 100. Цена договорная.

Отпечатано в типографии ООО "Шарк-Бухоро".
г.Бухара, ул.Узбекистан Мустакиллиги, 70/2.
Тел. (0365) 222-46-46

Scanned with ACE Scanner