

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Е.Н. Урбанчик, А.Е. Шалюта, М.Н. Галдова

Изучены физико-химические показатели 50 образцов двух сортов зерна пшеницы – Сударыня и Уздым. Найдены оптимальные режимы проращивания зерна пшеницы методом воздушно-водного замачивания в диапазоне температур 5–30 °С на основании показателя «активность роста». Исследованы эмульсия и порошок на основе пророщенного зерна пшеницы, полученного по разработанным режимам. Определены основные показатели качества готовых продуктов и показана возможность их использования при производстве косметических средств антивозрастной направленности.

Введение

В настоящее время важнейшим направлением развития косметической промышленности является разработка нового поколения косметических средств, в производстве которых используются только натуральные компоненты.

Неотъемлемой частью этой продукции являются биологически активные вещества (БАВ), основным источником которых являются растения. Каждое растение характеризуется сбалансированным и свойственным только ему составом биологически активных веществ. Разработка новых косметических средств состоит в правильном способе получения и подбора необходимого состава натуральных компонентов, обладающих заданными свойствами.

Актуальность и обоснованность выбора темы исследования заключается в поиске активных ингредиентов растительного происхождения, расширяющих возможности создания косметических изделий антивозрастной направленности нового поколения.

Особую актуальность приобретают комплексные исследования, направленные на совершенствование и оптимизацию технологических параметров процессов получения биологически активных веществ из сырья и создания новых косметических масок функционального назначения [1–3].

Широкое применение в косметологии получило использование пророщенной пшеницы. Из нее готовят регенерирующие маски для кожи. Зерно пшеницы добавляют в косметические средства, предназначенные для различных типов кожи; активно используется в средствах по уходу за зрелой кожей. Учеными был замечен омолаживающий эффект масок на основе экстракта пророщенного зерна пшеницы, так как он нейтрализует действие свободных радикалов и является отличным иммуномодулятором. Однако в состав производимой продукции в основном входят экстракты пророщенного зерна, да и те в небольших количествах [4, 5].

Целью работы являлась разработка технологии, обеспечивающей создание основы для инновационного косметического продукта антивозрастной направленности путем выбора оптимальных режимов проращивания зерна пшеницы методом математического моделирования с выходным параметром «активность роста» [6–8].

Результаты исследований и их обсуждение

На первом этапе исследований оценивали физико-химические свойства зерна пшеницы двух сортов – Уздым и Сударыня.

В ходе работы изучены: масса 1000 зерен, натура, плотность зерна, объем зерновки, выравненность, крупность и линейные размеры; кроме того, были исследованы характерные для зерна пшеницы показатели качества: стекловидность, содержание сырой и сухой клейковины, деформация клейковины на приборе ИДК, группа качества и водопоглотительная способность.

Анализ полученных данных показал, что значения физико-химических свойств образцов зерна сортов Уздым и Сударыня по всем исследуемым показателям находятся в пределах среднестатистических значений, указанных в литературе, все исследуемые образцы зерна пшеницы сорта Уздым характеризуют данный сорт как низкостекловидный со средним содержанием клейковины, а образцы зерна пшеницы сорта Сударыня – среднестекловидное с низким содержанием клейковины.

Клейковина исследуемых образцов имеет вторую группу качества и является удовлетворительно слабой, однако гидратационная способность различна – наименьшей гидратационной способностью обладает зерно пшеницы сорта Уздым.

Для определения пригодности зерна пшеницы для проращивания определяли энергию прорастания и жизнеспособность. Установлено, что наибольшей энергией прорастания и всхожестью обладают образцы зерна пшеницы сорта Уздым ($88 \pm 1,5$ %) и ($93 \pm 2,0$ %), пшеница сорта Сударыня обладает энергией прорастания в пределах ($83 \pm 1,0$), всхожесть данного сорта составляет ($90 \pm 2,0$ %). По комплексу показателей сделано заключение о пригодности всех образцов зерна пшеницы для проращивания и их соответствии техническим условиям [9].

Для проращивания зерна пшеницы был выбран воздушно-водяной способ замачивания, как наиболее простой и не требующий установки специального оборудования. Для замачивания зерна пшеницы использовали водопроводную воду с температурой 8–12 °С. Проращивание осуществляли в термостате марки ЛП-122.

Ранее установлено, что изменяющиеся в течение года метеорологические условия внутренней среды помещений оказывают существенное влияние на длительность воздушно-водных пауз и этапов проращивания [6–8]. Поэтому изучение режимов технологического процесса позволит более рационально использовать материально-технические и энергетические ресурсы предприятия. В связи с этим дальнейшее исследование изменений режимов проращивания проводили при различных температурах воздуха: 5, 10, 15, 20, 25, 30 °С.

Для оптимизации воздушно-водных пауз были спланированы эксперименты с использованием двух факторов: продолжительность водной паузы первого (второго) этапа (А), продолжительность воздушной паузы первого (второго) этапа (В). Матрица планирования эксперимента для первого этапа проращивания представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента

Номер образца	Продолжительность водной паузы, ч	Продолжительность воздушной паузы, ч	Активность роста, %					
			5 °С	10 °С	15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
1	6,5	11,5	0,68	1,23	2,5	3,08	3,37	3,01
2	3,0	3,0	0,64	1,17	2,12	2,70	3,22	1,67
3	6,5	6,5	0,67	1,22	2,49	2,97	3,46	3,32
4	11,5	6,5	0,68	1,20	2,42	3,00	3,54	2,52
5	3,0	10,0	0,66	1,19	2,25	2,83	2,76	2,50
6	6,5	1,5	0,63	1,17	2,15	2,60	3,00	2,45
7	1,5	6,5	0,65	1,19	2,44	2,89	2,19	2,02
8	10,0	10,0	0,66	1,20	2,46	2,91	3,36	3,66
9	10,0	3,0	0,65	1,18	2,30	2,75	3,10	2,92
10	6,5	6,5	0,67	1,22	2,49	2,95	3,46	3,32

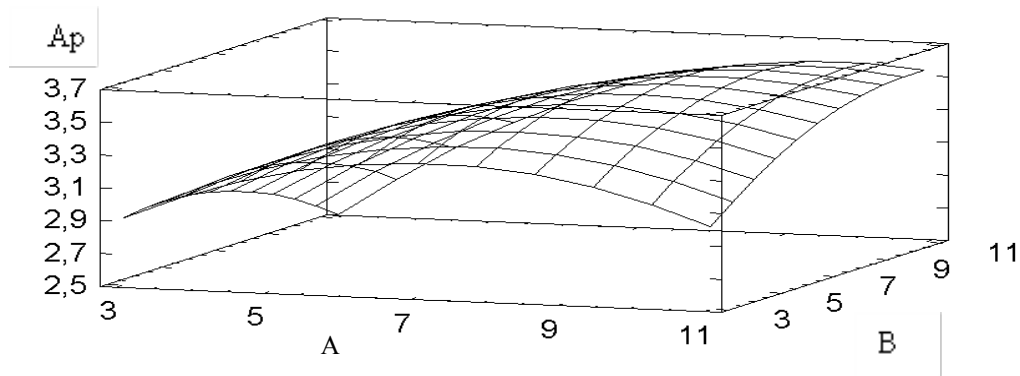
В качестве выходного параметра оптимизации принят показатель «активность роста» (A_p), ранее разработанный авторами [7], который комплексно характеризует процесс прорастания зерна и определяется по формуле

$$A_p = K_n / \tau_n, \quad (1)$$

где K_n – количество проросших зерен пшеницы с длиной ростка не более 2 мм, %;
 τ_n – время прорастания зерна, ч.

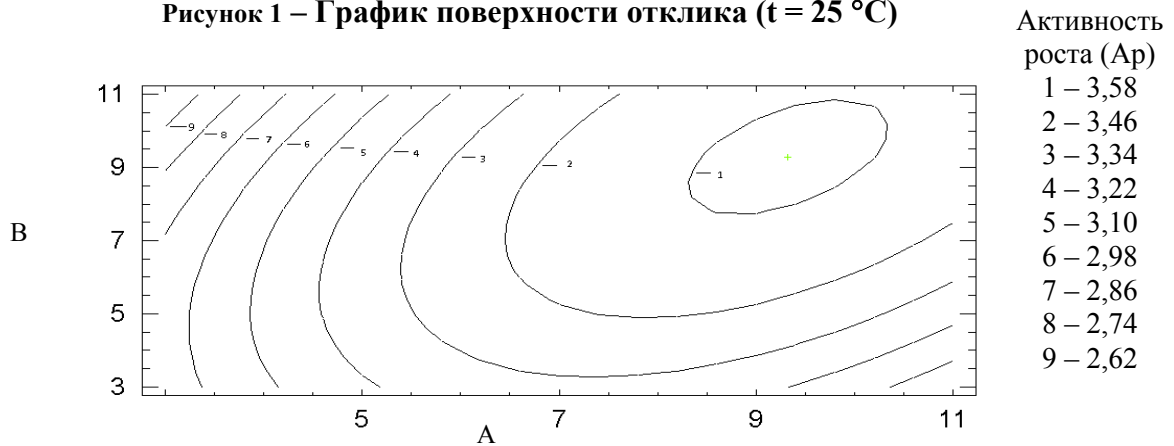
Значимость коэффициентов определяли по диаграмме Pareto. Анализ результатов позволил установить, что факторы «продолжительность водной паузы I этапа проращивания» и «продолжительность воздушной паузы I этапа проращивания» являются значимыми для всех исследуемых температур.

Для установления максимального значения активности роста (A_p) была локализована область значений факторов. С этой целью строили график поверхности отклика (для температуры 25 °С, рисунок 1). Трехмерный график имеет холм с вершиной в значении 9,3 для переменной «продолжительность водной паузы I этапа проращивания» и 9,2 для переменной «продолжительность воздушной паузы I этапа проращивания». Для более полного детального рассмотрения области максимума был применен контурный график поверхности отклика (для температуры 25 °С, рисунок 2).



A – продолжительность водной паузы I этапа проращивания, ч
B – продолжительность воздушной паузы I этапа проращивания, ч

Рисунок 1 – График поверхности отклика ($t = 25\text{ °C}$)



A – продолжительность водной паузы I этапа проращивания, ч
B – продолжительность воздушной паузы I этапа проращивания, ч

Рисунок 2 – Контурный график поверхности отклика ($t = 25\text{ °C}$)

Анализ контурного графика поверхности отклика позволил установить оптимальные режимы проращивания зерна пшеницы в зависимости от температуры окружающей среды. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальные режимы проращивания зерна пшеницы

Температура воздуха, °С	Этап	Продолжительность водной паузы, ч		Продолжительность воздушной паузы, ч	
		Минимальное значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Максимальное значение
5	I	7,5	11,5	8,5	11,5
10		5,0	9,5	6,5	11,5
15		6,0	10,0	6,0	10,0
20		6,3	11,5	7,5	10,5
25		8,4	10,2	8,0	10,5
30		6,5	9,0	7,0	10,0
5	II	Доувлажнение зерна		6,0	9,0
10				7,0	9,0
15				6,0	6,0
20				6,0	8,0
25				5,0	8,0
30				5,0	7,0

Пророщенное зерно пшеницы, полученное при помощи разработанных режимов проращивания, обладает следующими характеристиками: влажность ($40 \pm 1,0$) %, содержание пророщенных зерен не менее 75 % с длиной ростка 1,5–2 мм. Для изучения возможности использования пророщенного зерна в косметических целях изучали способы его измельчения (с предварительной сушкой продукта и без нее). Для измельчения влажного сырья использовали промышленную мясорубку МВМ-300. Сушка пророщенного зерна пшеницы осуществлялась в лабораторной сушилке типа ЛСА при температуре нагрева зерна не более 60 °С – для сохранения витаминов и аминокислот пророщенного зерна. Изучено влияние сушки на влажность зерна. Установлено, что длительность сушки от 260 до 280 минут обеспечивает влажность зерна на уровне 11–12 %.

Затем сухое пророщенное зерно подвергалось измельчению на лабораторной технологической мельнице марки ЛМТ-1 (диаметр контрольного сита 0,8 мм).

Согласно принятым требованиям в косметической промышленности [10] готовые продукты исследованы по физико-химическим и органолептическим показателям. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества полученных продуктов

Показатель	Эмульсия на основе пророщенного зерна	Порошок на основе пророщенного зерна
Водородный показатель, рН	$6,0 \pm 0,7$	$5,9 \pm 1,0$
Количество сухого вещества, %	$6,5 \pm 0,4$	$61,0 \pm 2,2$
Внешний вид	Однородная суспензия с включениями отрубянистых частиц	Сыпучий продукт без комков или гранул
Цвет	Кремовый	Белый с желтоватым оттенком с заметными частицами оболочек зерна
Запах	Свойственный данному виду продукта, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый	

Определены сроки хранения эмульсии на основании изменений кислотности и рН. Результаты исследования представлены в таблице 4. Определены сроки хранения эмульсии: при температуре +5 °С – не более 8 часов, при температуре +20 °С – не более 2 часов.

Установлено, что зерновая эмульсия нестабильна и требует специальных режимов хранения.

Таблица 4 – Изучение сроков хранения эмульсии на основе пророщенного зерна пшеницы

Температура, °С	Показатель	Значение				
		0	6	7	8	9
5	Длительность хранения, ч	0	6	7	8	9
	Кислотность, град	3,7	6,2	6,5	7	7,6
	рН	6	6	6	6	5
20	Длительность хранения, ч	0	1	2	3	-
	Кислотность, град	3,7	5,8	7,2	8,1	-
	рН	6	6	5	5	-

Принимая во внимание низкие сроки хранения эмульсии и высокую популярность сухой косметической продукции, эмульсия на основе пророщенного зерна была исключена из дальнейших исследований.

В ходе работы была определена гранулометрическая характеристика сухого цельносмолотого пророщенного зерна пшеницы. Результаты представлены на рисунке 3.

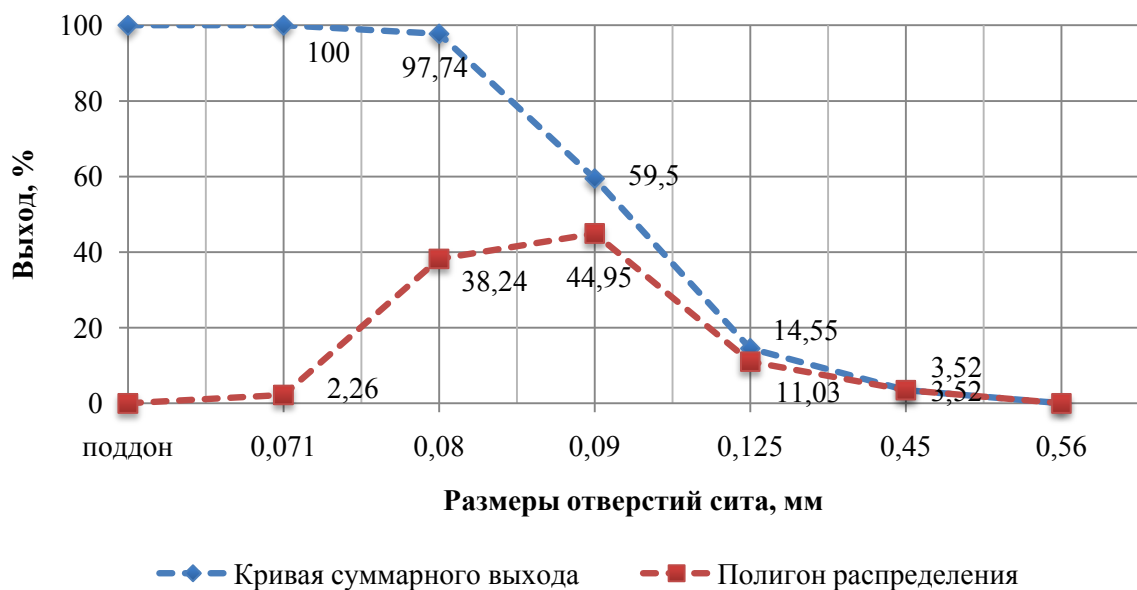


Рисунок 3 – Гранулометрическая характеристика цельносмолотого пророщенного зерна пшеницы

Анализируя полученные данные, установлено, что сито с размерами отверстий 0,09 мм делит исходную смесь на 2 потока (крупную и мелкую фракции). Крупная фракция смеси содержит большое количество клетчатки, микро- и макроэлементов, что позволяет применять ее в качестве скрабов для лица. Мелкая фракция смеси содержит мелко измельченный эндосперм, в ней преобладает белково-углеводный состав. Данная фракция может быть непосредственно использована в качестве основы кремов и масок для лица.

Полученные косметические средства (без консервантов и красителей) на основе пророщенного зерна пшеницы обладают мощным омолаживающим эффектом; повышают тонус кожи, насыщая ее полезными микроэлементами; способствуют разглаживанию морщин; повышают упругость кожи; могут быть рекомендованы как основа косметических средств антивозрастной направленности.

Заключение

В результате проведенных исследований определены оптимальные режимы проращивания пшеницы в диапазоне температур от 5 до 30 °С. Разработаны режимы проращивания зерна пшеницы, позволяющие быстро определять максимальное и минимальное время длительности воздушно-водных пауз проращивания и оперативно корректировать режимы технологического процесса в зависимости от температуры воздуха в помещении. Получены косметические продукты в виде эмульсий и сухих смесей и определены их качественные характеристики.

Литература

- 1 Иванов, С. Научно-производственный центр «Росток» / Н. Д. Шакольская, В. В. Шакольский // Прорастающие семена – природное косметическое средство [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.sprouts.ru/stat15.html>. – Дата доступа: 05.10.2016.
- 2 Компания ТМ «Жизнь» // Каталог продукции [Электрон. ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://sok-rostkov.com.ua/krema>. – Дата доступа: 14.10.2016.
- 3 Каталог косметической продукции «Маджерик» [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://mirmageric.ru/prs.php?str=stjelk-vilista>. – Дата доступа: 06.10.2016.
- 4 Лапшин, В.Ф. Пророщенные зёрна овса, ячменя, пшеницы, кукурузы / В.Ф. Лапшин // Проросшие зерна овса, ячменя, пшеницы, кукурузы – простой секрет здоровой жизни! [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: http://www.eclerika.com/index.php?option=com_content&view=article&id=149:proroshee-zerno&catid=3:choice. – Дата доступа: 24.05.2016.
- 5 Яньков, И. Волшебные свойства проростков зерновых культур / И. Яньков // Могучий росток [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.floraprice.ru/articles/apteka/volshebnye-svoystva-prorostkov-zernobobovux-kultur.html>. – Дата доступа: 20.05.2016.
- 6 Шаршунов, В. А. Оптимизация режимов проращивания зерна гороха / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта // Известия национальной академии наук Беларуси – 2014. – № 1. – С. 101–106.
- 7 Способ оптимизации проращивания зерна и семян а 20130033 Республика Беларусь, МПК (2006.01) А 23L 1/00 / Е.Н. Урбанчик, А.Е. Шалюта; заявитель УО «Мог. гос. ун-т продовольствия». заявл. 11.01.2013; опубл. 30.06.13 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3. – С. 6.
- 8 Урбанчик, Е.Н. Комплексная характеристика сырья и оптимизация режимов первого этапа проращивания семян гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2012. – № 2. – С. 76–80.
- 9 ТУ ВУ 700036606.104-2013 Зерно злаковых культур для проращивания. – Могилев: МГУП, 2013. – 12 с.
- 10 О безопасности парфюмерно-косметической продукции // Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 009/2011 [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/a-ct/techreg/deptexreg/tr/Documents/TR%20TS%20Parfum.pdf>. – Дата доступа: 05.10.2016.

Поступила в редакцию 06.12.2016