

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ МОРКОВИ И ЗЕЛЕНИ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ БАД

Кобелева С.М., канд. техн. наук, доцент, Труфкати Л.В., канд. техн. наук
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Проведено конструирование функциональных свойств БАД путем оптимизации соотношения рецептурных компонентов – овощей, высушенных по разработанным технологиям. В качестве критериев оценки были использованы: комплексный показатель качества и расчетные характеристики степени сбалансированности основных и специфических (биофлавоноиды, пигменты, фосфолипиды, пищевые волокна и др.) компонентов.

The forming of the functional properties of the biologically activity supplements was been realized using the optimization of the receipt components ratio. The receipt components were the vegetables dried using the developed technology. The estimated criteria were the complex qualitative characteristic, the design data of the degree of the basic and specific nutrients equilibrium (bioflavonoid, pigments, phospholipids, dietary fibers and others).

Ключевые слова: оптимизация, БАД, биологически активные вещества, сушка овощей.

Постановка проблемы и ее связь с важнейшими научными и практическими задачами. Анализ данных, приведенных МОЗ Украины, показал, что в последние годы у населения страны продолжают широко распространяться болезни цивилизации, профилактика и лечение которых – сфера кардиологии, онкологии, иммунологии и др.. Такое явление обусловлено воздействием всевозможных стрессов, неблагоприятных факторов окружающей среды, низким пищевым статусом – уровнем обеспеченности организма энергией, недостатком и дисбалансом основных пищевых и биологически активных веществ (БАВ).

Для биокоррекции состава и свойств пищевой продукции применяют биологически активные добавки (БАД), которые позволяют, с одной стороны, оптимизировать состав, повысить пищевую ценность продуктов, с другой, сформировать их функциональные свойства, способные регулировать уровень и характер метаболических нарушений при определенных патологиях.

Производство пищевых добавок является перспективным направлением, которое позволяет существенно расширить ассортимент функциональных продуктов и изделий с уникальными целебными свойствами. В настоящее время рынок заполнен БАД различного направления импортного производства. Однако в Украине пищевые добавки производят в ограниченных количествах. В связи с этим разработка новых видов БАД отечественного производства является актуальной проблемой. Большой интерес представляют полифункциональные добавки, являющиеся сложными многокомпонентными системами с определенными свойствами.

Анализ последних исследований и публикаций. В результате проведенных исследований нами разработаны инновационные технологии сушки моркови, зелени пряно-вкусовых культур (петрушки, руколы, сельдерея, укропа, тархуна), которые являются богатыми источниками пигментов, ароматических и биологически активных ингредиентов, минеральных веществ, пищевых волокон [1 – 4].

Морковь и пряно-вкусовые культуры сушили во взвешенном слое, кинетику сушки исследовали в широком диапазоне температур теплоносителя от 60 до 100 °С. С целью интенсификации процесса сушки до достижения стандартной влажности продукта, сокращения его длительности и энергосбережения применяли внедрение в технологическую схему предварительной обработки измельченного сырья поверхностно и биологически активными веществами: фитоэкстрактами, фитолипидами, нанопептидами модифицированной муки бобовых культур. При выборе оптимальных параметров варьировали температурный режим, продолжительность предварительной обработки, количественный и качественный состав модулей обработки.

Таким образом, способ сушки моркови включает инспекцию, мойку, чистку, измельчение, предварительную обработку в суспензии при температуре 90 °С в течение (1–6) мин, последняя способствует снижению влагоудерживающих свойств структурных элементов клеток, что приводит к ускорению процесса сушки. Для предварительной обработки использовали суспензию, содержащую нанопептиды, фитогормоны и другие биологически активные вещества модифицированной муки бобовых культур, диспергированной в воде, массовая доля твердой фазы составляла (0,5–2,0) %. Сушку начинали при температуре 100 °С на протяжении 30 мин, затем проводили досушивания до достижения стандартной влажност-

ти продукта (не более 14 %) при температуре 75 °С. Проводили сравнительную оценку образцов, полученных с помощью 10 вариантов сушки. Важным критерием оценки эффективности технологи считали общее время сушки. Установлено, что обработка в суспензии, содержащей 1 % и более муки бобовых культур, влияет на общее время сушки, которое составляет (70–90) мин у опытных образцов по сравнению с контрольным образцом (120 мин). Наименьшее время сушки до достижения стандартной влажности понадобилось моркови, которую предварительно обработали в 2-х процентном растворе суспензии с нанопептидами, микродозами сапонинов и других компонентов муки бобовых культур при 90 °С, при этом общее время сушки составило 70 мин [3].

Способ сушки листовых овощей включает инспекцию, мойку, измельчение, предварительную обработку и сушку. Перед сушкой проводили замачивание зелени при комнатной температуре на (1–5) мин в эмульсии диспергированных в воде фитоллипидов с концентрацией (0,05–0,2) %. Для сравнения проводили сушку, например, петрушки по заводской технологии и без замачивания (контроль)[4].

С целью выбора рациональных параметров предварительной обработки и обоснования технологических решений было выработано более 16 образцов сушеной петрушки, а также ряд образцов сушеных укропа, сельдерея, руколы, кинзы, тархуна, салата, шпината. Варьировали время экспозиции действия агентов, количественный и качественный состав модулей обработки. В частности, в одной из серий опытов использовали различные фитоллипиды: зародышей пшеницы и кукурузы, семян льна, тыквы, расторопши и облепихи. Установили, что при определенных режимах предварительной обработки можно достичь сокращения времени сушки на (20–25) % по сравнению с контролем. Такой эффект связан с тем, что во время сушки ионогенные группировки используемых для обработки веществ изменяют жидкостно-мозаичную микроструктуру мембран клеток зеленого сырья, вызывают биотрансформацию составляющих их соединений, и в микродозах сами транспортируются в ткани зелени. В результате увеличивается влагоотдача, ускоряется процесс сушки, замедляется дегградация БАВ сырья, повышается биологическая ценность готового продукта.

Биологическая ценность указанных выше фитоллипидов связана с наличием ненасыщенных жирных кислот, которые положительно влияют на состояние здоровья человека и являются эссенциальными компонентами продуктов питания. Так, жирные кислоты омега-3 содержатся в льняных липидах, липидах пророщенного зерна пшеницы и сои, темно-зеленых листовых овощах; омега-6 – в липидах семени кабака, подсолнечника, кунжута, кукурузы, грецкого ореха, пророщенного зерна. Жирные кислоты омега-6 снижают уровень холестерина в крови, а омега-3 – уровень триглицеридов и давление крови. Следовательно, фитоллипиды – высокоценные физиологические соединения, являются мембранотропными и мембранотранспортными факторами, принимают участие в формировании функционально-технологических свойств, влияют на поверхностную активность, проявляют антиоксидантную способность. Их используют как компоненты функциональных продуктов, БАД с липотропным действием, некоторые из них являются фитогормонами [5, 6]. Таким образом, кроме технологического аспекта их действия для ускорения процесса сушки листовых овощей, имеет место повышение биологической ценности готового продукта.

Готовую продукцию контролировали по комплексу биохимических и микробиологических показателей, которые послужили критериями оценки качества и факторами при разработке способов сушки [1 – 4].

Цель работы – расширить спектр критериев оценки качества за счет определения полифенольных соединений, цветопараметрических показателей и спектральных характеристик сушеных объектов исследования нового уровня; провести целевую оптимизацию рецептурных ингредиентов для получения БАД с полифункциональным хлорофилл-каротин-полифенольным комплексом, и таким образом, антиоксидантных, радиопротекторных, иммуногенных и других свойств.

Изложение основного материала исследований. В процессе исследования зелени сушеной петрушки определили следующие показатели: массовую долю сухих веществ – (91,9...92,2) %; моно- и олигосахаридов – (20,5...22,2) %; крахмала – (9,5...10,1) %; гемицеллюлоз – (12,2...13,1) %; пектиновых веществ – (4,1...5,2) %; целлюлозы – (9,1...9,5) %; лигнина – (10,2...10,5) %; золы – (9,6...10,2) %; общий азот в пересчете на белок – (11,0...11,3) %. Анализ полученных результатов показал, что массовая доля суммы полифенольных соединений находится в пределах $(186,6–266,0) \cdot 10^{-3}$ %, антоцианов – $(73,3–161,1) \cdot 10^{-3}$ %, лейкоантоцианов – $(110,6–499,2) \cdot 10^{-3}$ %, флавонолов – $(143,3–212,0) \cdot 10^{-3}$ %, катехинов – $(28,1–77,7) \cdot 10^{-3}$ %, аминокислот – $(288,6–460,2) \cdot 10^{-3}$ %.

С целью определения оптических характеристик полифенольных соединений и пигментов были проведены спектральные исследования. Анализу подвергали этаноловые экстракты, приготовленные из вы-

сушеной зелени и моркови. Спектральные определения наличия в исследуемых образцах конкретных соединений изучали по характерным полосам поглощений в диапазоне длин волн $\lambda = (270...670)$ нм, максимальные области которых характеризуются наличием определенных групп соединений. Для окси-коричных кислот (хлорогеновая, феруловая) установлена полоса поглощения в области $\lambda = (290...320)$ нм. Максимальная абсорбция при $\lambda = (250...270)$ нм и другой пик при $\lambda = (310...350)$ нм характеризуются $n-\pi^*$ переходом электронов карбонильного кислорода, связанного активным хромофором с ароматическим кольцом, что указывает на молекулу флавоноидов. Таким образом, область абсорбции $\lambda = (275...285)$ нм характерна для катехинов, лейкоантоцианов и хлорогеновой кислоты, а $\lambda = (310...350)$ нм – флавонолов [7]. На рис. 1 приведены результаты спектрального определения полифенольных соединений и пигментов в сушеной зелени петрушки в наиболее информативных опытах. Были проанализированы опытные образцы, прошедшие предварительную обработку при различных режимах, и контроль – без предварительной обработки.

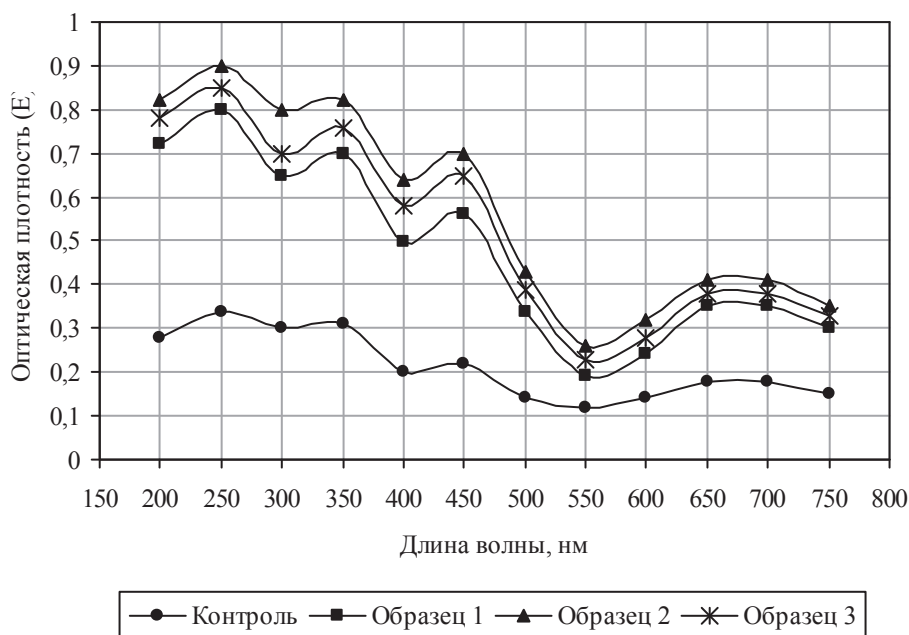


Рис. 1 – Спектральная характеристика спиртовых экстрактов сушеной зелени петрушки

На приведенных кривых наблюдаются два максимума поглощений фенольных соединений – катехинов, лейкоантоцианов ($\lambda = 280$ нм) и флавоноидов ($\lambda = 350$ нм). Форма спектров поглощения одинакова. Интенсивность спектров выше у опытных образцов (рис. 1).

В полученном диапазоне волновых чисел компонентами, также поглощающими свет определенной длины волны, являются пигменты, молекулы которых содержат ароматические кольца, конъюгированные двойные связи. На рис. 1 видно, что на спектре наблюдаются еще два максимума, положения которых совпадают с положениями полос поглощения соответственно каротиноидов и хлорофиллов. Установлено, что форма спектров поглощения пигментов экстрактов сушеных опытных и контрольного образцов петрушки одинакова, не имеет сдвигов в длинно- или коротковолновую часть. Интенсивность спектров поглощения выше в образцах с применением предварительной обработки по сравнению с контролем. Это можно объяснить стабилизирующим действием агентов предварительной обработки на пигменты.

Предлагаем расчетный показатель – индекс степени стабилизации и протекторного действия обрабатываемых агентов – $\varepsilon_{\max} / \varepsilon_{\min}$. Для сушеной зелени петрушки, полученной по предлагаемой технологии, индекс степени стабилизации будет следующий:

- для полифенольных соединений (катехины + лейкоантоцианы) – от 2,73 до 2,42;
- для каротиноидов – от 3,18 до 2,60;
- для хлорофиллов – от 2,33 до 1,94;
- для флавоноидов – от 2,65 до 2,26.

Эти величины – показатели эффективности разработанного способа сушки – свидетельствуют о повышении биологической ценности продуктов в (1,94...3,18) раза в сравнении с заводской технологией.

В таблице 1 приведены данные вариантов сушки моркови наиболее информативных опытов.

Таблиця 1 – Образці моркви сушеної найбільш інформативних опытов

№ образца	Концентрация БАД при бланшировании, %	Время досушивания, мин	Общее время сушки, мин
1	1	60	90
2	2	40	70
3	без бланширования	60	120
4	0	60	120

В таблице 2 приведены результаты оценки качества указанных образцов – их технологические, биохимические и показатели цветности. Международная система СИ учитывает, что каждому спектральному цвету отвечает известный волновой интервал, и характеризуются они следующими показателями:

λ , нм – цветной тон или доминирующая длина волны (относится к монохроматическим цветам);

u , нм – интенсивность окраски или ясность – $u = \epsilon_{\min} + \epsilon_{\max}$

O – показатель потемнения – $O = \epsilon_{\min} / \epsilon_{\max}$

P , % – чистота тона, этот показатель рассчитывается отношением доминирующей длины волны к сумме монохроматического и ахроматического потоков, представленных в процентах –

$$P = (\epsilon_{\max} / (\epsilon_{\max} + \epsilon_{\lambda 420})) 100 \%$$

Таблиця 2 – Результатов оценки качества моркови сушеной

№ обр	u , нм	O	P , %	Коэффициент восстановления, %	Степень набухания, г/г	Развариваемость, мин	Цветность при 420 нм, усл.ед.	Каротиноиды, $\cdot 10^{-3}$ %	Органолептика, балл
1	0,35	0,18	55,00	90	5,7	9,1	1,4	52	4,5
2	0,38	0,15	57,36	94	6,5	8,8	1,6	56	5,0
3	0,25	0,25	54,41	80	4,2	10,3	0,9	40	3,0
4	0,345	0,21	54,80	85	5,0	9,7	1,0	46	4,0

На рис. 2 приведены спектральные характеристики спиртовых экстрактов сушеной моркови наиболее информативных опытов. На кривых отчетливо видны два максимума поглощения – один при $\lambda = 315$ нм, характерный для флавоноидов, другой – $\lambda = 447$ нм – каротиноидов. Форма спектров в контрольных образцах 3 и 4 и опытных 1 и 2 одинакова. Интенсивность – в опытных образцах значительно выше по сравнению с контролем, т.е. можно отметить эффект обогащения готовой продукции флавоноидами и каротиноидами за счет их стабилизации, так наблюдается торможение деградации полифенольных соединений и каротиноидов после предварительной обработки.

Расчетный показатель – индекс степени стабилизации и протекторного действия обрабатываемых агентов – $\epsilon_{\max} / \epsilon_{\min}$ для сушеной моркови следующий:

— для флавоноидов – от 3 до 2,45;

— для каротиноидов – от 3,1 до 2,36.

Эти показатели свидетельствуют о снижении степени деградации БАВ после обработки.

Разработана расчетная методика оптимизации сушеных БАД на основе хлорофилл-каротин-полифенольного комплекса композиции петрушки, сельдерея, укропа. Указанная задача относится к типу задач нелинейного программирования, учитывая, что численные методы решения этих задач не могут быть созданы из-за широты их класса, нами выбран метод, основанный на пошаговом определении значения функции с дальнейшим установлением точки минимума. Рассчитывали минимальное суммарное относительное отклонение (O скор) массовой доли показателей химического состава в готовом продукте от соотношения соответствующих нутриентов в формуле сбалансированного питания. Указанная математическая модель, прогнозирующая O скор, позволила поставить задачу оптимизации, решение которой заключалось в определении критериев оптимизации, блок-схемы программы вычисления, в выборе ограничений на класс управляемых переменных. В результате минимизации функций применительно к исследуемым объектам разработан комплексный показатель качества, включающий следующие 15 составляющих: летучие ароматические вещества, каротиноиды, тиамин, рибофлавин, ниацин, аскорбиновая кислота, витамин U, калий, кальций, фосфор, магний, железо и др. При вычислении по указанной программе были получены минимальные значения O скор, соответствующие оптимальной рецептуре сушеных композиций БАД петрушки, сельдерея, укропа.

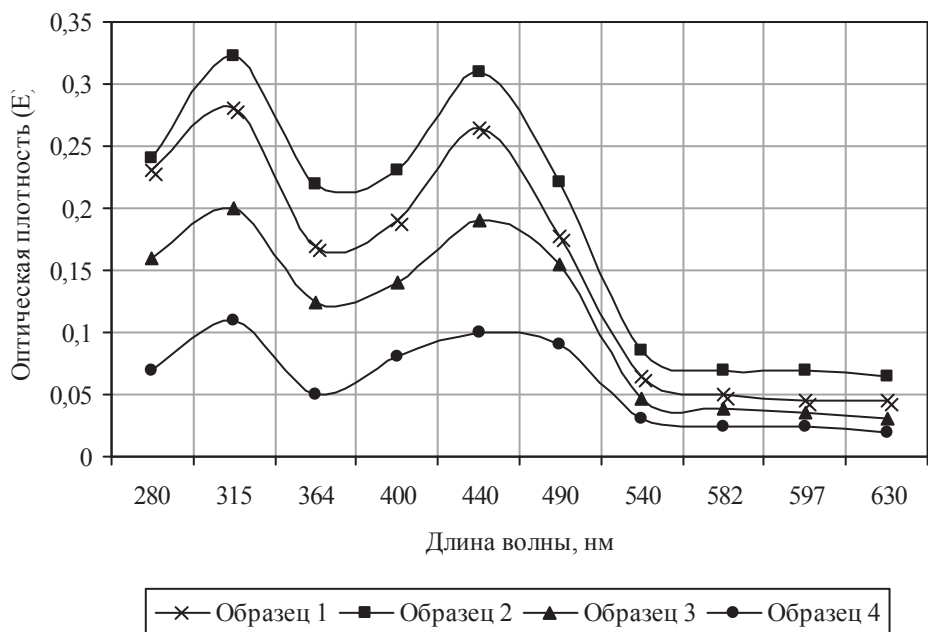


Рис. 2 – Спектральна характеристика спиртових екстрактів сушеної моркви

Выводы. Представленные результаты свидетельствуют о целесообразности внедрения разработанных технологий сушки для получения сушеных листовых овощей и моркови с повышенной пищевой ценностью и профилактическими свойствами. Кроме того, новые технологии способствуют сокращению времени сушки на (20–25) % и являются энергосберегающими. Предлагаемая методика оптимизации позволяет оптимизировать состав и обеспечить высокую пищевую ценность сушеных БАД из сырья содержащего хлорофилл-каротин-полифенольный комплекс. Перспективным является использование представленной модели для конструирования других видов многокомпонентных пищевых систем.

Литература

1. Пат. 34485 України на корисну модель, МПК (2008) A23N 12/00. Спосіб сушіння листових овочів родини Селерових – *Ariaceae* (Зонтичних – *Umbelliferae*) [Текст] / С. М. Кобелева, Л. В. Труфкаті, Л. Д. Зеленська; заявник та власник патенту Одеська національна академія харчових технологій. – № у 200803735; заявл. 24.03.08; опубл. 11.08.08, Бюл. № 15. – 7 с.
2. Пат. 34454 України на корисну модель, МПК (2008) A23N 12/00. Спосіб сушіння зелені петрушки [Текст] / С. М. Кобелева, Л. В. Труфкаті, Л. Д. Зеленська, О.І. Данилова; заявник та власник патенту Одеська національна академія харчових технологій. – № у 200803515; заявл. 19.03.08; опубл. 11.08.08, Бюл. № 15. – 6 с.
3. Пат. 49797 України на корисну модель, МПК (2009) A23N 12/00. Спосіб сушіння моркви [Текст] / Л.В. Капрельянц, Т.В. Шпирко, Л. В. Труфкаті, С. М. Кобелева, Л. Д. Зеленська; заявник та власник патенту Одеська національна академія харчових технологій. – № у 200912171; заявл. 26.11.2009; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9. – 8 с.
4. Пат. 39686 України на корисну модель, МПК (2008) A23N 12/00. Спосіб сушіння листових овочів [Текст] / Єгорова А.В., Л. В. Труфкаті, С. М. Кобелева, Л. Д. Зеленська; заявник та власник патенту Одеська національна академія харчових технологій. – № у 200811144; заявл. 15.09.08; опубл. 10.03.09, Бюл. № 5. – 6 с.
5. Капрельянц Л. В. Функціональні продукти [Текст] / Л. В. Капрельянц, К. Г. Іоргачева. – Одеса: Друк, – 2003. – 333 с. – 500 пр. – ISBN 966-8099-83-4.
6. Кобелева С.М. Фактори профілактичних властивостей поли функціональних харчових систем [Текст] / С. М. Кобелева // Наукові праці ОНАХТ. – Вип. 31. – Т. 1. – Одеса: ОНАХТ, 2007. – С. 56 – 58.
7. Запроматов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений [Текст]. – М.: «Высшая школа», 1974. – 213 с.