

УДК 663.9; 664.5;663.9.004.14;664.5.004.14
К – 231

05.00.00 Технические науки

ЭФФЕКТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ В ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ПЛОДОВ МАНГО И ПАПАЙИ

Карикурубу Жан-Феликс
аспирант

e-mail: jeanjean2013@mail.ru

*ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
технологический университет», г. Краснодар,
Россия*

Интенсивность процесса сушки зависит от скорости перемещения влаги внутри объекта и скорости ее удаления с поверхности. Для ускорения процесса сушки, часто регулируется градиент температуры, что вызывает большие энергозатраты. В настоящее время применяют различные способы интенсификации процесса сушки растительного материала, в том числе: физические, механические, химические, электрические. Обзор литературных данных показывает отсутствие данных о влиянии синергизма низких частот на эффективности процесса сушки растительных материалов. Ускорения процесса сушки плодов манго и папайи можно достичь при комбинировании низкотемпературной сушки с синергизмом низких частот электромагнитного поля. В статье представлены результаты исследований по разработке технологии ускорения процесса сушки плодов манго и папайи. Изучена роль электромагнитного поля в интенсификации процесса сушки и угнетении микрофлоры плодов манго и папайи во время сушки. Проанализирован эффект синергетического воздействия электромагнитного поля разных частот на гибель микроорганизмов, а также на скорость сушки плодов манго и папайи. Определены оптимальные технологические параметры влияния низких частот электромагнитного поля на сушку плодов манго и папайи. Проанализированы биохимические изменения плодов манго и папайи во время сушки. Описаны технологические показатели порошков из плодов манго и папайи, полученных при комбинировании низкотемпературной обработки с синергизмом низких частот

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ, ПЛОДЫ МАНГО, ПЛОДЫ ПАПАЙИ, СУШКА, СИНЕРГИЗМ ЧАСТОТ, МИКРООРГАНИЗМЫ, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ

UDC 663.9; 664.5; 663.9.004.14;664.5.004.14
K – 231

Technical sciences

EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELD LOW FREQUENCIES IN THE TECHNOLOGY OF DRYING MANGOES AND PAPAYAS

Karikurubu Jean-Felix
postgraduate student

e-mail: jeanjean2013@mail.ru

*FGBOI VPO Kuban State Technological University,
Krasnodar, Russia*

The intensity of drying process depends on the speed of movement of the moisture inside the object and the speed of its removal from the surface. To accelerate the drying process, temperature gradient is often regulated, which causes large power consumption. Currently, they are different methods in used for intensifying the process of drying of plant material which are physical, mechanical, chemical and electrical method. Data of literature review show a lack of data on the impact of synergies of lower frequency on the efficiency of drying plant material. Accelerating the drying process of fruit can be achieved by combining low – temperature of drying with a synergistic lower frequency of electromagnetic field. The results of the studies on the development of technologies to accelerate the drying process of mango and papaya fruit are presented in this article. The role of the electromagnetic field, on the intensification of the drying process and on the inhibition of the microflora of mango and papaya, during drying is studied. Effect of the synergistic electromagnetic fields of different frequencies leading to the death of microorganisms, as well as the drying rate of mango and papaya fruit is analyzed. The optimal technological parameters of low frequency electromagnetic field on drying of mango and papaya fruit are determined. Biochemical changes of mango and papaya fruit during drying are given. Technological parameters of the powder mango and papaya obtained by combining low temperature treatment with the synergy of low frequencies are described

Keywords: ELECTROMAGNETIC FIELD OF LOW FREQUENCY, MANGO FRUIT, PAPAYA FRUIT, DRYING , SYNERGISM FREQUENCY, MICROORGANISM, INTENSIFICATION

Конкуренция на рынке растениеводческой продукции ставит перед сельхозтоваропроизводителями задачу находить новые способы и средства переработки сырья, с целью сокращения энергозатрат на производство, улучшения качества готового продукта и уменьшения потерь нереализованной свежей продукции.

Сокращение энергозатрат необходимо обеспечивать за счет максимальной концентрации выделенной энергии в сравнительно малых объемах сырья и автоматизированного поддержания требуемого технологического режима, а также создания новых и совершенствование существующих технологий.

В пищевой промышленности сушка является одним из наиболее энергоёмких процессов переработки сырья [1,2,9].

Современные теоретические и практические исследования процесса сушки термолабильного сырья свидетельствуют о том, что массообменные и тепловые процессы сопровождаются течением реакций окисления, изменением структурно-механических свойств, образованием полиморфных форм и кристаллогидратов, что приводит к частичной потере или полной утрате пищевой ценности [3].

Существующие технологические приемы интенсификации диффузионных процессов и повышение движущей силы процесса сушки направлены на подъем температуры, что вызывает дополнительный расход тепла на нагрев сушильного агента и материала.

Кроме того, увеличение интенсивности процесса сушки за счет повышения температуры не приемлемо для термолабильных материалов.

Решение данных проблем возможно с применением различного рода физических воздействий [13].

В литературе описаны существующие физические и технологические приемы для интенсификации процесса сушки, которые рекомендуют сочетание различного рода ультразвуковых воздействий [4,5,8].

Целью нашего исследования является оптимизация технологических параметров сушки плодов манго и папайи за счет применения электромагнитного поля низкой частоты для сокращения продолжительности процесса сушки и снижения микробиальной обсемененности готовой продукции.

Объектами исследования явились плоды манго и папайи, выращиваемых в Республике Бурунди. Химический состав плодов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав плодов манго и папайи

Показатели	Манго	Папайя
Вода, %	81± 5,8	86±2
pH	3,9±0,9,	4,8±1,1
Углеводы, %	15,2±1,0	9,2±0,4
Белки, %	0,5±0,3	0,6±0,2
Минеральные вещества, %	0,5±0,1	0,37±0,02
Липиды, %	0,3±0,1	0,1±0,01
Витамин С, мг/ 100 г	27,7±15	53±0,3
Каротин, мг/100г±0,001	0,445	3,2±0,2
Витамин Е, мг/100г	1,1±0,05	0,03±0,01
К, (мг/100г)	1012±115	345±20,5
Р, (мг/100г)	97±17	19±2,2
Mg. (мг/100г)	75±12	41±0,2
Na, (мг/100г)	38±4	43±2,5
Ca, (мг/100г)	30±6	30,2±0,6
Fe, (мг/100г)	15±2	0,2±0,06
Mn, (мг/100г)	2,1±0,8	0,05±0,02
Zn, (мг/100г)	0,6±0,3	0,11±0,01
Cu, (мг/100г)	0,7±0,3	0,07±0,01
Пищевые волокна, %	1,8	0,87

Известно, что ЭМП НЧ может вызвать как разрушение биологической клетки, так и, при малой интенсивности колебаний, гармонизировать работу клетки [6, 10,11,12].

Особенность использования синергизма частот заключается в возможности добиться деструкции мембран клеток без значительного увеличения температуры обрабатываемого продукта, по сравнению с

традиционными способами термообработки, что непосредственно повышает выход физико-химической и физико-механической связанной воды.

Кроме того, использование электромагнитного поля низкой частоты позволяет перемещать влагу из внутренних слоев до поверхности объекта сушки, что ускоряет диффузионный процесс и в том числе процесс сушки.

Для реализации возможности исследования влияния синергизма частот на плоды манго и папайи при сушке на кафедре Технологии продуктов питания животного происхождения КубГТУ была использована установка для электромагнитной обработки, которая представляет собой двухкомпонентную систему, содержащую в себе программную и аппаратную части [7].

Для сравнения действия синергизма частот на интенсификацию процесса сушки и на снижение микробиологической обсемененности было использованы:

- одна частота (А);
- две частоты (Б).

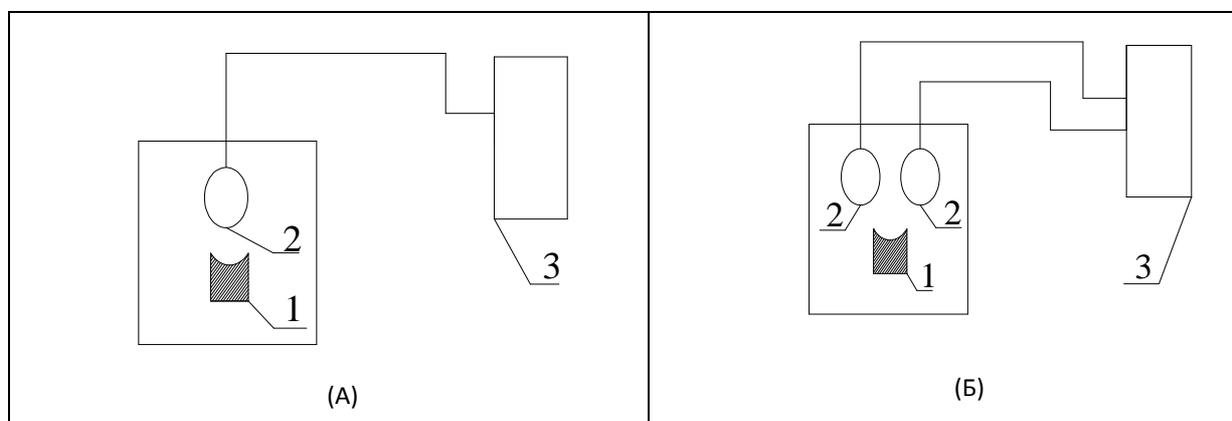


Рисунок 1 – Блок - установка для обработки сырья ЭМП НЧ в период сушки.

1. Объект сушки
 2. Катушки для излучения ЭМП НЧ
 3. Система компьютерной установки для излучения ЭМП НЧ.
- (А) – Обработка объекта сушки на одной частоте;
- (Б) – Обработка объекта сушки на двух частотах.

Обработку результатов исследования осуществляли методами математической статистики с использованием пакетов прикладных компьютерных программ Microsoft office excel 2007 и Statistica – 8.

На первом этапе изучали кинетику сушки плодов манго и папайи при различных частотах электромагнитного поля.

Плоды манго и папайи после резки помещали в экранированную камеру с вмонтированным излучателем ЭМП НЧ. На ломтики плодов действовали генерированным сигналом синусоидальной формы с помощью индукционной катушки в диапазоне 40-100 Гц, относительно рисунка 1(А), при 50 °С.

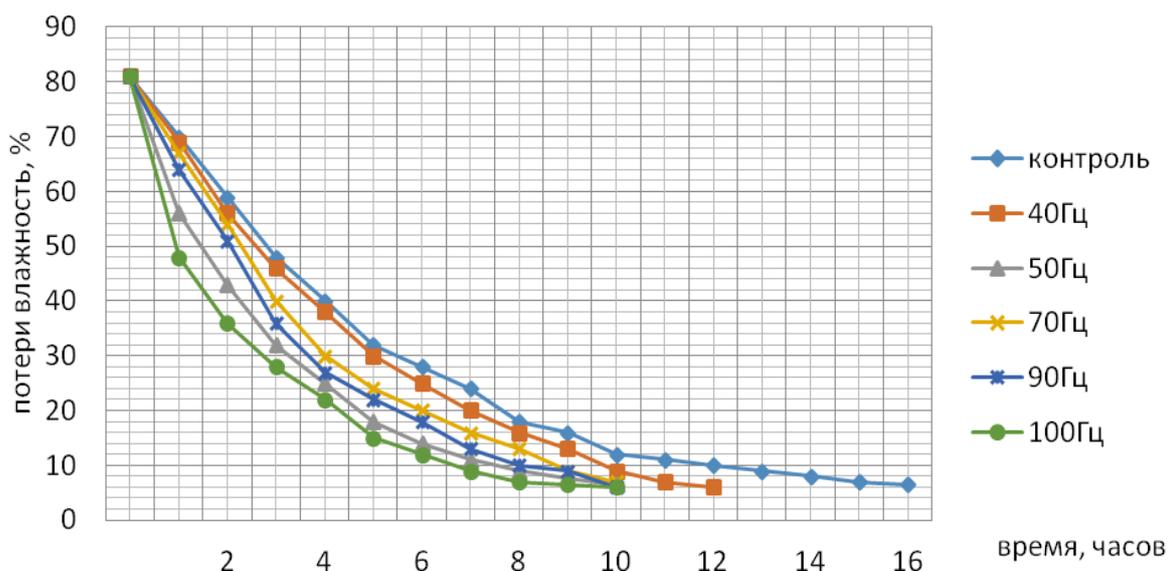


Рисунок 2 – Зависимость содержания влаги в ломтиках плодов манго от времени и частоты обработки.

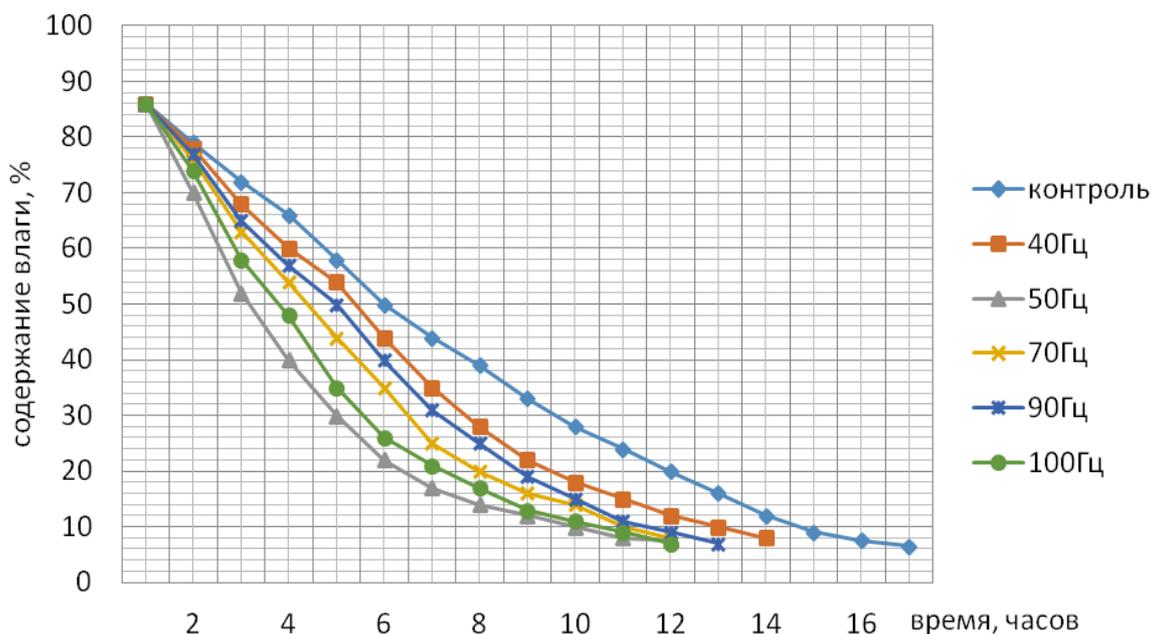


Рисунок 3 – Зависимость содержания влаги в ломтиках плодов папайи от времени и частоты обработки.

Анализ результатов исследования показывает, что скорость потерь массы влаги при сушке больше при частоте 50 Гц, затем при частоте 100 Гц.

При анализе степени влияния синергизма двух частот (рисунок 1 Б) на потери массы во время сушки, нами были избраны частоты в соответствии с полученными результатами на рисунке 1 (А).

Установлено, что скорость потери массы плодов манго и папайи во время сушки, при синергизме двух частот электромагнитной обработки, больше чем воздействие одной частоты. Результаты исследования показаны на рисунках 4 и 5.

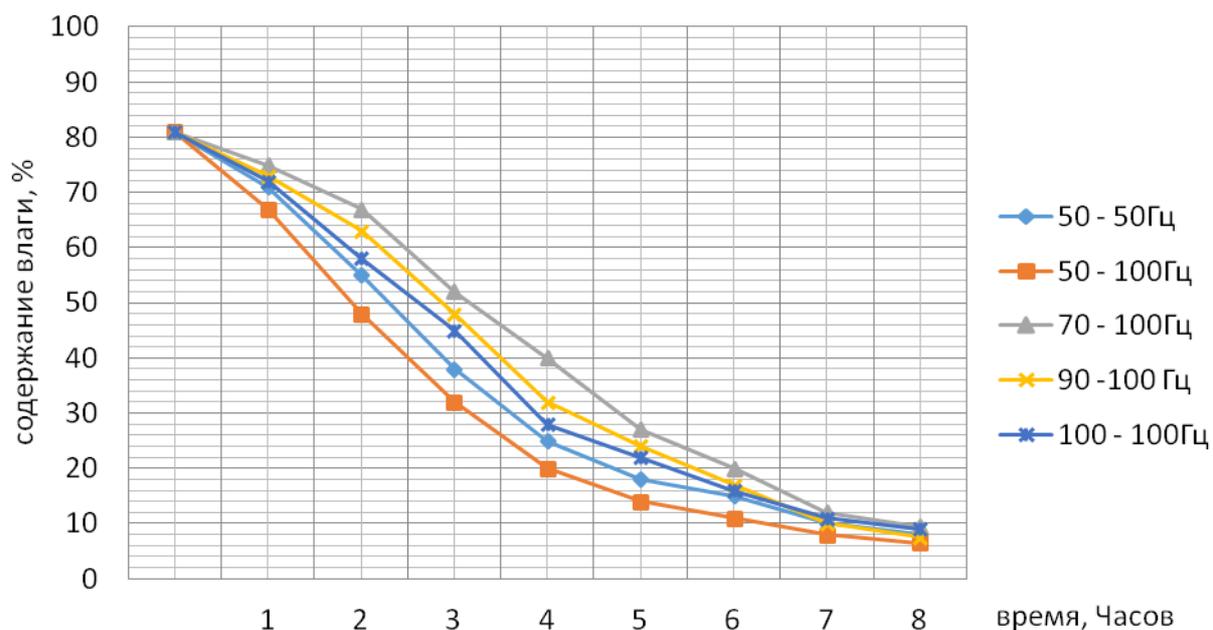


Рисунок 4 – Зависимость потерь массы плодов манго от частоты электромагнитной обработки при синергизме двух частот.

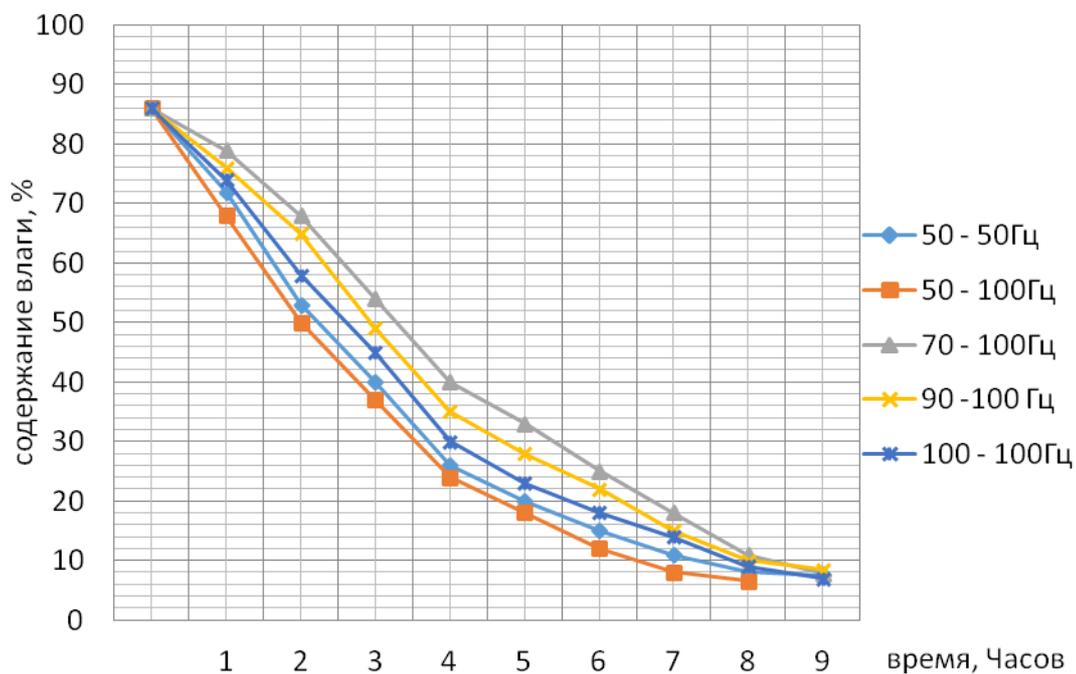


Рисунок 5 – Зависимость потерь массы плодов папайи от частоты электромагнитной обработки при синергизме двух частот.

Анализ результатов показывает, что воздействие низкочастотной обработки от одной частоты мало влияет на скорость сушки.

При синергизме двух частот скорость сушки увеличивается в 1,5 раза.

На втором этапе изучали кинетику снижения количества микрофлоры при различных частотах электромагнитного поля и при синергизме двух частот. При этом ломтики плодов манго и папайи помещали в экранированную камеру с вмонтированным излучателем ЭМП НЧ. На ломтики воздействовали сигналом синусоидальной формы в диапазонах 20-120 Гц.

Как видно из рисунков 6,7, при сушке плодов манго и папайи с частотой в пределах от 20 до 30 Гц и продолжительностью 30 мин. рост плесени и дрожжей сильно увеличился.

При увеличении частоты обработки количество микроорганизмов снизилось и достигло минимума при 50 Гц, затем возрастало, чтобы заново достичь минимума при 100 Гц.

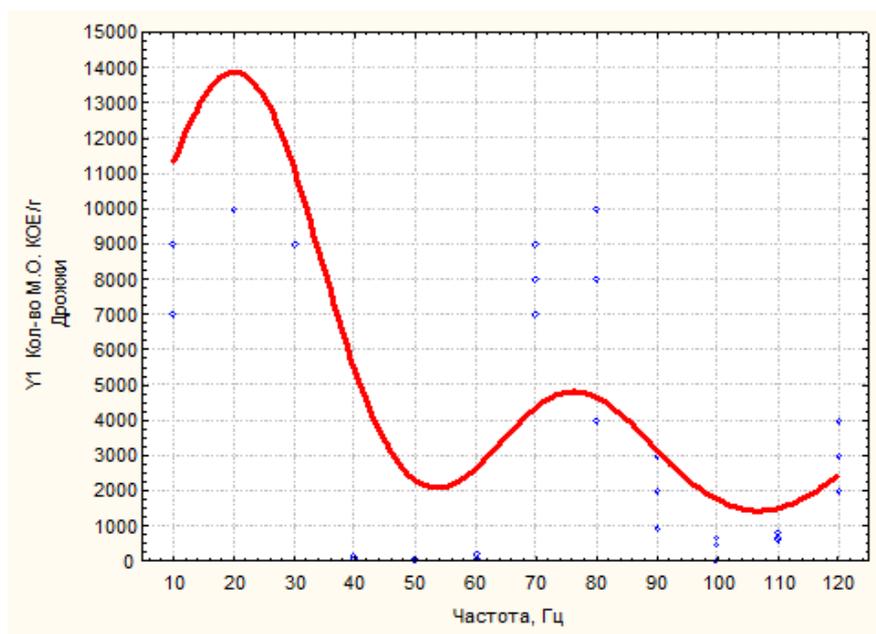


Рисунок 6 – Зависимость степени роста и отмирания дрожжей от частоты и времени обработки (Рисунок 1 (А)).

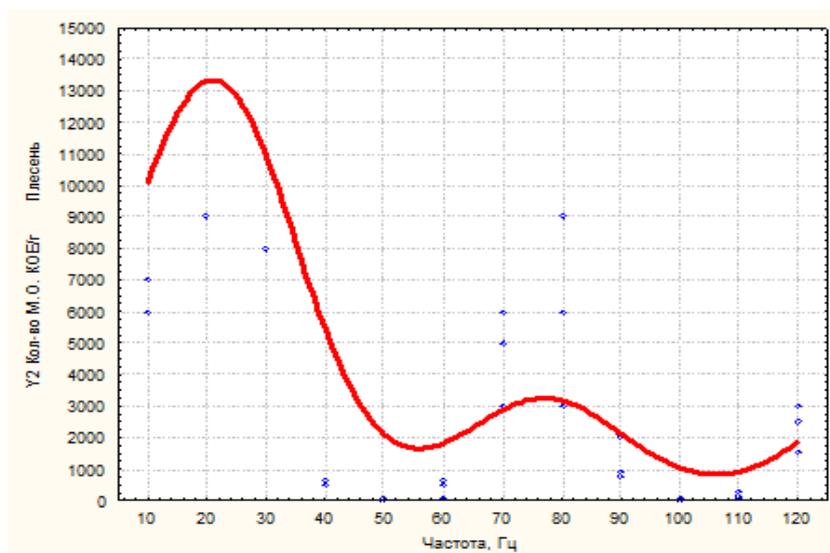


Рисунок 7 – Зависимость степени роста и отмирания плесени от частоты и времени обработки (Рисунок 1 (А)).

При анализе результатов, полученных после сушки плодов манго и папайи (Рисунок 1 (А)), выяснено, что большое снижение микроорганизмов (дрожжей и плесени) наблюдается при 50 Гц, а затем при 100 Гц, а рост числа микробов – при 20 Гц и 75 Гц. Поэтому для максимального уничтожения микроорганизмов предложено комбинировать эти частоты (Рисунок 1 (Б)).

Таблица 2 – Зависимость степени отмирания дрожжей и плесени от синергизма двух частот после сушки плодов манго

Параметры	Порошок плодов манго				
	50 – 50	50 – 100	70 – 100	90 – 100	100 – 100
Дрожжи, КОЕ/г	0	0	60	25	0
Плесень, КОЕ/г	40	0	10	55	10

Таблица 3 – Зависимость степени отмирания дрожжей и плесени от синергизма двух частот после сушки плодов папайи.

Параметры	Порошок плодов папайи				
	50 – 50	50 – 100	70 – 100	90 – 100	100 – 100
Дрожжи, КОЕ/г	0	0	25	25	20
Плесень, КОЕ/г	40	0	30	10	0

Как видно из данных таблиц 2 и 3, максимальное снижение количества микроорганизмов наблюдается при синергизме частот (50 – 100) Гц. При этих частотах происходит максимальное уничтожение всех микроорганизмов.

В результате обработки экспериментальных данных определены оптимальные значения технологических параметров сушки с целью получения порошков из плодов папайи и манго при комбинировании низкотемпературной обработки с электромагнитным полем крайне низкой частоты.

Изучены оптимальные условия действия электромагнитного поля крайне низкой частоты на интенсивность массообмена при сушке плодов манго и папайи, а также на снижение количества микроорганизмов во время сушки.

Доказано, что при синергизме двух частот (50 – 100) Гц, происходит интенсификация процесса сушки, а скорость массообмена увеличивается в 1,5 раза. За счет синергетического эффекта указанных частот, также отмечалось оптимальное содержание исследуемой микрофлоры (дрожжей и плесени).

Даны характеристики изменения химических свойств плодов манго и папайи во время сушки.

Таблица 3 – Изменение содержания витаминов в плодах манго и папайи время сушки по новой технологии.

Показатели			Продолжительность сушки, ч			
			1	2	3	4
Плоды манго	Бета каротин, $\mu\text{g}/100\text{g}$	Контроль	535	1050	2245	3454
		Опыт	938	1567	3456	5443
	Витамин С, мг/100г	Контроль	50	62	75	85
		Опыт	55	71	88	105
Плоды папайи	Бета каротин, $\mu\text{g}/100\text{g}$	Контроль	1560	8600	16700	18600
		Опыт	1850	9600	17560	20850
	Витамин С, мг/100г	Контроль	50	110	220	325,7
		Опыт	47	115	225	330,4

Таблица 4 – Физико – химические показатели порошков плодов манго и папайи, полученных по новой технологии.

Показатели	Порошок манго		Порошок папайи	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Вода, %	6,5	6,5	6,5	6,5
Белки, %	2,99	3,0	2,6	2,8
Жиры, %	2,85	2,87	0,99	1,1
Углеводы, %	76,5	77,0	46,1	46,6
Витамин С, мг/100г	135	165	395,8	397,6
Бета каротин, мкг/100г	5980	6544	29250	33450
Оксиметилфурфурол, мг/100г	2,4	2,3	2,4	2,3

Таким образом, полученные нами результаты исследования согласуются с литературными данными и служат основанием для разработки комплексной технологии сушки плодов с максимальным снижением энергозатрат и получением порошка высокого качества и длительного хранения.

Список литературы

1. Tunde Y.– Akintunde and Afolabi. Drying is one of the most energy-intensive processing of raw materials //Journal of Food Process Engineering, Volume 33, Issue 4, August 2010. – P. 649-660.
2. Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н. Теория сушки пористых тел с многокомпонентной жидкой фазой // Доповіді НАНУ.- 2006,- № 4. – С. 72-81.
3. Duan Xu, Liu Wei, Ren Guangyue, Liu Wenchao, Liu Yunhong. Comparative study on the effects and efficiencies of three sublimation drying methods for mushrooms //International Journal of Agricultural and Biological Engineering. Vol 8, № 1 (2015). – P. 91-97.
4. De la Fuente – Blanco S.; Riera – Franco de Sarabia . E.; Rodriguez – Corral .G.; Gallego – Juarez J.A.; Ultrasonic system for drying system. Dec. 2006. – P. 523-527.
5. Garcia Perez J.V.; Rosello C. ; Carcel J.A.; de la Fuente S. ; Mulet A. Effect of air temperature on convective drying assisted by high power ultra sound defect and diffusion forum, 2006. – P. 563-574.
6. Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н. Развитие теории и методов расчета тепломассопереноса при сушке пористого тела с многокомпонентными паровой и жидкой фазами. //Инженерно - физический журнал. -2008.- том 81, № 6. – С. 1111-1124.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010616170. «Функциональный генератор ЭМП НЧ для обработки сырья (Генератор НЧ)» 2010 г.
8. Cristina Leonelli, Timothy J. Mason. Microwave and ultrasonic processing: Now a realistic option for industry// Chemical Engineering and Processing. Volume 49, Issue 9, September 2010. – P. 885-900.

9. Azmir J. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. /J.Azmir I.S.M. Zaidul, M.M. Rahman, K.M. Sharif, A. Mohamed, F. Sahena, M.H.A. Jahurul, K. Ghafoor, N.A.N. Norulaini, A.K.M. Omar. //Journal of Food Process Engineering, August 2013.

10. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Электромагнитная обработка сырья растительного и животного происхождения. Краснодар: КубГТУ, 2002.217с.

11. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Резонансное взаимодействие семян подсолнечника с амплитудно – модулированным магнитным полем// Вестник Россельхозакадемии, 2002, №6, С.77 – 80.

12. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Взаимодействие электромагнитных полей на биохимические процессы в семенах растений// известия вузов. Пищевая технология, 2002, №1, С21 – 23.

13. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Ru 2203458С2, МПК⁷ F26В3/347, Способ сушки сырья растительного и животного происхождения. Заявлено 16.07.2001. опубликовано 27.04.2003.

References

1. Tunde Y.– Akintunde and Afolabi. Drying is one of the most energy-intensive processing of raw materials //Journal of Food Process Engineering, Volume 33, Issue 4, August 2010. – P. 649-660.

2. Nikitenko N.I., Snezhkin Ju.F., Sorokovaja N.N. Teorija sushki poristyh tel s mnogokomponentnoj zhidkoj fazoj // Dopovidi NANU.- 2006,- № 4. – С. 72-81.

3. Duan Xu, Liu Wei, Ren Guangyue, Liu Wenchao, Liu Yunhong. Comparative study on the effects and efficiencies of three sublimation drying methods for mushrooms //International Journal of Agricultural and Biological Engineering. Vol 8, № 1 (2015). – P. 91-97.

4. De la Fuente – Blanco S.; Riera – Franco de Sarabia . E.; Rodriguez – Corral .G.; Gallego – Juarez J.A.; Ultrasonic system for drying system. Dec. 2006. – P. 523-527.

5. Garcia Perez J.V.; Rosello C. ; Carcel J.A.; de la Fuente S. ; Mulet A. Effect of air temperature on convective drying assisted by high power ultra sound defect and diffusion forum, 2006. – P. 563-574.

6. Nikitenko N.I., Snezhkin Ju.F., Sorokovaja N.N. Razvitie teorii i metodov rascheta teplomassoperenosa pri sushke poristogo tela s mnogokomponentnymi parovoj i zhidkoj fazami. //Inzhenerno - fizicheskij zhurnal. -2008.- tom 81, № 6. – S. 1111-1124.

7. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2010616170. «Funkcional'nyj generator JeMP NCh dlja obrabotki syr'ja (Generator NCh)» 2010 g.

8. Cristina Leonelli, Timothy J. Mason. Microwave and ultrasonic processing: Now a realistic option for industry// Chemical Engineering and Processing. Volume 49, Issue 9, September 2010. – P. 885-900.

9. Azmir J. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. /J.Azmir I.S.M. Zaidul, M.M. Rahman, K.M. Sharif, A. Mohamed, F. Sahena, M.H.A. Jahurul, K. Ghafoor, N.A.N. Norulaini, A.K.M. Omar. //Journal of Food Process Engineering, August 2013.

10. Baryshev M.G., Kas'janov G.I., Jelektromagnitnaja obrabotka syr'ja rastitel'nogo i zhivotnogo proishozhdenija. Krasnodar: KubGTU, 2002.217s.

11. Baryshev M.G., Kas'janov G.I. Rezonansnoe vzaimodejstvie semjan podsolnechnika s amplitudno – modulirovannym magnitnym polem// Vestnik Rossel'hozakademii, 2002, №6, S.77 – 80.

12. Baryshev M.G., Kas'janov G.I., Vzaimodejstvie jelektromagnitnyh polej na biohimicheskie processy v semenah rastenij// izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija, 2002, №1, S21 – 23.

13. Baryshev M.G., Kas'janov G.I., Ru 2203458C2, MPK 7 F26B3/347, Sposob sushki syr'ja rastitel'nogo i zhivotnogo proishozhdenija. Zajavleno 16.07.2001. opublikovano 27.04.2003.