

УДК 621.56/59(063)  
ББК 31.392  
К 14

Сборник подготовлен под редакцией  
доктора технических наук, академика Кулажанова Т.К.

**Редакционная коллегия:**

Цой А.П., Шалбаев К.К., Галкин М.Л., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К 14 Казахстан-Холод 2019: Сб. докл.межд.науч.-техн.конф. (20-21 февраля 2019г.) = Kazakhstan-Refrigeration 2019: Proceedings of the Conference (February 20-21, 2019). – Алматы: АТУ, 2019. – 218 с., русский, английский

ISBN 978-601-263-484-6

В докладах представлены результаты научных исследований, посвященные холодильным компрессорам, теплообменным аппаратам, системам автоматизации, цифровизации, технологиям холодильного хранения и переработки плодов и овощей и практическим внедрениям, представленные из Казахстана, России, Украины, Германии, Австрии, Беларуси, Кыргызстана, Голландии, Швейцарии и Узбекистана. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной техники, пищевой и химической промышленности, а также на специалистов систем кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения жилых, коммерческих зданий и спортивных комплексов.

The proceedings present the results of scientific research on refrigeration compressors, heat exchangers, automation systems, digitalization, refrigeration storage technology and the processing of fruits and vegetables and practical implementations submitted from Kazakhstan, Russia, Ukraine, Germany, Austria, Belarus, Kyrgyzstan, Holland, Switzerland and Uzbekistan. The proceedings are devoted to professionals and scientists working in the fields of refrigeration, food and chemical industries, as well as to specialists in air conditioning systems and life support of residential, commercial buildings and sports complexes.

УДК 621.56/59(063)  
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-484-6

© АТУ, 2019

Анализ полученных результатов показал, что для отвода теплоты с поверхности колбасного изделия используются капли жидкости гидроаэрозоля размером  $7\pm 3$  мкм. Ещё один метод интенсифицировать теплоотдачу состоял в том, что устанавливается специальный алгоритм работы форсунки, при котором гидроаэрозоль подаётся в точки максимальных температур на поверхности объекта. В качестве управления форсункой используется термограмма, получаемая тепловизором.

Разработанный метод наложения позволяет регулировать процесс испарения влаги с поверхности колбасного изделия а, следовательно, обеспечить возможность управления процессом теплосъёма. По результатам технологических исследований разработана принципиальная схема промышленного образца камеры аэрозольного охлаждения колбасных изделий.

Внедрение аэрозольного охлаждения позволит интенсифицировать процесс, увеличить выход варёных колбас за счёт снижения потерь их массы, снизить расход воды и затраты на получение холода, а также сократить время охлаждения продукции.

Использование гидроаэрозолей для интенсификации теплосъёма с поверхности пищевых продуктов является перспективным направлением, позволяющим получать частицы с размером до  $7\pm 3$  мкм, что может найти широкое применение в холодильных системах и технологии охлаждения пищевых продуктов.

Авторами разработан стенд и проводятся исследования по использованию электрогидроаэрозолей (ЭГА), показывающие широкие перспективы их использования в приведённых направлениях. Результаты исследований будут опубликованы в дальнейших работах.

#### Список литературы

1. Патент SU №1463345 А1. Способ генерирования и уноса жидкого электроаэрозоля и устройство для его осуществления / М. И. Воронин, Ф. М. Сажин. – Бюл. №9. – 3 с.
2. Патент SU №1465129 А1. Генератор заряженного аэрозоля / И. П. Верещагин, Л. М. Макальский, А. М. Болога. – Бюл. №10. – 3 с.
3. Патент SU №1752306. Электроаэрозольный распылитель / И. Ф. Бородин, А. В. Савушкин. – Бюл. №29. – 3 с.
4. Куцакова, В. Е. К расчёту времени гидроаэрозольно-испарительного охлаждения тушек птицы / В. Е. Куцакова, С. В. Фролов, Н. Ф. Крупенкова // Вестник международной академии холода. – 1999. – № 2.
5. Куцакова, В. Е. О выборе параметров гидроаэрозольно-испарительного охлаждения колбасных изделий после тепловой обработки / В. Е. Куцакова, С. В. Фролов, В. Л. Кипнис. // Вестник международной академии холода. – 2001. – Вып. 3.
6. Фукс, Н. А. Механика аэрозолей. – М., 1955.

УДК 66.061.3:538.868

#### ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ МИКРОВОЛНОВОМ ЭКСТРАГИРОВАНИИ

#### SELECTION OF OPTIMAL TEMPERATURE PARAMETERS DURING MICROWAVE EXTRACTION

<b>Heorhiiesh K.V.</b> , Cand. Tech. Sc.	<b>Георгиеш Е.В.</b> <sup>1а</sup> , канд. техн. наук
Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, 65082, Odessa, Dvoryanska Str., 1/3	Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, 65082, Одесса, ул. Дворянская, 1/3
<b>E-mail:</b> georgiesh.kat@gmail.com	

## **Abstract**

An important role in the selection of rational technological parameters of the material processing process in a microwave field is the possibility of predicting the temperature values inside the plant material. Under the conditions of a microwave field, it is rather difficult to control the process. However, the research results allow to select the range of optimal temperature parameters at which the maximum effect from the process of processing the sample is achieved. The results of experimental studies of the yield of the target component (TC) give a temperature range from 30 to 60 °C, and for hard-to-recover substances 95°C.

## **Аннотация**

Важную роль при выборе рациональных технологических параметров процесса обработки материала в микроволновом поле играет возможность прогнозирования значений температуры внутри растительного материала. В условиях действия микроволнового поля достаточно сложно контролировать процесс нагрева, что связано с его особенностями. Однако результаты исследований позволяют выделить диапазон оптимальных параметров температуры, при которых достигается максимальный эффект от процесса обработки исследуемого образца. Результаты экспериментального исследования выхода целевого компонента (ЦК) указывают на диапазон температур от 30 до 60 °C, а для трудноизвлекаемых веществ 95°C.

Мировая тенденция применения безопасных химических средств в борьбе с вредителями указывает на необходимость поиска альтернативных средств борьбы, которые не накапливаются в почве и не оказывают вреда человеку. Решением поставленной проблемы может стать получение пестицидов из растительного материала. Известно достаточно большое количество методик получения экстрактов, но каждая из них имеет ряд недостатков. Наряду с традиционными методами хорошо зарекомендовали современные интенсивные методы, позволяющие ускорить процесс выхода целевых компонентов из материала, увеличить объем получаемого экстракта, а также снизить количество необходимого растворителя, что может существенно снизить затраты на процесс [1].

Извлечение биологически активных веществ (БАВ) из растительных материалов в экстрагент является основной стадией получения экстрактов. От эффективности извлечения БАВ зависит степень чистоты получаемого продукта, его качество и себестоимость. Процессы переноса теплоты и массы в материале зависят от его температуры, значение которой определяет эффективность диффузионного переноса в структуре тела, а также лимитирует уровень нагрева вследствие того, что не все БАВ являются термостабильными веществами [2].

Обработка растительного материала в микроволновом поле имеет свою специфику, которая связана с особенностями преобразования электромагнитной энергии во внутреннюю энергию тела. Понимание объемного характера нагрева, процесса поглощения энергии телом различной формы, толщины, влияния диэлектрических характеристик является основой для развития эффективной технологии. В промышленной практике в мире используются микроволны с частотой 2,45 ГГц. Такую частоту получают с помощью магнетронов. В диапазоне микроволн имеет место нагрев, получивший название микроволновый, причиной которого является поляризационный эффект [3].

Растительный материал является, как правило, чистым электрическим изолятором. Этот материал способен к накоплению и диссипации энергии при взаимодействии с электромагнитным полем. Диэлектрические свойства играют определяющую роль при взаимодействии электрического поля с продуктом. Наиболее просто механизм преобразования микроволнового поля во внутреннюю энергию полярного диэлектрика можно описать следующим образом: диэлектрические потери при микроволновой частоте обусловлены в основном полярными молекулами воды. Дипольная молекула под действием внешнего электрического поля приобретает крутящий момент (момент вращения), образованный парой зарядов. Под действием момента вращения диполь ориентируется в направлении поля, меняется с микроволновой частотой. При этом энергия микроволнового поля превратится во внутреннюю энер-

гию тела [4]. Таким образом, микроволновый нагрев позволяет осуществить объемную энергию, избежав перегревов и неоднородностей. Интенсивный выход биологически активных веществ объясняется однонаправленностью градиента температуры и давления, что невозможно осуществить при любом другом способе извлечения.

Изучение кинетики процесса экстрагирования в аппарате микроволнового экстрагирования в зависимости от температуры подаваемого экстрагента показало, что температура подаваемого экстрагента не влияет на полноту извлечения сухих водорастворимых веществ, но оказывает значительное влияние на продолжительность процесса экстрагирования.

С увеличением температуры экстрагента начинается интенсивное образование газовых пузырьков на границах раздела и интенсивность передачи микроволновой энергии падает. Поэтому, максимальный выход биологически активных веществ происходит при температуре  $30\div 60$  °С. При экстрагировании необходимо учитывать повышение температуры экстрагента за счет поглощения микроволновой энергии и следить за тем, чтобы температура экстракта не превышала допустимых значений. Однако Рутрей и Орнат [5] утверждают, что эффективность выхода ЦК увеличивается с увеличением температуры до достижения оптимального значения, а затем начинает уменьшаться с дальнейшим повышением температуры: это происходит потому, что выбор идеальной температуры экстракции напрямую связан с установкой процесса во времени и, следовательно, с выходом целевого компонента.

Анализ экспериментальных данных показал, что максимальный выход целевого компонента достигается при диапазоне температур  $30\div 70$  °С, для трудноизвлекаемых веществ 95°С. Таким образом, для получения экстракта лактуцерина из молокана дикого достаточно получения температуры экстракта 35°С, при мощности 160 Вт, а для выхода аллицина из чеснока, который является термолабильным веществом, нагрев проводился до 30°С. В то время как хелидонин, действующее вещество чистотела, достаточно устойчиво к высоким температурам (до 135°С), что позволяет проводить процесс обработки достаточно глубоким, время экспозиции 5 мин, при мощности магнетрона 630 Вт.

Полученные данные подтверждаются рядом работ по другим видам получаемых экстрактов, так например в работе Ли приведены оптимальные условия получения антиоксидантов из плодов гордония подмышечная – 40°С и 400 Вт [6]. В работе Чана приведены результаты выделения флавоноидов из листьев какао при температуре экстракции 50 и 70 °С.

В табл. 1 приведены данные выхода целевого компонента, полученные с учетом геометрических и физических характеристик процесса экстрагирования. Полученный результат хорошо коррелируется с экспериментальными данными работы [7], в которой исследовалось извлечение бетулина из технической бересты с применением МВ поля при температуре экстрагирования 70 °С, приводя к развитию поля избыточного давления в материале [8] и соответственно интенсифицирует перенос массы.

Таблица 1 – Зависимость концентрации целевого компонента от размера частицы

Время обработки, с	Радиус частицы, мм				
	2	4	6	8	10
	Концентрация ЦК С, кг/м <sup>3</sup>				
30	0,0542007	0,0973552	0,1197107	0,1291849	0,1306664
120	0,0022631	0,0211168	0,0459330	0,0681498	0,0866511
210	0,0000945	0,0045796	0,0174255	0,0340541	0,0511833
300	0,0000039	0,0009932	0,0066107	0,0170132	0,0301449
390	$1,6474 \cdot 10^{-7}$	0,0002154	0,0025079	0,0084997	0,0177527
480	$6,8787 \cdot 10^{-9}$	0,0000467	0,0009514	0,0042464	0,0104547
570	$2,8721 \cdot 10^{-10}$	0,0000101	0,0003609	0,0021215	0,0061569
660	$1,1992 \cdot 10^{-11}$	0,0000022	0,0001369	0,0010599	0,0036259

Анализ расчетного значения относительной концентрации выхода целевого компонента (масла) показал, что наиболее интенсивно выход целевого компонента происходит при размере измельченного материала до 10 мм, если усреднить значение размера частицы и принять для дальнейшего рассмортения размер 6 мм, то видно, что максимальный выход ЦК наблюдается с 30 до 300 с, что доказывает сокращение времени обработки при использовании микроволновых технологий по сравнению с традиционными методами (от 3 часов до 48 часов при настаивании), что объясняется влиянием диффузионного переноса в структуре тела, который зависит от температуры внутри тела, а благодаря эффекту селективного и объемного нагрева в микроволновом поле значение коэффициента диффузии, характеризующего скорость протекания процесса выше, чем при традиционном ( $D=10^{-6}.. 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с для условий микроволнового поля и  $D=10^{-10}.. 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/с для других методов) [7,9,10].

### Выводы

Изменение температуры растворителя и обрабатываемого материала непосредственно зависит от мощности магнетрона камеры, как правило, повышение выхода и сокращение времени экстракции, достигаются при максимальном значении мощности (в большинстве случаев это 900 Вт), но с другой стороны, высокая микроволновая мощность может привести к плохому выходу целевого компонента из растительного скелета в растворитель из-за разрушения термочувствительных соединений. Кроме того, быстрый разрыв клеточной стенки происходит при высокой температуре обработке при использовании большей мощности, и в результате примеси может также вымываться в растворитель вместе с желаемым растворенным веществом. Поэтому важно правильно выбрать мощность МВ поля, чтобы минимизировать время необходимо достичь заданной температуры и избежать «ударов» температура при экстракции. Кроме того, при передержке в микроволновой печи было обнаружено, что излучение даже при низкой температуре или низкой рабочей мощности уменьшает выход экстракции из-за потери химической структуры активных соединений.

### Список литературы

1. Lijun Wang. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants [Text] / Lijun Wang, Curtis L. Weller // Trends in Food Science & Technology. – 2006. – № 17. – P. 300-312.
2. Бутиков, В. В. Интенсификация процессов в массообменном оборудовании химических производств наложением электрических полей [Текст] / В. В. Бутиков // Электронная обработка материалов. – 1983. – № 4. – С. 30- 32.
3. Whittaker, A. G. Diffusion in microwave-heated ceramics [Text] / A. G Whittaker // Chem. Mater, 2005. – Vol. 17. – P. 3426-3432.
4. Yin, D. The dispersion and solid-state ion exchange of ZnCh onto the surface of NaY zeolite using microwave irradiation [Text] / D. Yin // Microporous and Mesoporous Materials, 1998. – Vol. 24. – P. 123-126.
5. Routray, W. Microwave-assisted extraction of flavonoids [Text] / W. Routray, V. Orsat. // Food Bioprocess Technol. – 2011. – № 5(2). – P. 1-16
6. Ya Li. Microwave-Assisted Extraction of Natural Antioxidants from the Exotic *Gordonia axillaris* [Text] // Optimization and Identification of Phenolic Compounds Molecules. – 2017. – № 22. – P. 348-354. – doi:10.3390/molecules22091481.
7. Коптелова, Е. Н. Извлечение экстрактивных веществ и бетулина из бересты при воздействии СВЧ-поля [Текст] / Е. Н. Коптелова, Н. А. Кутакова, С. И. Третьяков. // Химия растительного сырья. – 2013. – № 43. – С. 159-164.
8. Лыков, А. В. Теория сушки [Текст] / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
9. Gabriel Abraham Cardoso-Ugarte. Microwave-assisted Extraction of Essential Oils from Herbs [Text] / Gabriel Abraham Cardoso-Ugarte, Gladys Paola Juárez-Becerra, María Elena Sosa-Morales, Aurelio López-Malo // Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. – 2013. – № 47 (1). – P. 63-72.
10. Ушанова, В. М. Экстрагирование древесной зелени и коры пихты сибирской сжиженным диоксидом углерода и водно-спиртовыми растворами / В. М. Ушанова, С. В. Ушанов. – Красноярск, 2009. – 191 с.

<b>Буданов В.А.</b> Обзор конструкций холодильных спиральных компрессоров <b>Budanov V.A.</b> Overview of refrigeration scroll compressor designs	50
<b>Свердлов А.В., Волков А.П., Рыков С.В., Волков М.А.</b> Экология и энергоэффективность при проектировании струйных систем вентиляции подземных автостоянок <b>Sverdlov A.V., Volkov A.P., Rykov S.V., Volkov M.A.</b> Ecology and energy efficiency in the design of jet ventilation systems of underground parking	56
<b>Волчок В.А.</b> Выбор зеотропных смесей хладагентов для парокомпрессионных тепловых насосов <b>Volchok V.A.</b> Choice of zeotropic mixtures of refrigerators for vapor-compression heat pumps	63
<b>Бабакин Б.С., Воронин М.И., Малёв Р.Ю., Межевов А.В.</b> Охлаждение элементов холодильных систем и пищевых продуктов с использованием электрофизических методов <b>Babakin B.S., Voronin M.I., Malev R.Y., Mejevov A.V.</b> Cooling of elements of refrigeration systems and food products using electrophysical methods	66
<b>Георгиев Е.В.</b> Выбор оптимальных параметров температуры при микроволновом экстрагировании <b>Georgiievskiy E.V.</b> Selection of optimal temperature parameters during microwave extraction	69
<b>Данько В.П.</b> Исследование гидродинамики теплообменных аппаратов систем жизнеобеспечения от свойств абсорбента <b>Danko V.P.</b> Study of hydrodynamics of heat and mass transfer devices of life support systems from the properties of the absorbent	73
<b>Евдокимов В.С., Максименко В.А., Кузьменков А.А., Рожков Н.С.</b> Компрессорный холодильный агрегат для термостабилизаторов грунта <b>Evdokimov V.S., Maksimenko V.A., Kuzmenkov A.A., Rozhkov N.S.</b> Refrigeration unit for soil thermostabilizer	78
<b>Жихарева Н. В., Хмельнюк М.Г.</b> Оптимизация многозональных VRF систем кондиционирования воздуха <b>Zhykharieva N.V., Khmelniuk M.G.</b> Optimization of multi-zone VRF air-conditioning systems	82
<b>Акимов А., Кабулов Б.Б., Мустафаева А.К., Бакиева А.Б., Ташыбаева М.М.</b> Способ измельчения замороженного мясного сырья <b>Akimov A., Kabulov B.B., Mustafaeva A.K., Bakieva A.B., Tashybaeva M.M.</b> The method of grinding frozen raw meat	87
<b>Какимов А.К., Суйчинов А.К., Есимбеков Ж.С., Байкадамова А.М., Кабдылжар Б.К.</b> Низкотемпературная обработка сырья при получении мясокостной пасты <b>Kakimov A.K., Suychinov A.K., Yessimbekov Zh.S., Baikadamova A.M., Kabdylzhar B.K.</b> Low-temperature processing of raw materials in the production of meat-bone paste	89