

На основании проведенных экспериментов определена величина влажности, при которой наблюдается наибольшее адгезионное взаимодействие загрязнений и поверхности растительного сырья. Количественно это значение влажности находится в пределах 28...30 %. Также определено количественно значение величины усилия отрыва загрязнений от поверхности растительного сырья. Знание этих величин позволяет в зависимости от вида сырья рассчитать необходимые режимы работы моечных машин и подобрать соответствующие рабочие органы.

#### Литература

1. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. – М.: Химия. – 1974. – 416 с.
2. Н.А.Качинский. Механический и микроагрегативный состав почвы, методы его изучения. – М.: АН СССР, 1958.
3. Цыбулько В.Г. Динамика липкости чернозёмов. – Харків, Вісник ХДАУ, № 3, 2001. – с. 114.
4. Грунтоведение /Под. Ред. В.Т.Трофимова 6 – е изд. перераб. и доп.-Москва:Наука, 2005. – 1005 с.

УДК 641.526.7

## ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЙ НАГРЕВ В КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССАХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖАРЕНОЙ И ЗАПЕЧЕННОЙ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Михайлов В. М., д-р техн. наук, профессор, Дьяков А.Г., канд. техн. наук, доцент,  
Бабкина И.В., канд. техн. наук, доцент, Шевченко А.А., ассистент  
Харьковский государственный университет питания и торговли, г. Харьков**

*В статье представлен анализ использования электроконтактного нагрева в процессах и аппаратах пищевой промышленности. Выполнен тепловой расчет, результаты которого подтверждают эффективность использования электроконтактного нагрева в комбинированных тепловых процессах, используемых при производстве жареной и запеченной кулинарной продукции. Представлены результаты исследования выбора рациональных параметров электрического тока - напряжения, частоты.*

*In article presented analysis of the use of electrocontact heating in processes and apparatus of food retail industry. Executed a thermal calculation, the results of which confirm efficiency of the use of electrocontact heating in the combined thermal processes in-use at production of the fried and baked culinary goods. Presented the results of research of choice of rational parameters of electric current are voltage and frequencies.*

Ключевые слова: электроконтактный нагрев, тепловая обработка, жарка, запекание.

Теоретические сведения и производственный опыт осуществления процессов жарки и, в частности, запекания кулинарных изделий, свидетельствуют о ряде присущих им недостатков, наиболее важными из которых являются высокий расход энергоресурсов, значительная продолжительность и трудоемкость, низкий коэффициент полезного действия, а в некоторых случаях также невысокое качество получаемых изделий. С целью устранения этих недостатков вышеуказанные процессы усовершенствуются, в частности путем комбинирования разнообразных способов подвода тепловой энергии к нагреваемому продукту.

Одним из возможных направлений повышения технико-эксплуатационных показателей процессов тепловой обработки пищевых продуктов, является комбинирование традиционных методов подвода тепловой энергии с электрофизическими методами, в частности электроконтактным нагревом (ЭКН). Однако, несмотря на ряд достоинств этого метода (высокий КПД, равномерность температурного поля и др.), ЭКН в технологиях жарки до сих пор практически не применялся. Это обусловлено тем, что в условиях нагрева электрическим током основной проводник, входящий в состав полуфабрикатов, – водный солевой раствор, при нормальных условиях нагревается только до 100 °С. Данная температура достаточна для кулинарной готовности изделия, но для формирования корочки на поверхности продукта необходимо достигнуть около 120...130 °С, что и является барьером для использования ЭКН в процессах жарки. В то же время известно, что готовность изделия определяется достижением температуры в центральных слоях до 80...85 °С, поэтому ЭКН можно использовать, прежде всего, для интенсификации нагрева внутренних слоев продукта. Однако следует отметить, что положительный эффект использования ЭКН в комбинированных процессах возможен лишь при рациональных параметрах, в противном случае возможен обратный – негативный эффект. Поэтому важной задачей является расчет показателей, свидетельств-

вующих об эффективности теплового процесса для случая комбинирования ЭКН с другими методами нагрева.

Целью данной статьи является обоснование эффективности использования ЭКН в комбинированных тепловых процессах при производстве жареной и запеченной кулинарной продукции и определение рациональных параметров используемого электрического тока.

ЭКН используется при производстве колбасных изделий на основе многообразных видов фаршей (основным условием при этом является однородность структуры полуфабрикатов). При воздействии электрического тока осуществляют размораживание пищевых продуктов, например рыбных блоков. ЭКН применяют как в процессах сушки на табачном производстве, так и для пастеризации жидких пищевых продуктов (молока, уксуса). Однако, несмотря на ряд важных преимуществ, использование электроконтактного нагрева в способах тепловой обработки кулинарной продукции не нашло широкого применения.

ЭКН позволяет осуществлять обработку при перемещении полуфабрикатов вдоль электродов и при их неподвижном положении. К первой группе следует отнести устройство для электроконтактной термической обработки рыбного фарша, устройство для непрерывного ЭКН пищевых продуктов, устройство для электроконтактной варки пищевых продуктов, устройство для изготовления вареных колбас, шнековое устройство для электроконтактной тепловой обработки пищевых продуктов, устройство для ЭКН фаршевых изделий и др. [1-6]. Перечисленные разработки могут в основном применяться на различных крупных перерабатывающих предприятиях, производственных цехах мясокомбинатов. Вторая группа оборудования – периодического действия, в которой большинство аппаратов предназначено для использования на пищевых предприятиях невысокой мощности, в том числе ресторанного хозяйства. Сюда можно отнести устройство для обработки пищевых продуктов электрическим током, контейнер для пищевых продуктов с пазами для электродов, устройство для реализации электроконтактного способа приготовления пищевых продуктов [7-9]. На этом же принципе обработки основан способ варки и способ приготовления пищевых продуктов [10, 11].

Проведенный анализ использования ЭКН позволил сделать вывод о перспективности исследований по разработке технологии применения ЭКН для производства формованных изделий, например порционных рубленых изделий и запеканок на основе мяса, рыбы, измельченных овощей (картофеля, моркови, свеклы), различных круп; изделий из теста, в том числе хлебобулочных изделий и др. Одним из направлений в решении данной задачи является усовершенствование процессов жарки путем комбинации традиционных методов нагрева с ЭКН.

Разработанные авторами комбинированный способ тепловой обработки [12] и многофункциональное устройство [13] реализуют идею использования ЭКН при жарке и запекании. В их основу положено комбинирование поверхностного, инфракрасного (ИК) и электроконтактного нагрева. При этом поверхностный и ИК нагрев обеспечивают формирование корочки, соответственно с нижней и верхней поверхности полуфабриката, а ЭКН обеспечивает интенсивный нагрев внутренних слоев через боковые поверхности изделия.

Для обоснования эффективности использования ЭКН в комбинированном тепловом процессе, а также рациональных параметров электрического тока рассмотрим два варианта тепловой обработки полуфабрикатов:

- при двухстороннем подводе тепловой энергии снизу и сверху (контроль);
- при комбинации двухстороннего подвода тепловой энергии снизу и сверху с ЭКН от электродов, расположенных у боковых поверхностей продукта.

Зададимся следующими исходными данными. Масса полуфабриката 0,125 кг; площади нагреваемых поверхностей равны  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ; начальная температура продукта  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; удельное тепловое напряжение с одной стороны  $10 \text{ кВт/м}^2$ ; продолжительность нагрева 750 с.

Как известно, количество теплоты

$$Q = q \cdot S \cdot \tau, \text{ Дж}, \quad (1)$$

где  $q$  – удельное тепловое напряжение,  $\text{кВт/м}^2$ ;

$S$  – площадь нагреваемой поверхности,  $\text{м}^2$ ;

$\tau$  – продолжительность нагрева, с.

Из выражения (1) энергия от источника теплоты на процесс нагрева одной стороны продукта составляет  $Q = 37,5 \text{ кДж}$ , тогда при двустороннем нагреве –  $Q = 75 \text{ кДж}$ .

В данных условиях тепловой обработки справедливо выражение

$$Q = k \cdot G \cdot c \cdot (t_k - t_n) + k \cdot G \cdot x \cdot r, \text{ Дж}, \quad (2)$$

где  $k$  – доля продукта от общей массы полуфабриката (принимая для внутреннего слоя  $k = 0,8$ , для поверхностного  $k = 0,2$ );

$G$  – масса полуфабриката, кг;

$c$  – средняя удельная теплоемкость полуфабриката, Дж/кг·°С (принимая для внутреннего слоя  $c = 3157$  Дж/кг·°С, для поверхностного –  $c = 1670$  Дж/кг·°С);

$t_k, t_n$  – конечная и начальная температура, соответственно, °С;

$x$  – количество выпаренной влаги от начальной массы полуфабриката (принимая для внутреннего и поверхностного слоя 15 % и 45 %, соответственно);

$r$  – скрытая теплота парообразования, Дж/кг (принимая для внутреннего слоя  $r = 2382,2 \cdot 10^3$  Дж/кг; поверхностного –  $2256,3 \cdot 10^3$  Дж/кг).

Из формулы (2) конечная температура:

$$t_k = \frac{Q - k \cdot G \cdot x \cdot r}{k \cdot G \cdot c} + t_n, \text{ °С.} \quad (3)$$

Так как согласно [14] отношение необходимой энергии на нагрев внутреннего слоя к энергии на нагрев поверхностного 3:2, то энергия распределится в количестве, соответственно, 45 кДж и 30 кДж (при расчете процесса нагрева поверхностного слоя с одной стороны следует принять 15 кДж).

Выполнив расчеты по уравнению (3) для первого варианта определяем, что конечная температура внутреннего слоя составляет 49 °С, что является недостаточным для кулинарной готовности изделия, а поверхностного – 130 °С, при которой формируется поджаристая корочка. Увеличением мощности нагрева безусловно можно достичь необходимого значения в центре изделия 80 °С, но при этом произойдет перегрев и пригорание корочки, что является нежелательным.

При решении задачи для второго варианта нагрева будем исходить из необходимости достижения конечной температуры внутреннего слоя 80 °С. При этом из выражения (1) следует, что необходимая энергия должна составлять 54,7 кДж. Разность между количеством получаемой от источника энергии теплоты, и необходимой теплотой составляет 9,7 кДж. Согласно [14] напряжение для электроконтактного нагрева из закона Джоуля-Ленца:

$$U = \sqrt{\frac{Q}{\sigma \cdot \tau}}, \quad (4)$$

где  $U$  – напряжение электрического тока, В;

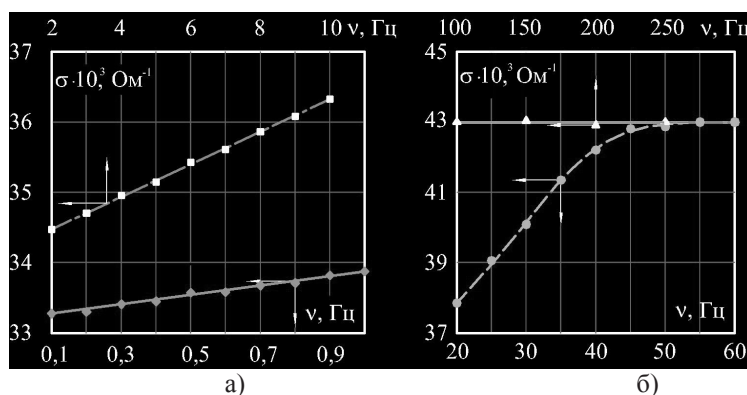
$\sigma$  – электропроводность, Ом<sup>-1</sup> (принимая  $\sigma = 0,085$  Ом<sup>-1</sup>);

Подставив значения, получим  $U = 12$  В.

В данном расчете показано, что двухсторонний нагрев изделия не дает возможности получить необходимое распределение температур по его объему. Недостаток энергии можно компенсировать применением ЭКН. При этом, учитывая различие в электропроводных свойствах пищевых продуктов, возникает необходимость регулирования мощности ЭКН за счет изменения напряжения. Его рациональное значение при известных значениях средней электропроводности полуфабриката, времени на формирование корочки и количества энергии на нагрев можно определить из формулы (4).

Однако следует отметить, что кроме напряжения, важным электрическим параметром, который оказывает значительное влияние на процесс ЭКН, является частота электрического тока, изменение которой влияет на электропроводность продукта, а также, соответственно, скорость нагрева и затраты энергии.

В качестве предмета исследований использовали мясной фарш. На рис. 1 приведены результаты исследований изменения электропроводности в интервалах низких 0,1...1 Гц, 2...10 Гц, 20...60 Гц и высоких 100...300 Гц частот.



—◆— - 0,1...1 Гц; —■— - 2...10 Гц; —●— - 20...60 Гц; —▲— - 100...300 Гц  
**Рис. 1 – Зависимость электропроводности мясного фарша от частоты электрического тока**

Анализ приведенных зависимостей свидетельствует о линейном увеличении электропроводности с повышением частоты вплоть до значения 30 Гц, далее тенденция нарушается и после 50 Гц электропроводность одинакова. Это объясняется следующим образом. Учитывая относительно высокое сопротивление клеточной мембраны, при малой частоте электрический ток проходит в основном во внеклеточной среде, что и обуславливает небольшую электропроводность. При увеличении же частоты электрического тока снижается сопротивление мембран, следствием чего является увеличение количества энергии, проходящей через клетки продукта и соответственно рост электропроводности. Кроме того, при низких частотах происходит перераспределение влаги внутри продукта, что ухудшает проводимость, а при 30...50 Гц частички влаги в основном совершают лишь колебательное движение и почти не перемещаются. Это означает, что структура продукта остается равномерной, что и обуславливает более высокую электропроводность. Дальнейшее же увеличение частоты до 300 Гц не влияет на эти факторы и электропроводность остается постоянной. Повышение электрической проводимости возможно (при чем незначительно) лишь при увеличении частоты электрического тока в сотни раз, когда возникнет колебание частиц на молекулярном уровне. Однако, это требует использования генераторов высоких частот, которые достаточно громоздки и имеют высокую стоимость, что повышает себестоимость аппаратного обеспечения. С этой точки зрения целесообразно применять частоты, которые можно получить, используя простые электрические схемы.

### Выводы

Выполненный обзор литературы показал перспективность использования ЭКН в процессах и аппаратах для производства широкого ассортимента кулинарной продукции, например порционных рубленых изделий и запеканок на основе мяса, рыбы, измельченных овощей, круп, хлебобулочных изделий и др.

Тепловыми расчетами получены данные, свидетельствующие об эффективности использования ЭКН в комбинированных тепловых процессах, используемых при производстве жареной и запеченой кулинарной продукции. Определены рациональные параметры используемого электрического тока – напряжение – 12 В, частота – 30...50 Гц.

Важными задачами дальнейшей работы являются исследования электропроводных свойств различных фаршевых систем, разработка рекомендаций к тепловой обработке конкретных полуфабрикатов, расчеты основных показателей разработанных аппаратов.

### Литература

1. А.с. 1736391 СССР, МКИ А 23 L 1/025. Способ электроконтактной термообработки рыбного фарша / Л.Я. Дембо, В.И. Варцаба (СССР). – № 4824680/13; заявл. 14.05.90; опубл. 30.05.92, Бюл. № 20.
2. А.с. 1685377 СССР, МКИ А 23 L 1/025. Устройство для непрерывного электроконтактного нагрева пищевых продуктов / В.И. Варцаба, Г.В. Маслова (СССР). – № 4709674/13; заявл. 22.06.89; опубл. 23.10.91, Бюл. № 39.
3. А.с. 591176 СССР, МКИ А 23 L 1/00, А 22 С 11/00. Устройство для электроконтактной варки пищевых продуктов / В.В. Рубаник, Д.Н. Ильинский, Э.К. Бунке (СССР). – №2364828/28-13; заявл. 24.05.76; опубл. 05.02.78, Бюл. №5.
4. Пат. 228 444 ГДР, МКИ А 23 L 1/317, А 22 С 11/00. Способ и устройство для изготовления вареных колбас. – Опубл. 16.10.85 №42.
5. А.с. 1669420 СССР, МКИ А 23 L 1/025. Устройство для электроконтактной тепловой обработки пищевых продуктов / В.И. Варцаба (СССР). – № 4709675/13; заявл. 22.06.89; опубл. 15.08.91, Бюл. № 30.
6. А.с. 1669419 СССР, МКИ А 23 L 1/025. Устройство для электроконтактного нагрева фаршевых изделий / В.И. Варцаба (СССР). – № 4709673/13; заявл. 22.06.89; опубл. 15.08.91, Бюл. № 30.
7. Заявка 03 3 512 058 ФРГ, МКИ А 23 L 1/025. Способ и устройство для обработки пищевых продуктов электрическим током. – Опубл. 10.10.85 №41.
8. Пат. 4109566 США, МКИ А 23 L 1/01. Food container having electrode pockets. – Опубл. 29.08.1978, Том 937, №5.
9. Пат. 2058084 РФ, МКИ А 23 L 1/025. Электроконтактный способ приготовления пищевых продуктов / Л.В. Долотовский (РФ). – № 94007050/13; заявл. 22.02.94; опубл. 20.04.96, Бюл. № 11.
10. А.с. 1634236 СССР, МКИ А 23 L 1/025. Способ варки фаршевых продуктов / Л.Я. Дембо, С.В. Никитин, П.Н. Складнев (СССР). – № 4420473/13; заявл. 04.05.88; опубл. 15.03.91, Бюл. № 10.
11. Заявка 94037461 РФ, МКИ А 23 L 1/025. Электроконтактный способ приготовления пищевых продуктов / Б.М. Гринберг, А.В. Абрамов (РФ). – № 94037461/13; заявл. 29.09.94; опубл. 10.03.97.
12. Пат. 33181 Україна, МКИ А 23 L 1/025. Комбінований спосіб жарки січених кулінарних виробів на основі електроконтактного нагріву / Михайлов В.М., Дьяков О.Г., Бабкіна І.В., Шевченко А.О. (Україна). – № 200801945; заявл. 15.02.08; опубл. 10.06.08, Бюл. №11.

13. Пат. 37175 Україна, МКИ А 23 L 1/025. А 47 J 37/00. Багатофункційний пристрій теплової обробки харчових продуктів / Михайлов В.М., Бабкіна І.В., Дьяков О.Г., Шевченко А.О. (Україна). – № 200804522; заявл. 09.04.2008; опубл. 25.11.2008, Бюл. № 22.
14. Михайлов В.М. Теоретичне визначення ефекту інтенсифікації термообробки за умов комбінованого запікання кулінарної продукції / В.М. Михайлов, О.Г. Дьяков, А.О. Шевченко // Прогрес. техніка і технології харч. вир-в ресторан. господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 2 (10). – С. 230-237.

УДК 66.084.6

## МОЙКА ОВОЩЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСТОРАННОГО ХОЗЯЙСТВА

Антропова Л.Н., канд. техн. наук, доцент, Гладкая А.Д. канд. техн. наук, доцент,  
Датьков В. П. канд. техн. наук, доцент  
Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского

*Приведена інформація про вплив вібрації, як ефективного способу механічного впливу, на овочі в процесі мийки, вплив форми та параметрів вібрацій робочої камери мийної машини на ефективність процесу мийки, конструктивне устрійство мийної машини.*

*Established information about vibration influence as an effective method of mechanical action on vegetables in the process of washing, influence of the form and parameters of vibration of the working chamber of washing machine on the effectiveness of the washing process and construction structure of the washing machine.*

Ключевые слова: вибрация, процесс мыйки, овощи

При переробці овочей на підприємствах ресторанного господарства однією з важливих технологічних операцій, впливаючої на якість готової продукції є мийка. Проведені дослідження в області створення обладнання для мийки овочей показали цільовість застосування вібрації для інтенсифікації процесу мийки. Достоїнствами вібраційних машин є простота конструкції в поєднанні з високим якістю мийки при малому удільному витраті води.

Ціль роботи – удосконалення процесу мийки овочей і розробка малогабаритної машини для її реалізації.

В відповідності з поставленою ціллю були розв'язані задачі:

- розробка конструкції вібраційної машини для мийки овочей;
- дослідження кінематики робочої камери машини;
- вивчення форми траєкторії робочої камери і характеру взаємодії овочей в процесі мийки;
- дослідження впливу параметрів вібрації на якість мийки овочей.

Для передбаченого дослідження спроектована машина для мийки, схема якої представлена на рисунку 1.

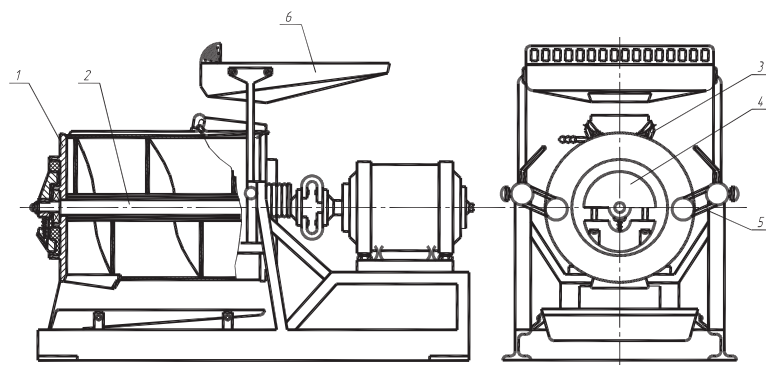


Рис. 1. – Вібраційна мийна машина

Машина має робочу камеру 1, що представляє собою кільцевий винтовий канал, утворений зовнішнім і внутрішнім циліндрами, між якими закріплений нерухомий однозаходний шнек, що проходить по всій довжині камери.