

УДК 664.002.5:640.432

А.И. Черевко, В.А. Скрыпник**ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРОЦЕССОВ КОНДУКТИВНОГО ЖАРЕНИЯ МЯСА**

Разработаны возможные направления повышения энергоэффективности и ресурсосбережения процессов кондуктивного жарения мяса на основе сформулированных технологических требований, полученных из анализа опубликованных экспериментальных и теоретических данных. Для повышения энергоэффективности процесса двустороннего жарения и выхода готовых изделий из мяса предложено использовать электроосмос переменной частоты. Для расширения ресурсной базы теоретически обоснована возможность проведения процесса кондуктивного жарения мяса с высоким содержанием соединительной ткани.

Энергоэффективность, ресурсосбережение, процесс кондуктивного жарения, электроосмос, мясо с высоким содержанием соединительной ткани.

Введение

Одна из основных проблем экономики Украины в современных рыночных условиях – низкая энергоэффективность технологических процессов. Энергоэффективность является одной из главных интегральных характеристик состояния и развития экономики топливно-энергетического комплекса и энергетического хозяйства каждой страны. Как отмечено в [1], энергоэффективность – это эффективное использование топливно-энергетических ресурсов на таких стадиях жизненного цикла продукции, как: проектирование и разработка технических требований, разработка продукции, производство, контроль, проведение испытаний и обследований, эксплуатация, утилизация. Энергоэффективность иногда называют пятым видом топлива из-за того, что эффективное использование энергии – это использование меньшего количества энергии для обеспечения такого же уровня энергетического обеспечения технологических процессов в производстве и сооружений.

Пищевая промышленность является важной отраслью экономики Украины, и ей присущи те же недостатки, хотя за 2007–2011 годы энергоэффективность пищевой промышленности выросла на 6,5 % – с 38,4 до 44,9 % от уровня Евросоюза [2] за счет внедрения новых методов производства, современного оборудования и контроля качества продукции. В соответствии с этим минимальный потенциал энергосбережения в пищевой промышленности можно оценить в 55,1 % от текущего энергопотребления.

Жарение изделий из мяса основным способом является одним из наиболее распространенных процессов тепловой обработки, к характерным особенностям которого можно отнести значительные потери массы (до 11...35 %) и удельный расход теплоты (до 1000...1300 кДж/кг) [3]. Энергоэффективность этого процесса во многом зависит от способа подведения теплоты и особенностей конструкции оборудования и не может быть высокой, поскольку такой процесс нуждается в поддержании высокотемпературного режима (150...200 °С), а аппараты для его реализации характеризуются значительным тепловым напряжением поверхностей нагрева (до 45 кВт/м²). Анализ развития оборудования для реализации про-

цесса кондуктивного жарения и литературных источников показывает, что энергоэффективности самого процесса и аппаратов для его реализации, а также повышению выхода и безопасности изделий уделяется мало внимания [4].

Процесс кондуктивного жарения мяса имеет и ресурсные ограничения: для жарения пригодны лишь определенные части туш убойных животных: вырезка, спинная и поясничная части, верхний и внутренний куски тазобедренной части, которые составляют у крупного рогатого скота (КРС) не более 10 %. Именно в этих частях соединительная ткань представляет собою тонкую и нежную сетку, состоящую преимущественно из коллагеновых волокон. Другие части туш (шейная, тазобедренная и лопаточная) содержат значительно больше соединительной части, для жарения не пригодны и используются для изготовления мелкокусковых полуфабрикатов.

Ежегодно поголовье КРС и свиней в Украине уменьшается в среднем на 4,5 % [5], в результате чего ресурсная база процесса кондуктивного жарения значительно сужается. Это негативно влияет на стоимость полуфабрикатов. Для улучшения ситуации Правительство Украины с 2007 года осуществляет импорт мясного сырья из разных стран мира (Бразилия, Польша, Германия, и др.). Как правило, стоимость импортного мясного сырья с учетом таможенных сборов ниже отечественного, а его качество невысокое и существенно влияет на энергоэффективность процессов тепловой обработки. Кроме того, не исключена возможность наличия в мясе иностранного происхождения вируса бешенства и следов генно-модифицированных организмов (ГМО) из-за использования кормов с ГМО.

Целью работы являлась разработка возможных направлений повышения энергоэффективности и ресурсосбережения процессов кондуктивного жарения мяса.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлся процесс кондуктивного жарения мяса. Использовался аналитический метод исследования опубликованных экспериментальных и теоретических данных.

Результаты и их обсуждение

Разработка возможных направлений повышения энергоэффективности и ресурсосбережения процесса кондуктивного жарения мяса возможна лишь после всестороннего анализа существующих процессов и аппаратов для его реализации с учетом технологических особенностей данного вида тепловой обработки и его влияния на качество и безопасность готовой продукции.

В работе [6] авторы провели анализ энергоэффективности процесса кондуктивного жарения мяса в существующих аппаратах для их реализации по традиционным показателям (тепловой коэффициент полезного действия (КПД), удельный расход электроэнергии). Исследовали процесс кондуктивного жарения натуральных мясных порционных изделий – эскалопов из свинины – в следующих аппаратах: на сковороде СЭСМ-0,2, плите ПЭ-0,17 с функциональной емкостью GN1/1, настольной плите с инфракрасным излучателем и наплитной сковородой фирмы Tefal, в гриле для непосредственного жарения на рабочей поверхности GH-VEG-833 фирмы Gastrorag, аппарате для двустороннего жарения (контактном гриле) Elio L фирмы «Nuova Simonelli» и аппарате для двустороннего жарения в условиях осевого сжатия ПУСКУ-1 [4]. В ходе эксперимента определялись следующие показатели процесса: время жарения до температуры внутри изделия 348 К, расход электроэнергии, температуры всех поверхностей аппаратов и изделий, выход готовых изделий, после чего производился расчет теплового КПД и удельного расхода электроэнергии. Продолжительность процесса жарения, выход готовых изделий, тепловой КПД и удельный расход электроэнергии в сковороде СЭСМ-0,2 составили соответственно 500 с, 68,9 %, 72,1 % и 0,545 кВт·ч/кг; на плите ПЭ-0,17 с функциональной емкостью GN1/1 – 492 с, 67,3 %, 77,2 % и 0,542 кВт·ч/кг; настольной плите с инфракрасным излучателем и наплитной сковородой фирмы Tefal – 480 с, 69,7 %, 70,4 % и 0,460 кВт·ч/кг; в гриле для непосредственного жарения на рабочей поверхности GH-VEG-833 – 900 с, 62,9 %, 84,3 % и 0,582 кВт·ч/кг; в контактном гриле Elio L – 254 с, 81,0 %, 88,4 % и 0,268 кВт·ч/кг; в аппарате для двустороннего жарения в условиях сжатия ПУСКУ-1 – 150 с, 90,0 %, 93,8 % и 0,161 кВт·ч/кг.

По отношению к первичному энергоносителю (ископаемому топливу) имеющиеся потери становятся намного большими из-за того, что большинство аппаратов для реализации процесса кондуктивного жарения являются электрическими, а коэффициент преобразования ископаемого топлива в электроэнергию не превышает 0,3 [2]. Как следствие, энергоэффективность процесса кондуктивного жарения по отношению к первичному топливу в большей мере зависит от вида использованного энергоносителя. Однако использование первичных энергоносителей, в отличие от электроэнергии, усложнено из-за необходимости постоянного и точного поддержания параметров технологических процессов, а также необходимостью постоянного отвода продуктов сгорания, с которыми в окружающую среду сбрасываются

не только вредные для него вещества, но и значительное количество тепловой энергии.

Полученные в работе [6] результаты, с одной стороны, позволили выявить недостатки конструкции исследуемых аппаратов, разработать рекомендации по их устранению и целесообразности энергетически эффективного использования для процесса кондуктивного жарения мяса аппаратов для двустороннего жарения, в т. ч. в условиях сжатия; с другой – не объяснили причин и следствий нетехнологических потерь энергоносителя и эффективности протекания процесса в том или ином аппарате, так как величина теплового КПД для реального процесса ничего не говорит про степень использования имеющихся возможностей, т. е. учитываются лишь потери, обусловленные лишь внутренней необратимостью процесса, но никак не учитываются потери, обусловленные конечной разницей температур между источником теплоты и нагреваемым изделием. Так, с точки зрения первого закона термодинамики более совершенный по сравнению со сковородой и плитами гриль для непосредственного жарения на рабочей поверхности GH-VEG-833 имеет больший удельный расход электроэнергии.

В работе [7] авторы предложили использовать эксергетический метод анализа энергетической эффективности процесса кондуктивного жарения мяса на основе совместного использования первого и второго законов термодинамики с учетом необратимости реальных рабочих процессов по энергетическому КПД процесса, его коэффициенту эффективности и эксергетическому коэффициенту, разработали методику расчета потерь эксергии применительно к данному процессу, провели расчет по предложенной методике на основе данных экспериментальных исследований [6] и анализ полученных результатов.

Согласно данным этого анализа, низкие энергетический КПД, коэффициент эффективности и эксергетический коэффициент процесса жарения на плите ПЭ-0,17 (соответственно 42,9, 55,6 и 37,9 %) и плите SEB (соответственно 44,8, 57,2 и 33,2 %) вызваны в первую очередь большими потерями эксергии на необратимый теплообмен из-за высокого температурного уровня рабочих поверхностей этих плит, неконтролируемостью температурного режима жарочных поверхностей, что привело к перегреву поверхностных слоев изделий, снижению выхода готовых изделий и, как следствие, к большим потерям эксергии на нагрев и испарение жидкости; во вторую очередь – наличием значительных по площади разогретых поверхностей аппаратов и изделий, требующих переворота, что обусловило большие потери эксергии в окружающую среду. Более низкий температурный уровень рабочих поверхностей объясняет повышение этих коэффициентов в сковороде СЭСМ-0,2 (соответственно 51,1, 70,8 и 49,3 %) и гриле для непосредственного жарения GH-VEG-833 (соответственно 61,5, 72,9 и 49,2 %). Наиболее высокое значение эти коэффициенты имеют для процесса жарения в контактном гриле Elio L (соответственно 68,5, 77,3 и 60,7 %) и в аппарате для двустороннего жарения в условиях сжатия ПУСКУ-1 (соответственно 77,3, 82,4 и 71,4 %).

В структуре потерь эксергии наибольший удельный вес имеют потери эксергии на необратимый теплообмен. Для ПЕ-0,17, SEB, СЭСМ-0,2, GH-VEG-833, Elio L и ПУСКУ-1 они составляют соответственно 44,5, 42,9, 29,2, 27,1, 22,7 и 17,6 %. На втором месте по удельному весу – потери эксергии на нагрев и испарение жидкости (для вышеуказанных аппаратов они составляют соответственно 13,9, 13,8, 12,8, 15,7, 13,5 и 10,6 %), на третьем – потери эксергии поверхностями аппарата в окружающую среду (соответственно 3,1, 9,5, 8,1, 6,9, 3,1 и 0,4 %), на четвертом – потери эксергии в окружающую среду поверхностью изделий в процессе жарения (соответственно 0,6, 0,6, 0,6, 1,1, 0,04 и 0,008 %). Суммарный удельный расход эксергии (на 1 кг готовых изделий) на процесс жарения в вышеуказанных аппаратах по этим составляющим составил соответственно $1951 \cdot 10^3$, $1654 \cdot 10^3$, $1960 \cdot 10^3$, $2093 \cdot 10^3$, $964 \cdot 10^3$ и $580 \cdot 10^3$ Дж/кг. Повышение потерь эксергии на нагрев и испарение влаги в окружающую среду разогретыми поверхностями аппарата и изделий в гриле для непосредственного жарения GH-VEG-833 было вызвано более продолжительным временем тепловой обработки из-за недостаточной удельной поверхностной мощности.

Наиболее энергоэффективным, как следует из энергетического [6] и эксергетического [7] анализов, является проведение процесса тепловой обработки мяса в аппаратах для двустороннего жарения в условиях сжатия. Причины их высокой энергетической эффективности можно объяснить следующим образом.

Как известно, к факторам интенсификации технологических процессов тепловой обработки пищевых продуктов относятся: повышение температурного уровня процесса, увеличение поверхности теплообмена, увеличение коэффициента теплоотдачи от греющей среды (поверхности) к продукту и изменение теплофизических свойств продукта.

Двустороннее подведение теплоты во время процесса кондуктивного жарения позволяет не менее чем в 2 раза увеличить поверхность теплообмена. Кроме того, степень прижатия мяса к поверхностям теплообмена влияет на термическое сопротивление передачи теплоты: увеличение степени прижатия уменьшает термическое сопротивление. Таким образом, с помощью усилия сжатия мясного сырья можно влиять на эффективность передачи теплоты от нагретой поверхности к продукту.

Теплоту можно также подводить и ко всей поверхности изделия, как отмечено в работе [8], однако для реализации такого способа жарения полуфабрикаты должны иметь строго одинаковую геометрическую форму, а для обеспечения максимального выхода готового продукта, согласно правилам эксплуатации оборудования для его реализации, жарочные поверхности нуждаются в охлаждении для конденсации пара внутри изделий, что приводит к значительным нетехнологическим потерям энергоносителя и значительному снижению его энергоэффективности.

При двустороннем подведении тепла в условиях сжатия полуфабрикат из мяса уплотняется; пар, газы и воздух вместе с жидкостью выводятся к жарочным

поверхностям в поверхностные слои мяса, в результате чего увеличивается его общий коэффициент теплопроводности, т. е. происходит изменение его теплофизических свойств.

Эксергетический анализ [7] показал, что повышение температурного уровня процесса кондуктивного жарения мяса, с одной стороны, приводит к сокращению длительности процесса, т. е. такое повышение является фактором интенсификации, а с другой – к уменьшению энергоэффективности самого процесса и аппаратов для его реализации из-за увеличения потерь эксергии на необратимый теплообмен.

С технологической точки зрения повышение температурного уровня процесса выше 150°C приводит к образованию в корочках мясных изделий канцерогенных соединений – гетероциклических аминов (ГА) [9–11]. Употребление таких изделий с гетероциклическими аминами вызывает у мышей и обезьян такое заболевание, как рак [12], и, как следствие, не исключена вероятность аналогичных последствий при употреблении их человеком. Основными факторами, генерирующими образование ГА, являются температура жарочных поверхностей (или жира на них) выше 150°C и значительная продолжительность процесса [9–11]. Кроме того, к другим факторам, влияющим на их образование, можно отнести содержание в мясе жира, сахаров, разных аминокислот, антиоксидантов и воды, а также способ приготовления [13–16] и количество переворачиваний изделия в процессе приготовления [17]. Авторы [18] предложили аналитическую модель образования ГА, согласно которой скорость их образования является функцией абсолютной температуры поверхностного слоя продукта. Указанную модель рекомендовано использовать вместо экспериментального определения содержания ГА в готовых мясных изделиях.

Из вышеуказанного следует, что для предотвращения образования ГА при организации процесса кондуктивного жарения мясных изделий можно сформулировать следующие технологические требования:

- температура жарочных поверхностей (или жира на них) не должна превышать 150°C ;
- длительность процесса жарения должна быть минимальной;
- количество переворачиваний изделия должно быть сведено к минимуму;
- поверхностный слой продукта должен содержать влагу как можно дольше и не должен взаимодействовать с жиром.

Указанные технологические требования фактически совпадают с направлениями повышения энергоэффективности и ресурсосбережения процесса кондуктивного жарения, обоснованными выводами по результатам эксергетического анализа [7]. Их можно сформулировать следующим образом:

- уменьшение потерь влаги в процессе жарения, что приведет к уменьшению количества теплоты на испарение жидкости из продукта и увеличению выхода готового продукта;
- уменьшение температурного уровня процесса, что приведет к уменьшению потерь теплоты в ок-

ружающую среду и, как следствие, к снижению удельного расхода энергоносителя на процесс жарения;

- уменьшение длительности процесса при невысоком температурном уровне, что приведет к снижению удельных потерь энергоносителя и повышению выхода готового продукта;

- уменьшение разогретых до температуры процесса поверхностей аппаратов, что приведет к снижению удельных потерь энергоносителя;

- уменьшение количества переворотов продукта во время жарения, что приведет к уменьшению потерь теплоты в окружающую среду его поверхностью;

Сформулированные направления повышения энергетической эффективности процесса кондуктивного жарения фактически реализует аппарат для двустороннего жарения в условиях сжатия ПУСКУ-1 [4]. Однако как способ жарения, так и аппарат для его реализации имеют существенные недостатки, которые ограничивают его рациональную эксплуатацию на предприятиях общественного питания: необходимость определения предельного усилия сжатия для каждого полуфабриката отдельно, которое в свою очередь зависит от множества факторов (возраста, пола животного, условий его кормления и поения, срока послеубойного хранения, условий замораживания и размораживания и др.), технологическая сложность механизма сжатия мяса и связанную с этим сложность его эксплуатации, необходимость нарезания мяса при изготовлении полуфабриката лишь поперек волокон.

Выведение влаги в поверхностный слой продукта в течение большей части процесса жарения для предотвращения образования гетероциклических аминов возможно не только за счет сжатия по способу, приведенному автором [4], но и за счет электроосмоса переменной частоты [19] в процессе двустороннего подведения теплоты, который позволит избежать необходимости определения предельного давления для каждого полуфабриката, значительно упростить конструкцию аппарата для реализации процесса двустороннего жарения мяса и его эксплуатацию.

Мясо с высоким содержанием соединительной ткани (ВССТ) может стать альтернативой импортному сырью для процесса кондуктивного жарения. Известно, что для достижения кулинарной готовности мяса с ВССТ, кроме достижения минимальной температуры внутри $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, необходимым является гидролиз коллагена. Для достаточного сваривания и дезагрегации коллагена в процессе тепловой обработки мяса с ВССТ – 22...45 % от общего его содержания в зависимости от возраста животных необходимо выполнение следующих условий: наличие достаточного количества воды, определенное количество теплоты (сваривание коллагена сопровождается поглощением $8,5...22,5 \cdot 10^3$ Дж/кг в результате разрушения водородных связей), длительность теплового действия и реакция среды.

Процесс жарения основным способом мяса с ВССТ не позволяет получить качественный продукт вследствие недостаточного гидролиза коллагена в результате больших потерь влаги (до 40...45 %) и сопровождается значительными энергетическими потерями. Поверхность изделий из такого мяса в процессе жарения деформируется в результате усадки коллагена, что приводит к ухудшению условий теплообмена и, как следствие, к увеличению длительности процесса и необходимости частых переворачиваний, при которых теплота от нагретых поверхностей изделия, как горизонтальных, так и вертикальных, теряется в окружающую среду. Таким образом, для жарения мяса с ВССТ необходимо руководствоваться технологическими требованиями, которые можно сформулировать следующим образом:

- обеспечение как можно более плотного контакта поверхности изделия с поверхностью нагрева;

- отсутствие возможности деформации поверхности изделия;

- максимальное сохранение нативной влаги, количества которой вполне достаточно для сваривания и дезагрегации коллагена;

- отсутствие переворачиваний изделия в процессе тепловой обработки;

- отсутствие поверхностей продукта, отдающих теплоту в окружающую среду;

- отсутствие условий образования ГА.

Реализовать вышеприведенные технологические требования можно за счет двустороннего подведения теплоты к мясу с ВССТ в условиях сжатия в функционально замкнутом объеме (ФЗО). ФЗО будет способствовать снижению потерь пара и теплоты в окружающую среду; кроме того, вертикальные поверхности изделий перестанут быть теплоотдающими и станут тепловоспринимающими от влажного насыщенного пара, образующегося в поверхностном слое изделия.

Следствием выполненной работы являются сформулированные технологические требования к процессу кондуктивного жарения мяса, направления повышения его энергоэффективности и ресурсосбережения, а также безопасности готовых изделий из мяса, технологические требования к процессу кондуктивного жарения мяса с ВССТ для расширения его ресурсной базы. В качестве примера реализации сформулированных направлений и требований предложено использовать в процессе двустороннего жарения мяса в условиях сжатия электроосмос переменной частоты, а для мяса с ВССТ – при проведении процесса двустороннего жарения в условиях сжатия организовывать ФЗО.

Следует отметить, что широкомасштабное внедрение новых аппаратов для кондуктивного жарения в деятельность предприятий пищевой отрасли позволит существенно реализовать отмеченный выше потенциал энергосбережения не только в Украине, но и других странах.

Список литературы

1. ДСТУ 3755-98. Энергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок їхнього внесення у нормативну документацію. — Киев: Держстандарт України, 1998. — 13 с.

2. Рейтинг енергоефективності областей України 2012 / В. Гладкий, Ю. Гладкий, Б. Додонов, Г. Царенко. – Режим доступа: <http://www.energy-index.com.ua>.
3. Шевченко, А.О. Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Шевченко А.О.; Харк. держ. ун-т хар-ня і торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2012. – 22 с.
4. Скрипник, В.О. Розробка обладнання для реалізації процесу двостороннього жаріння м'яса в умовах осевого стиснення: монографія / В.О. Скрипник. – Полтава: ПУЕТ, 2012. – 173 с.
5. Горынский, М. Сюрпризы рынка: больше мяса – меньше молока / М. Горынский; Профессиональный бизнес-брокер Украины, 2011. – Режим доступа: <http://intercredit.com.ua/103/news6419> – Название с экрана.
6. Черевко, О.І. Енергетична ефективність апаратів для кондуктивного жарення м'яса / О.І. Черевко, В.О. Скрипник; // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / редкол.: О.І. Черевко (відпов. ред.) та ін.; Харк. держ. ун-т харчування і торгівлі / – Харків, 2012. – Вип. 1(15). – С. 90–100.
7. Черевко, О.І. Ексергетичний аналіз процесу кондуктивного жарення м'яса в апаратах періодичної дії / О.І. Черевко, В.О. Скрипник // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / редкол.: О.І. Черевко (відпов. ред.) та ін.; Харк. держ. ун-т харчування і торгівлі / – Харків, 2012. – Вип. 2(16). – С. 70–84.
8. Черевко, О.І. Розробка пристрою для смаження січених виробів (ПССВ-0,2) та дослідження його функціональних властивостей / О.І. Черевко, В.М. Михайлов, Б.В. Ляшенко // Технології в машинобудуванні. Вісник Харківського державного політехнічного університету: зб. наук. пр. – Вип. 124. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 54–60.
9. Experimental and simulation studies of heat flow and heterocyclic amine mutagen/carcinogen formation in pan-fried meat patties / N.L. Tran, C.P. Salmon, M.G. Knize and M.E. Colvin // *Food and Chemical Toxicology*. – 2002. – 40(5): 673–684.
10. Kinetics of formation of polar Heterocyclic Amines in a meat model system / P. Arvidsson, V. Boekel, K. Skog and M. Jagerstad // *Journal of Food Science*. – 1997. – 62(5): 911–916.
11. Kinetics of Heterocyclic Amines in a meat juice model system / P. Arvidsson, V. Boekel, K. Skog et al. // *Journal of Food Science*. – 1999. – 64(2): 216–221.
12. Ohgaki, H. Carcinogenicities of heterocyclic amines in cooked food. / H. Ohgaki, S. Takayama and T. Sugimura // *Mutation Research/Genetic Toxicology*. – 1991. – 259(3–4): 399–410.
13. Tsen, S.Y. Effects of rosemary extracts on the reduction of heterocyclic amines in beef patties. / S.Y. Tsen, F. Ameri and J.S. Smith // *Journal of Food Science* – 2006. – 71(8): 469–473.
14. Ahn, J. Heterocyclic amines: 2. Inhibitory effects of natural extracts on the formation of polar and nonpolar heterocyclic amines in cooked beef / J. Ahn, I.U. Grun // *Journal of Food Science*. – 2005. – 70(4): 263–268.
15. Basira, G. Heterocyclic amines in fresh and processed meat products / G. Basira and J.S. Smith // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 1998. – 46(11): 4680–4687.
16. Hwang, D.K. Formation of heterocyclic amines in meat emulsion extended with soy protein / D.K. Hwang, and M.O. Ngadi // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2003. – 27(5): 373–386.
17. Singh, R.D. Use of predictive modeling in hamburger cooking / R.D. Singh, Z. Pan and J. Vijayan // *Food Australia*. – 1997. – 49(11): 526–531.
18. Ngadi, M.O. Modelling Heat Transfer and Heterocyclic Amines Formation in Meat Patties during Frying / M.O. Ngadi and D-K. Hwang // *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript BC 04 004. Vol. IX. August, 2007. – Режим доступа: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/884/878>.
19. Пат. 59911 А Україна, МПК В01D61/56. Спосіб електроосмотичного зневоднення харчових продуктів / Северин О.А.; заявник та патентовласник Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – № 2002129636; заявл. 03.12.2002; опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9. – 1 с.

Харьковский государственный университет питания и торговли,
61051, Украина, г. Харьков, ул. Клочковская, 333.
Тел./факс: 8-10-38-(057)-337-85-35
e-mail: hduht@kharkov.com

SUMMARY

A.I. Cherevko, V.A. Skrypnyk

POTENTIAL FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY AND RESOURCE CONSERVATION OF MEAT PAN FRYING PROCESSES

Possible ways to increase energy efficiency and resource conservation of processes of meat pan-frying based on formulated technological requirements derived from the analysis of published experimental and theoretical data were developed. To increase the energy efficiency of the two sides frying and the output of finished products from meat it is offered to use the variable frequency electrical osmosis. In order to expand the resource base, the possibility of meat pan-frying with high content of connective tissue was theoretically substantiated.

Energy efficiency, conservation of resources, the process of pan-frying, electrical osmosis, meat with high content of connective tissue.

Kharkiv State University of Food Technology and Trade
333, Klochkivska St. Kharkiv, 61051, Ukraine.
Phone/fax: +38 (057) 337-85-35
e-mail: hduht@kharkov.com

