

Д В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
Б 44

№ 919

Одесский технологический институт пищевой промышленности  
им. М.В.Ломоносова

На правах рукописи  
Для служебного пользования  
экз. № 00085

БЕЛЯЕВ МИХАИЛ ИВАНОВИЧ

КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Специальность 05.18.12 - процессы  
и аппараты пищевых производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Одесса - 1981

в каталоге  
№ 2011388

ДСП. Вх. №	388
Осн.	13
л.	05
л.	87

Работа выполнена на кафедре оборудования предприятий общественного питания Харьковского института общественного питания

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
БРАЖНИКОВ А.М.,

доктор биологических наук, профессор  
МИЦЫК В.Е.,

доктор технических наук, профессор  
АМИНОВ М.С.

Ведущая организация: Научно-исследовательский институт  
общественного питания Министерства  
торговли СССР.

Защита состоится *20 июня* 1981 г. на заседании специализи-  
рованного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом инсти-  
туте пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова по адресу:  
270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского  
технологического института пищевой промышленности им. М.В.Ломо-  
носова.

*М. В. Ломоносов*  
1981 г.

балов

ОНАХТ 08.04.11  
Комбинированные телл



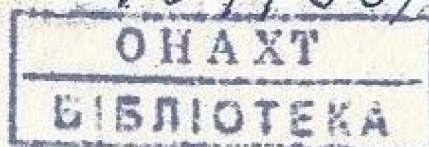
v017981

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года", принятых XXVI съездом КПСС, записано: "Поднять роль общественного питания в удовлетворении потребностей населения, предусмотреть опережающие темпы его развития, повысить уровень индустриализации отрасли".

Повышение уровня индустриализации общественного питания является одной из актуальных проблем дальнейшего развития этой важной отрасли народного хозяйства, так как основные технологические процессы в отрасли являются прерывными, обладают значительной длительностью, трудоёмкостью, энергоёмкостью.

Тепловые процессы, являясь заключительной стадией технологических схем производства кулинарной продукции, реализуют в основном "домашние способы приготовления пищи" и являются в значительной мере тормозом для перевода общественного питания на промышленную основу. Основной объём кулинарной продукции вырабатывается на предприятиях общественного питания при помощи таких распространённых приёмов тепловой обработки, как жаренье во фритюре, жаренье основным способом и варка. Необходимо отметить, что эти процессы тепловой обработки продуктов имеют значительные недостатки, способствующие снижению качества продукции и экономической эффективности отрасли. Тепловые аппараты, реализующие процессы, не лишены также ряда крупных недостатков - низкие теплотехнические показатели, несоответствие требованиям технологических процессов, высокая энергоёмкость. Решение вопросов интенсификации тепловых процессов и кардинального совершенствования тепловых аппаратов в значительной мере сдерживается отсутствием теоретических обобщений закономерностей тепловой обработки специфической кулинарной продукции, неполнотой опорно-расчётных данных по свойствам технологических жидкостей,



недостаточными технологическими проработками прогрессивных способов - СВЧ, ИК, ультразвуковой обработки.

В связи с изложенным проблема интенсификации и совершенствования тепловых процессов на предприятиях общественного питания является чрезвычайно актуальной, а необходимость её разрешения несомненна. Для разрешения этой проблемы необходимы исследования, направленные на разработку принципиально новых способов тепловой обработки кулинарной продукции, которые могут быть положены в основу высокопроизводительных тепловых аппаратов непрерывного действия, прогрессивной технологии производства кулинарной продукции на индустриальной основе.

В работах А.Н.Вышелесского, А.Н.Мальского, А.М.Бражникова, И.А.Рогова, Л.И.Гордона, А.В.Юлина, С.В.Некрутмана, А.М.Маслова рассмотрены проблемы и пути интенсификации тепловых процессов и совершенствования их аппаратного оформления. Однако требования индустриализации отрасли и специфические особенности тепловой обработки кулинарной продукции вызывают необходимость в исследованиях и разработке принципиально новых способов тепловой обработки продуктов.

Цель работы. Теоретическое обоснование, разработка методологических основ и комплексное экспериментальное исследование комбинированных способов тепловой обработки продуктов, создание на этой основе прогрессивных технологических процессов и аппаратов, позволяющих перейти на индустриальные методы производства кулинарной продукции на предприятиях общественного питания.

Научная новизна. Автором разработано научное направление, заключающееся в создании теоретических и методологических основ комбинированных способов тепловой обработки продуктов, необходимых для внедрения прогрессивных технологических процессов и высокоэффективных тепловых аппаратов для предприятий общественного питания.

В процессе разработки указанного направления получены следующие новые результаты и выводы.

1. Разработаны теоретические основы и методология создания комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов, позволяющие интенсифицировать и совершенствовать технологические процессы на предприятиях общественного питания с целью их перевода на индустриальную основу.

2. При исследовании процессов фритюрного жаренья продуктов теоретически обоснована и экспериментально подтверждена роль ряда технологических факторов (способов взаимодействия продуктов с жиром, давления, вакуума в жарочных объемах аппаратов, СВЧ-поля, вибрации поверхности нагрева, конструктивных особенностей нагревателей, меняющихся физико-химических свойств жиров) на темп нежелательных химических превращений жира, качество готовых продуктов и их пищевую ценность, что позволило обоснованно создать принципиально новые комбинированные способы тепловой обработки продуктов. Доказано вредное влияние поверхностей перегрева на увеличение темпа химических превращений жира. Получено уравнение по природе возникновения поверхностей перегрева в жарочных аппаратах, хорошо согласующееся с экспериментальными данными.

3. На основе теоретических предпосылок по определению динамики нагрева жира и продукта, выделения влаги из продукта доказана возможность комбинирования СВЧ-нагрева и горячего жира при фритюрном жареньи. Экспериментальные данные при комбинированном жареньи продуктов в СВЧ-поле и горячем жире адекватны теоретическим уравнениям. Изучены два новых комбинированных способа фритюрного жаренья, сочетающие воздействие горячего жира и давления инертного газа, горячего жира и воздуха, что позволило значительно снизить темп нежелательных химических превращений жира, повысить качество продуктов и интенсифицировать процесс.

4. Разработаны и созданы две фритюрницы. Исследован теплообмен в новых фритюрницах (вакуумной жарочной машине непрерывного действия, вибрационной фритюрнице), получены критериальные уравнения, позволяющие рассчитать теплообменные характеристики аппаратов подобного рода.

5. Теоретически обоснованы и экспериментально проверены критерии оценки равномерности температурных полей жарочных поверхностей аппаратов и поверхностей нагревателей. Доказано, что косвенный обогрев жарочных поверхностей и объемов тепловых аппаратов движущимся теплоносителем позволяет создать ряд новых тепловых аппаратов, наиболее полно отвечающих технологическим требованиям процессов жаренья. Разработан тепловой аппарат для тушения пищевых продуктов, прогрессивный в технологическом отношении. С целью кардинального совершенствования основного способа жаренья созданы и комплексно исследованы два комбинированных способа жаренья, сочетающие обработку продуктов в СВЧ-поле и традиционный нагрев, воздействие горячего воздуха и влажного насыщенного пара. Новые способы создают возможность разработки индустриальной технологии жаренья кулинарной продукции со значительными преимуществами перед традиционным жареньем.

6. При исследовании процессов варки теоретически описана и экспериментально проверена динамика нагрева кусков кости различной массы, что позволило разработать принципиально новый способ приготовления полуфабриката для бульонов. Разработан и исследован специализированный котёл для варки костных бульонов. Получено критериальное уравнение для расчёта теплоотдачи в сосуде котла при варке костных бульонов. Комплексно исследован комбинированный способ варки фаршевых изделий из рыбы и птицы с использованием СВЧ-поля. По сравнению с традиционной варкой этот способ позволяет сократить длительность процесса, снизить удельные расходы тепла, повысить выход продукта и его качество.

7. Разработаны справочные таблицы по теплофизическим свойствам фритюрных жиров и костных бульонов в широком диапазоне температур и давлений, что позволило получить отсутствовавшие до сих пор данные по этому классу сложных жидкостей, необходимые для научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ.

Автор защищает:

- теоретические и методологические основы создания комбинированных способов тепловой обработки продуктов;
- комбинированные способы фритюрного жаренья пищевых продуктов, а именно: способ жаренья изделий из дрожжевого теста и картофеля, сочетающий воздействие на них СВЧ-поля и горячего жира; способ жаренья продуктов при воздействии на них горячего жира и горячего воздуха; способ жаренья продуктов под давлением в среде инертных газов при их душировании горячим жиром;
- комбинированные способы жаренья продуктов, сочетающие воздействие на них циркулирующего горячего воздуха и влажного насыщенного пара, СВЧ-поля и традиционного нагрева;
- комбинированные способы варки пищевых продуктов, а именно: варку бульонов из пищевых костей, включающую их обработку в СВЧ-поле и автоклавирование; варку фаршевых изделий из мяса и рыбы, сочетающую обработку их в поле СВЧ и оригинальную упаковку; усовершенствованную технологию варки бульонов, новый вид и технологию применения оттяжки для их осветления; технологию приготовления полуфабрикатов для бульонов из пищевых костей с механизированной линией по их производству;
- новые тепловые аппараты для комбинированной тепловой обработки продуктов, а именно: вакуум-жарочную машину непрерывного действия, две фритюрницы периодического действия, аппарат для тушения продуктов, специализированный котёл для варки костных бульонов;
- экспериментальные данные по теплофизическим свойствам фритюрных жиров и костного бульона в широком диапазоне параметров

состояния и рекомендуемые справочные данные по ним.

Практическая ценность. Разработаны и исследованы комбинированные способы тепловой обработки продуктов, позволяющие повысить пищевую и биологическую ценность кулинарной продукции, экономическую эффективность тепловых процессов, снизить удельные затраты тепла и материалов. На базе исследований комбинированных способов тепловой обработки продуктов созданы прогрессивные технологические процессы, внедренные на предприятиях мясной промышленности и предприятиях общественного питания.

Разработана нормативно-технологическая документация на новый вид полуфабриката для бульона, уточнена технология производства костных бульонов.

Исследования комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов позволили разработать ряд принципиально новых тепловых аппаратов, оптимально соответствующих технологическим требованиям тепловой обработки пищевых продуктов, позволяющих организовать производство кулинарной продукции индустриальными методами.

Впервые исследованы теплофизические свойства фритюрных жиров и костных бульонов в широкой области параметров состояния, которые необходимы при проведении научно-исследовательских и инженерно-конструкторских работ в различных отраслях пищевой промышленности и машиностроения.

Результаты исследований внедрены и используются:

- Научно-исследовательским институтом торговли и общественного питания Министерства торговли СССР путем включения разработок автора в нормативно-технологическую документацию общественного питания страны;

- Всесоюзным научно-исследовательским институтом жиров в научно-исследовательских работах, конструкторских разработках аппаратуры, направленных на совершенствование технологических процессов производства жиропродуктов (маргарина);

- технические условия и технологическая инструкция на полуфабрикат для бульона из пищевых костей утверждены в соответствующих организациях. На основе ТУ и ТИ на комбинате питания Тольяттинского азотного завода запроектирован цех по выработке 1000 тонн полуфабриката для бульона из пищевых костей в год;

- на фабриках-кухнях Харьковского авиационного завода и Мехового объединения, где создан цех по выработке полуфабриката костного бульона и внедрены механизированные линии "Эффект" с централизованным обогревом конфорок горячим теплоносителем.

Экономический эффект от внедрения результатов, изложенных в диссертации, составил 2 млн 906 тыс. руб.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертации докладывались: на Всесоюзных научных конференциях по проблемам совершенствования общественного питания, Самарканд, 1970, 1974; на Всесоюзной научно-практической конференции "Повышение качества продукции и совершенствование технологии на предприятиях общественного питания", Волгоград, 1974; на Всесоюзной научно-технической конференции "Автоматизация производственных процессов в торговле и общественном питании", Ленинград, 1974; на Четвертом Всесоюзном совещании по электрической обработке материалов при Академии наук Молдавской ССР, Кишинев, 1975; на Всесоюзной научной конференции "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов", Воронеж, 1977; на Второй научно-технической конференции "Применение СВЧ-энергетики в народном хозяйстве для исследовательских целей и интенсификации технологических процессов", Саратов, 1977; на Всесоюзной научной конференции по экономии энергетических ресурсов, Фрунзе, 1977; на постоянно действующем коллоквиуме "Процессы и аппараты пищевых производств" при Московском институте народного хозяйства им. Г.В.Плеханова, 1979, 1980; на семинаре "Теория и практика применения электрофизических методов в пищевых отраслях промышленности" при Московском институте мясной и молочной промыш-

ленности, М., 1975, 1978; на Республиканских научных конференциях "Интенсификация и совершенствование технологических процессов на предприятиях общественного питания", Харьков, 1977, 1979; на научных конференциях Харьковского института общественного питания, 1970-1981 гг.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 70 печатных работ, в том числе три монографии и 15 авторских свидетельств.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и содержит 220 страниц машинописного текста, иллюстрируется 63 рисунками и 80 таблицами, 5 приложениями.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### I. Разработка и исследование комбинированных способов фритюрного жаренья. Прогрессивные фритюрницы и жарочные машины

В настоящее время процесс фритюрного жаренья осуществляется по устаревшей технологии, когда весь цикл продукты выдерживают в жире, при этом из них в жир выделяется влага, органические вещества, что интенсифицирует и ускоряет темп его нежелательных химических изменений. Большая длительность процесса, наряду с порчей жира, способствует увеличению удельных затрат тепла, жира, что снижает экономическую эффективность отрасли. Тепловая аппаратура, реализующая этот процесс, имеет ряд недостатков, способствующих снижению качества фритюрного жира и обжариваемых продуктов. В связи с изложенным основной целью теоретических и экспериментальных работ была разработка и исследование принципиально новых комбинированных способов фритюрного жаренья различных продуктов и их аппаратное оформление.

- разработка теоретических предпосылок совершенствования процесса фритюрного жаренья;

- комплексное исследование технологических факторов, влияющих на темп изменений химических показателей жиров при их длительном нагреве с целью получения опорных данных, необходимых при создании комбинированных способов фритюрного жаренья;

- исследование и обоснование принципиально новых комбинированных способов фритюрного жаренья продуктов;

- разработка, создание и исследование опытных образцов фритюрниц и жарочных машин, реализующих комбинированные способы жаренья.

При разработке комбинированных способов фритюрного жаренья продуктов нами были реализован новый методический подход, включающий анализ недостатков фритюрного жаренья, отбор положительных признаков от нескольких родственных способов (двух-трёх) и объединение положительных признаков в один комбинированный. Основными критериями оценки создаваемых способов было более высокое качество продукта (по сравнению с традиционным фритюрным жареньем), снижение темпа нежелательных изменений химических показателей жира и возможность организации приготовления продукции промышленными методами. При выполнении программы исследований оригинально решен ряд методических вопросов (замера температур в куске теста при жареньи, объема жира в ванне, нагревателей при их вибрации; комплексного исследования взаимосвязи меняющихся химических и теплофизических свойств фритюрного жира), создано 10 оригинальных экспериментальных установок. Результаты экспериментов статистически обработаны, определены их погрешности и достоверность.

В процессе фритюрного жаренья периодически осуществляется доливка "свежего" жира в ванну с целью компенсации потерь жира из-за его впитывания в продукт. При этом вместе с продуктом удаляется не только первоначально залитый в ванну ("старый"), но и долитый

впоследствии ("свежий") жир, пропорционально их содержанию в жарочной ванне. Это обстоятельство необходимо учитывать при описании процесса смены жира в жарочном аппарате. Проведенное теоретическое рассмотрение привело к установлению следующего выражения для массы первоначально залитого жира  $M_{\tau}$ , находящегося в ванне в момент времени  $\tau$  от начала процесса:

$$M_{\tau} = M + \sum_{k=1}^{\tau} (-1)^k \frac{\tau(\tau-1)(\tau-2)\dots(\tau-k+1)}{1.2.3\dots k} \frac{q^k}{M^{k-1}} \quad (1)$$

где  $M$  - общее количество жира в ванне (постоянное в ходе процесса);

$q$  - убыль жира за 1 час работы за счёт поглощения продуктом;

$\tau$  - время работы аппарата в часах.

Для инженерных расчётов можно рекомендовать более простую приближённую формулу:

$$M_{\tau} = M \exp\left(-\frac{q}{M}\tau\right) \quad (2)$$

Теоретические выводы о сменяемости жира и связанные с ним изменения его качества проверены экспериментально (табл. I). Анализ экспериментальных данных показывает, что с увеличением сменяемости жира темп его химических изменений замедляется. Эксперименты по выявлению взаимосвязи меняющихся химических и теплофизических свойств жира убедительно показали, что замедление темпа химических показателей жира, обусловленное его сменяемостью в ванне, способствует снижению роста вязкости жира. В результате теоретических и экспериментальных работ сделан вывод, имеющий практическое значение, заключающееся в том, что высокая сменяемость жира при продолжительном его нагреве способствует снижению удельных расходов жира.

Экспериментальные исследования и введение показателя одновременности жаренья позволили сделать вывод, что при создании комбинированных способов фритюрного жаренья и конструировании аппаратов следует отдавать предпочтение погружному способу.

Изменение химических показателей жира "Белорусский" в зависимости от его сменяемости в ванне фритюрницы

Показатели	Продолжительность нагрева жира, ч, при сменяемости															
	0				0,1				0,2				0,3			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Кислотное число мг КОН	0,56	0,64	0,73	0,80	0,56	0,61	0,69	0,75	0,56	0,59	0,63	0,64	0,56	0,58	0,60	0,60
Процент продуктов окисления	0,41	0,58	0,75	0,93	0,41	0,54	0,65	0,70	0,41	0,43	0,49	0,54	0,41	0,43	0,45	0,45

Теоретически обоснован комбинированный способ жаренья продуктов, сочетающий воздействие СВЧ-нагрева и горячего жира, на основе рассмотрения динамики влагосодержания и температур жира и продукта методами теории тепломассопереноса.

Решение системы уравнений тепломассопереноса для первой стадии процесса (СВЧ-нагрев) проводилось, начиная с момента времени  $\tau_1$ , при котором температура продукта достигает  $100^\circ\text{C}$ , и в нем начинается интенсивное кипение и испарение влаги. Для обрабатываемого продукта принята цилиндрическая геометрия (длинные круглые цилиндры радиуса  $r_0$ ), что обоснованно, например, при обработке картофельной соломки (брусочков), и равномерное начальное распределение температуры и влагосодержания в продукте. В этих условиях изменение усредненного по образцу влагосодержания со временем в процессе СВЧ-нагрева описывается формулой:

$$\bar{u}(\tau) = \frac{4u_0 J_1^2(\mu_1)}{[\mu_1^2 + h^2 r_0^2] J_0^2(\mu_1)} \exp\left(-\frac{\mu_1^2 a'}{r_0^2}\right) \quad (3)$$

- где  $u_0$  - начальное влагосодержание;  
 $a'$  - суммарный коэффициент диффузии жидкой и парообразной влаги в продукте;  
 $h$  - эмпирический параметр, имеющий смысл коэффициента теплоотдачи от продукта в процессе нагрева;

$J_0$  и  $J_1$  - функции Бесселя нулевого и первого порядка;

$\mu_1$  - первый корень характеристического уравнения  $J_0(\mu) = h r_0 = \mu J_1(\mu)$

Проведенная экспериментальная проверка подтвердила экспоненциальный характер спада влагосодержания продукта со временем в соответствии с полученной формулой и показала, что применение СВЧ-поля позволяет интенсифицировать нагрев и испарение влаги из продукта, в результате чего на второй стадии обработки (во фритюре) влага в жир практически не поступает. Вывод уравнений теплового баланса на второй стадии процесса и их решение привели к следующим выражениям: зависимость температуры жира от времени определяется

формулой 
$$t_{ж} = t_{ж}^{(0)} + \frac{C_2}{C_3 - A} (e^{-C_3 \tau} - e^{-A \tau}) \quad (4)$$

где 
$$C_2 = \frac{C}{C_{ж} M_{ж}}, C_3 = \frac{C_1}{C_{ж} M_{ж}}, C_1 = \tau A m_{в0}$$

$A$  и  $C$  - эмпирические параметры, подлежащие экспериментальному определению;  $C_{ж}, M_{ж}$  - удельная теплоёмкость и масса жира, соответственно;  $\tau$  - удельная теплота парообразования;  $m_{в0}$  - начальная масса влаги в образце;  $t_{ж}^{(0)}$  - начальная температура жира.

Температура продукта изменяется со временем согласно следующему выражению: 
$$\frac{t_{ж}^{(0)} - t}{t_{ж}^{(0)} - 100} = \exp(-B \tau) \quad (5), \text{ где } B = \frac{\alpha' S}{C_{сух} \cdot M_{сух}}$$

Здесь  $C_{сух}$  и  $M_{сух}$  - удельная теплоёмкость и масса "сухих веществ" в продукте,  $S$  - площадь поверхности продукта,  $\alpha'$  - коэффициент теплоотдачи. При небольших  $\tau$  зависимость  $t(\tau)$  близка к линейной.

Проведенная экспериментальная проверка подтвердила правильность полученных формул и показала, что величина  $B$ , определяющая темп нагрева продукта, при комбинированном способе больше, чем при традиционном. В целом теоретический анализ подтвердил преимущества предложенного комбинированного способа тепловой обработки.

Одним из существенных недостатков парка электрических фритюрниц является наличие значительных площадей поверхностей перегрева на стенках жарочных ванн и нагревателей. Для оценки степени пере-

грева фритюрного жира на этих поверхностях теоретически получено уравнение:

$$K = \frac{1}{A_{ж-в} - 1} \quad (6)$$

где  $A_{ж-в}$  - отношение коэффициентов теплоотдачи от металла к жиру и от металла к воздуху.

Экспериментальная проверка уравнения (6) для ванн фритюрниц различного способа нагрева жира в них, а также с различными нагревателями, показала, что это уравнение удобно для инженерно-конструкторских расчётов. На основе теоретического описания природы возникновения поверхностей перегрева во фритюрницах выбран оптимальный способ нагрева жира в них и предложены новые конструкции тэнов, обеспечивающие "мягкий" нагрев жира. Экспериментально установлено, что длительный нагрев жира в ваннах фритюрниц под вакуумом и в среде инертного газа при повышенном давлении способствует замедлению темпа его химических превращений.

Впервые выявлено влияние СВЧ-поля на темп химических превращений жира при нагреве. Доказано, что непрерывный нагрев фритюрного жира в поле СВЧ приводит к быстрой его порче. В связи с этим при разработке комбинированного способа, сочетающего обработку продуктов в жире и СВЧ-поле, принят циклический нагрев изделий в поле СВЧ, обжаренных в первую стадию в горячем жире, что не вызывает изменений жира, находящегося в изделиях, по сравнению с традиционным жареньем. С целью устранения местных перегревов жира на тэнах изучено влияние вибрации тэнов на темп его химических превращений.

Разработан комбинированный способ жаренья продуктов (изделия из дрожжевого теста), включающий воздействие на продукт горячего жира и горячего воздуха; данный способ реализован в конструкции фритюрницы, защищенной авторским свидетельством № 402358 (рис. I). Сравнительные данные способов жаренья приведены в табл. 2. Анализ данных табл. 2 позволяет отметить, что при комбинированном способе возрастает производительность аппарата (при одинаковом объеме жира

в ваннах), сокращаются удельные расходы жира и электроэнергии.

Таблица 2

Сравнительные показатели способов жаренья

Продукт	органолепти- ческая оцен- ка, балл	Показатели		
		производи- тельность аппарата, кг/ч	удельный рас- ход жира, г/кг	удельный рас- ход электро- энергии, Вт.ч/кг
Традиционный способ (контроль)				
Пончики	4,1 ± 0,12	12,0	96,0	184,0
Пирожки	4,1 ± 0,14	12,7	88,0	180,0
Комбинированный способ и фритюрница (а.с. 402358)				
Пончики	4,7 ± 0,15	14,9	82,4	178,0
Пирожки	4,8 ± 0,16	16,5	76,2	171,0

Изучены теплообменные и технологические характеристики вакуум-жарочной машины непрерывного действия. Установлено, что коэффициент теплоотдачи от стенки сосуда к жиру "Белорусский" при изменении удельного теплового потока возрастает в среднем на 15%, а с увеличением вакуума - от  $-1,5 \cdot 10^4$  до  $2,7 \cdot 10^4$  Па уменьшается также в среднем на 15%. Установлено, что изменение геометрического симплекса (отношение высоты слоя к диаметру сосуда) от 2 до 8  $\alpha$  возрастает при всех реализованных в экспериментах давлениях. С увеличением продолжительности нагрева  $\alpha$  имеет тенденцию к снижению, при атмосферном давлении и в вакууме, на 26 + 34%. Эти данные отражают в основном влияние деградационных изменений жира на коэффициент теплоотдачи, что должно учитываться при конструировании жарочных машин подобного типа.

Полученные значения по коэффициентам теплоотдачи и критериям подобия позволили провести обработку данных в критериальном виде, согласующихся с уравнением Михеева, с учётом  $\psi$  (геометрического симплекса) уравнение имеет вид:

$$Nu = 3,1(Gr \cdot Pr)^{1/3} \cdot \psi^{0,14} \quad (7)$$

Разработанная на основе исследований вакуум-жарочная машина непрерывного действия (рис. 2) защищена авторским свидетельством № 439273.

Положительные результаты при нагреве жира под давлением в среде инертного газа позволили разработать комбинированный способ жаренья изделий и технологическую схему жарочной машины. Суть способа заключается в том, что продукт обжаривают под давлением в среде инертного газа. Вначале продукт обжаривают в слое жира при температуре 180-190°C, затем продукт термостатируют при температуре воздуха 70-80°C, далее продукт "душируют" жиром при  $t_{ж} = 140-150^{\circ}\text{C}$ , вновь термостатируют при  $t_{г} = 70-80^{\circ}\text{C}$  и, наконец, душируют еще раз при  $t_{ж} = 100-120^{\circ}\text{C}$  (а.с. № 572257).

Сравнительные показатели процесса жаренья изделий комбинированным и традиционным способами приведены в табл. 3, из которой следует:

- при комбинированном способе жаренья жир взаимодействует с продуктом 110-140 с, а при традиционном - 270-330 с, что способствует снижению темпа его нежелательных изменений;
- общая продолжительность процесса жаренья продуктов снижается на 20-30%;
- значительно улучшается качество обжариваемых продуктов.

Таким образом, как вакуум, так и давление в среде инертного газа способствуют значительному снижению темпа нежелательных изменений химических показателей жира, что является основанием для разработки группы жарочных машин, работающих на этих принципах.

Нерешенным вопросом при конструировании фритюрниц являлся перегрев жира на поверхности тэнов, что приводит к его быстрой порче. Устранить влияние высоких значений температурных перепадов между поверхностью тэна и жиром и интенсифицировать теплообмен в ваннах возможно путем вибрации тэнов. Экспериментально подобраны оптимальные режимы вибрации тэнов. Изучен теплообмен в ванне фри-



торницы с вибрирующими тэнами.

Таблица 3

Сравнительные показатели способов жаренья

Продукт	Показатели			
	продолжи- тельность жаренья, с	продолжитель- ность пребы- вания изделия в жире, с	выход гото- вого про- дукта, %	органолепти- ческая оценка, балл
Жаренье во фритюре (контроль)				
Картофель	270	270	70,3	3,70 ± 0,25
Рыба	330	330	70,3	4,05 ± 0,17
Пончики	270	270	81,0	4,15 ± 0,25
Комбинированный способ (а.с. 572257)				
Картофель	181	110	70,1	4,85 ± 0,12
Рыба	250	140	70,4	4,95 ± 0,05
Пончики	210	120	80,4	4,93 ± 0,4

Данные по теплоотдаче от вибрирующего тэна к жиру обобщены в критериальное уравнение, справедливое в пределах значений:

$$Re_{fg} = 400 \div 6000; Pr_f = 1,5 \div 50; f = 3 \div 14 \text{ Гц}$$

в виде: при  $0,5 \leq \frac{2a}{d} \leq 1, Nu = 0,83 Re_{fg}^{0,5} \cdot Pr_f^{0,38} \left( \frac{Pr_f}{Pr_\omega} \right)^{0,22} \cdot \left( \frac{2a}{d} \right)^{0,18}$  (8)

при  $1 \leq \frac{2a}{d} \leq 2,14, Nu = 0,83 Re_{fg}^{0,5} \cdot Pr_f^{0,38} \left( \frac{Pr_f}{Pr_\omega} \right)^{0,22}$  (9)

На основе проведенных исследований разработана вибрационная фритюрница (рис. 3), реализующая комбинированный способ жаренья (горячий жир - воздух, а.с. № 706060). Сравнительные испытания комбинированной вибрационной фритюрницы показали, что её производительность превышает производительность серийной фритюрницы при значительно меньших удельных расходах жира и электроэнергии.

Создан и исследован комбинированный способ жаренья пищевых продуктов, включающий их предварительную обжарку в жире и доведе-  
ние до готовности в СВЧ-поле (а.с. № 501731). Последовательность

воздействия СВЧ-поля и горячего жира на продукт меняется в зависимости от свойств обжариваемых продуктов. В табл. 4 приведена характеристика созданного способа жаренья.

Таблица 4

Сравнительные показатели способов жаренья

№ пп	Показатели	Способ жаренья	
		традиционный	комбинированный (а.с. 501731)
1.	Общая продолжительность жаренья, с: пирожков	300-350	90-100
	пончиков	240-260	70-80
2.	Продолжительность пребывания в жире, с: пирожков	300-350	40-50
	пончиков	240-260	35-45
3.	Органолептическая оценка, балл: пирожков	4,6 ± 0,3	5,0 ± 0
	пончиков	4,5 ± 0,2	5,0 ± 0

Анализ данных табл. 4 позволяет отметить, что продолжительность пребывания изделий в жире при жареньи комбинированным способом сокращается примерно в 7 раз, в 3 - 3,5 раза - общая длительность процесса. При комбинированном способе жаренья картофеля содержание продуктов окисления и сополимеризации в жире за 6 часов жаренья увеличилось в 1,3 раза, тогда как при традиционном способе - в 2 раза; содержание дикарбонильных соединений, соответственно, в 1,6 и 2,4 раза.

Таким образом, созданные комбинированные способы фритурного жаренья продуктов обеспечивают снижение темпа окислительных процессов в жирах, повышение качества продукта, ускорение процесса и позволяют централизовать этот процесс, что позволит перейти на индустриальные методы производства этого вида продукции.

## 2. Исследование и разработка комбинированных способов жаренья продуктов с целью совершенствования основного способа

Этому процессу присущ ряд недостатков, основным из которых является его большая длительность, что способствует потере ценных пищевых веществ. Процессы жаренья полуфабрикатов основным способом являются периодическими и не позволяют получить значительные объёмы готовой продукции к заданному времени. Применяемая для этого процесса тепловая аппаратура не лишена ряда теплотехнических и конструктивных недостатков, одним из которых является высокая неравномерность температурных полей. В настоящее время нет чётких теоретических представлений по оценке равномерности температурных полей жарочных поверхностей аппаратов. В связи с изложенным для теоретического и экспериментального исследования была намечена следующая программа работ:

- разработка методов оценки равномерности температурных полей жарочных поверхностей и нагревателей (танов) и их проверка на реальных аппаратах;

- исследование технологических характеристик аппаратов с косвенным обогревом при централизованном их обогреве горячим теплоносителем с целью замены тепловых аппаратов с непосредственным обогревом;

- разработка и исследование комбинированных способов жаренья продуктов, устраняющих недостатки основного способа.

Показатель неравномерности температурного поля жарочных поверхностей оценивается по максимальному перепаду температур ( $\Delta t_{max} = t_{max} - t_{min}$ ) между отдельными точками на ней. Однако этот метод оценки имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что если даже в сравниваемых аппаратах получены одинаковые значения  $\Delta t_{max}$ , то они не дадут истинного температурного поля, так как у одного из них  $\Delta t_{max}$  имеет место на большей части поверхности, а у другого - на незначительной её части.

Для оценки равномерности температурного поля жарочной поверхности нами введен показатель

$$P(t_{\text{пер}}) = \int_{t-0,5t_{\text{пер}}}^{t+0,5t_{\text{пер}}} f(t) dt \quad (10)$$

где  $P(t_{\text{пер}})$  - вероятность того, что разность температур между любыми двумя точками жарочной поверхности будет меньше или равна заданному перепаду температуры;

$\bar{t}$  - средняя температура на рабочей поверхности аппарата

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^N t_i S_i$$

где  $t_i$  - температура в любой замеряемой точке жарочной поверхности;

$S_i$  - часть площади жарочной поверхности (в относительных величинах), на которой температура равна  $t_i$ ;

$f(t)$  - закон распределения температуры жарочной поверхности;

$N$  - количество экспериментальных замеров.

Если эмпирический закон распределения температуры на поверхности близок к нормальному, то вероятность определяется по формуле:

$$P(t_{\text{пер}}) = \Phi\left(\frac{t_{\text{пер}}}{2\sigma_t}\right) - \Phi\left(-\frac{t_{\text{пер}}}{2\sigma_t}\right) \quad (11)$$

где  $\Phi$  - нормальная функция распределения;

$\sigma_t$  - среднеквадратическое отклонение, которое характеризует рассеивание выборочных значений температур вокруг среднего значения и определяется по формуле:

$$\sigma_t = \sqrt{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2 \frac{S_i}{N-1}} \quad (12)$$

Соответствие экспериментальных данных выбранному теоретическому закону распределения проверялось с использованием критериев согласия Пирсона, Колмогорова и Романовского.

Если температура замеряется в центрах равновеликих по площади участков, то  $P(t_{\text{пер}})$  приближенно определяется по формуле:

$$P(t_{\text{пер}}) \approx \frac{\sum m_i \{t_i \leq \bar{t} + 0,5t_{\text{пер}}\} - \sum m_i \{t_i \leq \bar{t} - 0,5t_{\text{пер}}\}}{M} \quad (13)$$

где  $\sum m_i \{t_i \leq \bar{t} + 0,5t_{nep}\}$  - количество точек на рабочей поверхности, в которых замеряемая температура оказалась меньше суммы  $(\bar{t} + 0,5t_{nep})$ ;  
 $\sum m_i \{t_i \leq \bar{t} - 0,5t_{nep}\}$  - количество точек на рабочей поверхности, в которых замеряемая температура оказалась меньше разности  $(\bar{t} - 0,5t_{nep})$   
M - общее количество исследуемых участков.

Экспериментальная проверка предложенного нами метода оценки равномерности температурных полей жарочных поверхностей и нагревателей показала его хорошее согласие с экспериментом. Предложенный способ оценки совершенства тепловых аппаратов по равномерности температурных полей на их жарочных поверхностях является наиболее точным и объективным.

Выполненные нами исследования по определению теплообменных и технологических характеристик сковород с косвенным обогревом позволили предложить ряд кардинальных мер по их совершенствованию (а.с. № 428740 и № 446228), которые были направлены на значительное снижение инерционности системы, так как при косвенном обогреве аппаратов однофазным теплоносителем затруднительно регулировать температурный режим жаренья (в пределах одного цикла). Результаты экспериментальных работ убедительно доказали преимущества косвенного обогрева, наиболее удовлетворяющего технологическим требованиям основного способа жаренья. Однако обогрев "Одиночных" аппаратов промежуточным теплоносителем, находящимся в замкнутой рубашке, приводит к значительной их инерционности, что небезопасно при их длительной эксплуатации. В связи с этим предложено организовать обогрев аппаратов этого рода централизованно, движущимся горячим теплоносителем. На основе этого был создан комбинированный тепловой аппарат, объединяющий процессы обжарки и тушения при обогреве его камеры движущимся теплоносителем (а.с. № 700100), рис. 4.

Сравнительные данные по тушению мясопродуктов в новом аппарате и традиционным способом приведены в табл. 5. Из данных табл. 5 следует, что длительность тушения в аппарате сокращается на 15 ± 20%,

выход готового продукта увеличивается на 5% при значительно меньших затратах электроэнергии и более высоких органолептических показателях качества. Жир в новом аппарате практически не расходуется. Дальнейшая реализация принципа централизованного обогрева тепловых аппаратов нашла отражение при модернизации раздаточных линий типа "Эффект", что позволило значительно улучшить их эксплуатационные показатели, сократить расходы электроэнергии на термостатирование пищи и дольше сохранять её первоначальное качество.

Таблица 5

Сравнительные данные по тушению продуктов в специализированном аппарате и традиционным способом

Показатели	Тушение		Примечание
	в новой аппарате	традиционным	
1. Длительность процесса, мин.	$\frac{104}{75}$ <sup>1)</sup>	$\frac{130}{90}$ <sup>1)</sup>	1) числитель - крупнокусковой полуфабрикат;
2. Выход готового продукта (крупного куска), %	65	60	
3. Удельные затраты электроэнергии, Вт.ч/кг	$\frac{1000}{750}$	$\frac{1420}{1100}$	2) знаменатель - гуляш
4. Органолептическая оценка, балл	$5 \pm 0,00$	$4,1 \pm 0,15$	
	$5 \pm 0,00$	$4,5 \pm 0,07$	

Как отмечалось выше, способ жаренья кулинарных изделий на предприятиях общественного питания реализуется в аппаратах периодического действия, что не удовлетворяет современным требованиям организации питания рабочих, например, на крупных промышленных предприятиях (ВАЗ, ТоАЗ, КАМАЗ), к заданному времени необходимо приготовить 30-40 тысяч жареных изделий. Поэтому основной способ жаренья и аппараты, его реализующие, обуславливают большую длительность процесса и высокие удельные расходы тепла. Кроме того, некоторые виды сырья вообще нецелесообразно подвергать жаренью основным способом.

С целью разрешения этих проблем разработан комбинированный способ жаренья, который полностью исключает взаимодействие продукта с жарочной поверхностью и позволяет организовать этот процесс непрерывно. Суть способа заключается в орошении продуктов холодным жиром ( $t_{ж} = 20-25^{\circ}\text{C}$ ), затем в обработке продукта в среде циркулирующего горячего воздуха ( $t_{г} = 230 \pm 20^{\circ}\text{C}$ ) и циклическом воздействии на продукт влажного насыщенного пара ( $P = 0,28 \pm 0,3 \text{ МПа}$ ), а.с. 627809.

Проведены сравнительные исследования созданного способа по жаренью различных видов рыб (табл. 6).

Таблица 6

Результаты сравнительных исследований способов жаренья

Способ жаренья	Продолжительность процесса, мин.			Выход, %			Органолептическая оценка, балл		
	хек	скумбрия	лещ	хек	скумбрия	лещ	хек	скумбрия	лещ
Во фритюре	8,0	8,0	9,0	82	84	67	$4,83 \pm 0,15$	$4,83 \pm 0,17$	$4,47 \pm 0,20$
Основной способ	11,0	8,0	8,0	78	79	65	$4,0 \pm 0,10$	$4,10 \pm 0,10$	$4,0 \pm 0,10$
Комбинированный способ	7,0	7,0	8,0	87	86	71	$5,0 \pm 0,00$	$4,95 \pm 0,05$	$5,0 \pm 0,00$

Анализ экспериментальных данных позволяет отметить, что созданный комбинированный способ жаренья обеспечивает минимальную продолжительность технологического цикла и максимальный выход готового продукта при её более высоком качестве. Аминокислотный состав белков рыбы, подвергнутой различным способам тепловой обработки, показал лучшее сохранение аминокислотного состава белков при комбинированном способе.

Одной из крупных проблем, сдерживающих внедрение индустриаль-

ных методов приготовления мясных полуфабрикатов, является потеря их пищевой ценности при хранении и транспортировке. Для решения этой проблемы разработан новый комбинированный способ жаренья полуфабрикатов. Жаренье по этому способу проводят в три стадии. В первой стадии полуфабрикаты обрабатывают в СВЧ-поле при циклическом режиме. При этом белки коагулируют, что предотвращает их потерю с мясным соком. Появляется возможность снабжать предприятия общественного питания предварительно обработанными в поле СВЧ полуфабрикатами. Во второй стадии продукт солят, и в третьей - подвергают жаренью (а.с. 62649I, для служебного пользования).

Проведены эксперименты по обработке различных полуфабрикатов из мяса и птицы по предложенному способу и традиционному (табл.7).

Таблица 7

Сравнительные данные процесса жаренья мясных изделий

Способ	Продолжительность тепловой обработки	Выход, %	Органолептическая оценка готового продукта, балл	Примечание
I. Традиционный	$\frac{18^1)}{24^2)}$	$\frac{60,3}{75,4}$	$\frac{4,5 \pm 0,22}{4,1 \pm 0,15}$	I) филе из говядины; 2) цыплята
	$\frac{6}{7}$	$\frac{62}{76,8}$	$\frac{5 \pm 0,00}{4,9 \pm 0,05}$	
2. Комбинированный (а.с. № 62649I)				

Итак, разработанный способ способствует повышению качества готового продукта, увеличению его выхода, сокращению длительности процесса, увеличивает сохранность аминокислотного состава белков мясных изделий. Способ позволяет перейти на индустриальные методы производства кулинарной продукции, так как появляется возможность создать на крупных предприятиях заготовочных механизированную линию для обработки полуфабрикатов и снабжать ими предприятия доготовочные.

### 3. Исследование комбинированных способов варки продуктов

Процесс варки продуктов осуществляется по традиционной технологии и отличается значительной длительностью, энергоёмкостью и трудоёмкостью. Так, например, процесс варки костных бульонов продолжается 5-7 часов, при этом качество получаемого бульона не всегда высокое, значительна трудоёмкость этого процесса, обусловленная низким уровнем механизации измельчения и мойки костей. Аппараты для варки бульонов не отвечают технологическим требованиям этого процесса. Варка фаршевых изделий из птицы и рыбы имеет ряд недостатков, которые снижают пищевую и биологическую ценность продукта.

В связи с изложенным для теоретических и экспериментальных работ была намечена программа, которая включала:

- теоретическое описание динамики нагрева кусков костей различной массы с целью выбора среднего оптимального размера кусков, необходимого для интенсификации и совершенствования процесса варки;
- исследование возможных способов интенсификации процесса варки костных бульонов;
- создание и исследование специализированного котла для варки бульонов;
- исследование комбинированных способов варки фаршевых изделий из рыбы и птицы.

При выполнении экспериментальных работ впервые решен ряд методических вопросов, например, предложена оригинальная методика замера температуры куска кости в процессе варки бульона. Путем решения идеализированной краевой задачи теплопроводности получено приближенное описание динамики нагрева кусков кости в процессе варки бульонов. Истинная форма кусков кости заменяется сферической, причем радиус сфер считается равным половине среднего размера кусков, полученного путем обмера в трёх взаимно перпендикулярных

направлениях. Вводится допущение о линейном росте температуры воды в котле от начального значения  $T_0$  до температуры кипения  $T_B^1$  со скоростью роста  $\frac{dT_B}{d\tau} = \alpha$  (для котла КПЭ-60  $\alpha = 0,042$  К/с). Процесс варки подразделяется на две стадии. На первой стадии - до закипания воды в котле - решение краевой задачи теплопроводности для нагреваемых кусков кости даёт:

$$T_K(r, \tau) = T_0 + \alpha \left( \tau + \frac{r^2 - \bar{\rho}_K^2}{6a_K^2} \right) + \frac{2\bar{\rho}_K^2 \alpha}{a_K^2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{1}{(n\pi)^2} e^{-\frac{n^2 \pi^2 a_K^2 \tau}{\bar{\rho}_K^2}} \frac{\frac{n\pi r}{\bar{\rho}_K} \sin \frac{n\pi \bar{\rho}_K}{\bar{\rho}_K}}{\frac{n\pi r}{\bar{\rho}_K}} \quad (14)$$

где 
$$a_K^2 = \frac{\lambda_K}{c_K \rho_K}$$

Анализ решения показывает, что уже через 5-10 мин после начала процесса температура в центре куска кости возрастает приблизительно по линейному закону (со скоростью  $\frac{dT_K}{d\tau} \approx \alpha$ ):

$$T_K(r, \tau) = T_0 + \alpha \tau - A(r) \quad (15)$$

$$A(r) = \frac{\alpha}{6a_K^2} (\bar{\rho}_K^2 - r^2) \quad (16)$$

На второй стадии процесса - от момента закипания воды в котле до окончания варки - при постоянстве температуры воды  $T_B^1$  - решение краевой задачи о нагреве куска кости даёт:

$$T_K(r, \tau) = T_B^1 - \sum_{n=1}^{\infty} B_K e^{-\frac{n^2 \pi^2 a_K^2 \tau}{\bar{\rho}_K^2}} \frac{\frac{n\pi r}{\bar{\rho}_K} \sin \frac{n\pi \bar{\rho}_K}{\bar{\rho}_K}}{r} \quad (17)$$

где 
$$B_K = \frac{2}{\bar{\rho}_K} \int_0^{\bar{\rho}_K} r A(r) \sin \frac{n\pi r}{\bar{\rho}_K} dr \quad (18)$$

При этом температура в центре куска кости асимптотически приближается к  $T_B \approx 100^\circ\text{C}$  по экспоненциальному закону. Общая продолжительность процесса определяется как сумма продолжительностей первой ( $\tau^I$ ) и второй ( $\tau^{II}$ ) стадии:  $\tau_0 = \tau^I + \tau^{II}$

Для  $\tau^I$  имеем: 
$$\tau^I = \frac{T_B^1 - T_0}{\alpha} \quad (19)$$

Для  $\tau^{II}$  (при достижении температуры  $T_B^1$  в центре куска кости с точностью 1%) имеем оценку:

$$\tau^{II} = \frac{5\bar{\rho}_K^2}{n^2 a_K^2} \quad (20)$$

Для кусков кости с размерами  $1/8$ ,  $1/4$ ,  $1/2$  и целого эпифиза оценка величины  $\tau_0$  даёт:

$$\tau_{1/8} \approx 46 \text{ мин}; \tau_{1/4} \approx 56 \text{ мин}; \tau_{1/2} \approx 61 \text{ мин}; \tau_{ц} \approx 82 \text{ мин.}$$

Теоретические расчёты адекватны экспериментальным данным. Полученная формула обеспечивает удовлетворительную для инженерных расчётов точность, что позволило выбрать оптимальный размер кости для варки бульонов.

На основе теоретических расчётов и экспериментальных исследований была разработана принципиально новая технология производства полуфабрикатов для бульона из пищевых костей (а.с. 553365). Другой путь интенсификации процесса варки костных бульонов — применение СВЧ-нагрева; создан комбинированный способ варки костных бульонов (а.с. 544414), включающий обработку водно-костной массы в автоклаве, повторное измельчение костей до 1-2 мм, смешивание их с водой и циклическую обработку водно-костной массы в СВЧ-поле. Способ позволяет более чем в 5,5 раз сократить процесс, увеличить извлечение сухих веществ и жира из костей при более высоком качестве готового продукта по сравнению с традиционной варкой.

Процесс осветления бульонов является длительным, для его осуществления используется мясо, которое в последующем в пищу не используется. Исследован новый состав оттяжки, разработана технология её применения, изучен химический состав бульона, осветленного новой оттяжкой (защищенной авторским свидетельством). Применение оттяжки способствует сокращению процесса приготовления прозрачных бульонов, полностью исключается применение мяса для осветления бульона, причем качество бульона не снижается.

Проведены исследовательские и конструкторские работы по созданию специализированного котла для варки бульонов. В результате выполнения комплекса работ создан котёл, защищенный авторским свидетельством. Исследование его технологических и теплообменных характеристик показало, что удельные расходы тепла на процесс варки

снизились на 40%, уменьшилась трудоёмкость варки, значительно улучшилось качество бульона (рис. 5). Изучен теплообмен в варочном сосуде котла и получено критериальное уравнение вида:

$$Nu = 0,028(Gr \cdot Pr)^{0,53} \quad (21)$$

Это уравнение определяет специфику теплообмена, в основном обусловленную изменением теплофизических свойств бульона в процессе варки.

В настоящее время в общем объеме добываемой рыбы в морях и океанах значительный удельный вес занимают тощие виды рыб (лемонема, путассу, макрурус, мелочь различных пород), отличительной особенностью которых является незначительное содержание влаги и др. Отмеченное не позволяет широко их использовать на предприятиях общественного питания. Одним из направлений в решении этой проблемы является переработка этих пород рыб в фаршевые изделия, что позволяет обогатить их наполнителями и устранить свойственные этому виду сырья недостатки. Традиционные методы тепловой обработки этого вида изделий неприемлемы, поэтому автором разработан и комплексно исследован комбинированный способ варки фаршевых изделий из рыбы, защищенный авторским свидетельством № 501748. Суть способа заключается в том, что полуфабрикат, например, фаршевый батон, упаковывается в двухслойную целлофановую оболочку, которая завязывается нитью с одного конца, далее с другого конца упаковки, в пространстве между первым и вторым слоем целлофана заливается вода в количестве 5-10% от массы рыбы; завязывается второй конец целлофанового мешка. Подготовленный таким образом полуфабрикат подвергается обработке в СВЧ-поле при циклическом подводе СВЧ-энергии. Экспериментальными работами при исследовании этого способа варки выявлено, что выход готового продукта увеличивается на 11-16% при его отличном качестве, в 7-10 раз снижается длительность процесса по сравнению с традиционной варкой. Установлено, что лучше сохраняется жирнокислотный состав жира фарша и аминокислотный состав белков. Отмеченное объясняется меньшей длительностью тепловой обработки.

Изучены микробиологические показатели изделий, обработанных при оптимальных режимах комбинированного способа, при этом установлено, что все режимы обеспечивают достаточно высокий стерилизующий эффект. Установлено, что перевариваемость белков продукта, обработанного комбинированным способом, интенсивнее на 16-17% по сравнению с контролем.

Высокие технико-экономические показатели комбинированного способа варки фаршевых изделий из рыбы позволили распространить их на варку изделий типа фаршированная птица и получить высокий технологический эффект.

Таким образом, проведенные исследования показали перспективность разработанных способов, возможность широкого промышленного внедрения и, что самое главное, возможность организовать производство кулинарной продукции индустриальными методами.

#### 4. Исследование теплофизических свойств фритюрных жиров и костного бульона

Исследование теплофизических свойств жира и костного бульона имеет важное практическое значение для расчётов и конструирования тепловых аппаратов и изучения их технологических и теплообменных характеристик. Помимо практического значения данных по теплофизическим свойствам жидкостей они представляют существенный научный интерес, так как до настоящего времени нет строгой теории жидкостей, а объём экспериментальных данных по этому классу жидкостей ограничен. При проведении экспериментов была разработана комплексная методика, целью которой было параллельное определение динамики химических и теплофизических характеристик исследуемых жидкостей, что позволило впервые выявить влияние продолжительности нагрева жира и варки бульона на изменение их теплофизических свойств.

Теплофизические свойства жиров изучены в диапазоне температур 60-200°C и давлений от 0,1 до 50 МПа, костных бульонов в диапазоне

температур 20-100°C при атмосферном давлении. При указанных параметрах изучены плотность, теплоемкость, коэффициент динамической вязкости, теплопроводность. На основе экспериментальных данных были рассчитаны коэффициент кинематической вязкости, коэффициент объемного расширения исследуемых жидкостей. Плотность изучена методом гидростатического взвешивания, теплоёмкость - по методу адиабатического калориметра. Вязкость исследовалась на экспериментальной установке, реализующей метод капилляра; в конструктивном отношении был выбран один из вариантов вискозиметра И.Ф.Голубева и В.А.Петрова, который апробирован и хорошо зарекомендовал себя в работах многих авторов. Теплопроводность изучена стационарным методом нагретой нити.

При исследовании плотности получено 252 опытных значения для жира "Белорусский", 64 - саломаса, 128 - костных жиров (свиного и говяжьего), 39 - бульона. Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что плотность жиров на всех изобарах с ростом температуры уменьшается. Зависимость  $\rho = (P)$  при  $T = \text{const}$  обнаруживает тенденцию незначительного возрастания плотности с ростом давления. Влияние продолжительности нагрева на изменение плотности несущественно, по-видимому, образовавшиеся в процессе нагрева жира продукты окисления, гидролиза и полимеризации по плотности мало отличаются от исходного жира. Результаты экспериментальных исследований плотности жиров обобщены в уравнение состояния, в котором плотность представлена в виде зависимости от температуры и давления:

$$\rho = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^3 a_{ij} \left(\frac{T}{100}\right)^i \left(\frac{P}{10}\right)^j \quad (22)$$

Плотность бульона с увеличением концентрации сухих веществ, являющаяся функцией продолжительности нагрева, изменяется незначительно и описана уравнением состояния вида:

$$\rho = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^2 a_{ij} T^i \tau^j \quad (23)$$

Максимальная погрешность описания результатов измерения плотности жиров "Белорусский", саломаса, свиного, говяжьего и бульона составила 0,7; 0,5; 0,3; 0,8; 0,4%; среднеквадратическая - 0,3; 0,3; 0,2; 0,3; 0,3%.

Качественный анализ результатов измерений  $C_p$  показал, что с ростом температуры для исследованных нами жиров теплоёмкость увеличивается практически по линейному закону. Увеличение продолжительности нагрева жира приводит к возрастанию значений теплоёмкости. С ростом температуры теплоёмкость бульона возрастает, а с увеличением концентрации сухих веществ - уменьшается.

При исследовании коэффициента динамической вязкости получено 322 экспериментальных значения для жира "Белорусский", 36 - саломаса, 72 - свиного и говяжьего жира, 39 - бульона. Коэффициент динамической вязкости жира "Белорусский" с повышением температуры уменьшается (на всех исследованных изобарах) по закону, близкому к экспоненциальному. С ростом давления  $\eta$  увеличивается практически линейно.

Большая продолжительность нагрева образцов жира способствует существенному увеличению  $\eta$ . Так, 20-часовой нагрев образца при различных давлениях и температурах приводит к возрастанию коэффициента динамической вязкости на 15-20% (рис. 6).

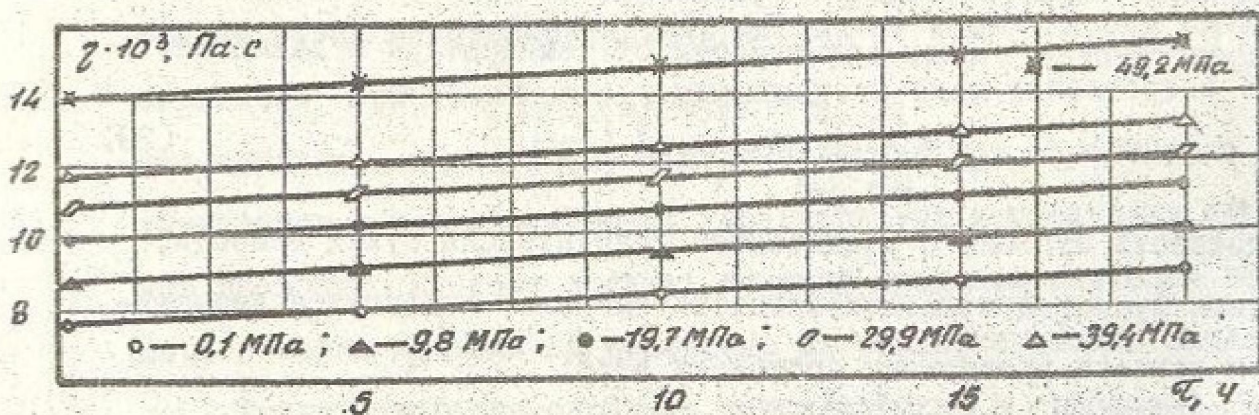


Рис. 6. Зависимость  $\eta = f(\tau)$

Таким образом, в процессе высокотемпературного нагрева жира, соответствующем реальным режимам жаренья, происходит существенное изменение его свойств, связанное с изменением структуры.

Увеличение продолжительности варки бульонов, очевидно, способствует образованию таких белковых комплексов, которые меняют структуру жидкости, что приводит к увеличению  $\eta$  бульона (в течение пятичасовой варки) более чем на 50%.

Для аппроксимации опытных данных по вязкости жира "Белорусский" выбрана форма уравнения, связывающая в явном виде вязкость с тремя параметрами, непосредственно измеряемыми в опыте: температурой, давлением и продолжительностью нагрева.

Итоговое уравнение получено нами в виде:

$$\lg \eta = \sum_{l=0}^3 \sum_{j=0}^2 \sum_{k=0}^2 a_{ljk} \left( \frac{1}{T} \right)^l P^j \tau^k \quad (24)$$

Для саломаса, костных жиров уравнение имеет вид:

$$\lg \eta = \sum_{l=0}^2 \sum_{j=0}^3 a_{lj} \left( \frac{T}{100} \right)^l P^j \quad (25)$$

Для бульона:

$$\lg \eta = \sum_{l=0}^1 \sum_{j=0}^2 a_{lj} \frac{\tau^j}{T^l} \quad (26)$$

При исследовании теплопроводности получено 307 экспериментальных значений для жира "Белорусский", 56 - саломаса, II6 - костных жиров, II2 - костных бульонов. Анализ экспериментальных данных показал, что зависимости теплопроводности  $\Lambda$  жира "Белорусский" от температуры и давления близки к линейной. Большая продолжительность нагрева жира способствует незначительному увеличению коэффициента теплопроводности. Так, за 20 часов нагрева жира "Белорусский" при  $T = 475$  К величина  $\Lambda$  возросла на 7%; очевидно, это связано со слабым влиянием изменения структуры жира на  $\Lambda$ . Установлено, что увеличение концентрации сухих веществ в бульоне способствует зна-

чительному снижению его теплопроводности.

В связи с незначительным влиянием  $\tau$  на  $\lambda$  нам представилось целесообразным не учитывать влияние продолжительности нагрева жира в уравнении для расчёта теплопроводности. Поэтому уравнение для всех исследуемых жиров получено в виде двухпараметрической зависимости от температуры и давления.

Для жира "Белорусский": 
$$\lambda = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^2 \alpha_{ij} \left(\frac{T}{100}\right)^i \left(\frac{P}{10}\right)^j \quad (27)$$

Для костных жиров и саломаса:

$$\lambda = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^3 \alpha_{ij} \left(\frac{T}{100}\right)^i \rho^j \quad (28)$$

Для бульона:

$$\lambda = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^2 \alpha_{ij} T^i \tau^j \quad (29)$$

где  $\tau$  - продолжительность варки.

Погрешность описания экспериментальных данных не превышает 0,5%. Коэффициенты уравнений (22-29)  $\alpha_{ij}$ ,  $\alpha_{ijk}$  получены с помощью ЭВМ ЕС 1032 путем обработки массива исходных данных и перебора степеней по температуре, давлению и продолжительности нагрева. Полученные уравнения теплофизических свойств позволили рассчитать их сглаженные значения, приведенные в приложении к диссертации, и получить справочные таблицы по этому классу жидкостей.

### 5. Экономическая эффективность и внедрение результатов исследований в практику

Расчёты экономического эффекта по основным результатам исследований выполнены в соответствии с общегосударственными и отраслевыми методиками. За счёт увеличения долговечности тэнов, сокращения энергоёмкости процессов термостатирования пива, сокращения длительности процесса осветления бульонов и оттяжки, предложенных автором, получен экономический эффект организациями, внедрившими

результаты исследований, в сумме 290,7 тыс. руб. Ожидаемый экономический эффект от внедрения результатов исследований составит 2615,3 тыс. руб.

Внедрение результатов исследований осуществлялось на крупных фабриках-заготовочных, мясокомбинатах, а также в нормативно-технологической документации общественного питания страны. Так, например, уточненная технологическая схема варки костных бульонов и нормы по закладке костей на выход 100 кг бульона, а также его химический состав, новый вид отяжки для бульонов приняты. Научно-исследовательским институтом общественного питания Министерства торговли СССР в качестве нормативно-технологической документации и включены в "Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания".

Разработаны и утверждены ТУ и ТИ на полуфабрикат для бульонов из пищевых костей. Создана линия и запроектирован специализированный цех по выработке полуфабриката для бульона из пищевых костей на фабрике-заготовочной Тольяттинского азотного завода. Справочные таблицы по теплофизическим свойствам жиров переданы для использования ВНИИЖу (Всесоюзному научно-исследовательскому институту жировой промышленности - Харьковскому филиалу). Справочные таблицы по теплофизическим свойствам жиров и бульона переданы в ГССД для их аттестации и утверждения в качестве расчетно-справочных данных.

## ВЫВОДЫ

I. Выполненные исследования представляют научное направление, характеризующееся новыми теоретическими и методологическими основами, которые необходимы при решении народно-хозяйственной проблемы по интенсификации и совершенствованию тепловых процессов и аппаратов общественного питания, что позволит внести существенный вклад в решение задач XI пятилетки.

На базе результатов исследований создан ряд комбинированных способов тепловой обработки кулинарной продукции, позволяющих создать прогрессивные технологии и организовать производство кулинарной продукции промышленными методами, разработать высокоэкономичное тепловое оборудование.

2. Проведены комплексные исследования факторов, влияющих на темп химических изменений жира при его длительном нагреве; полученные опорные данные использованы при создании принципиально новых комбинированных способов фритюрного жаренья продуктов и разработке прогрессивных фритюрниц. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность создания комбинированных способов фритюрного жаренья, получены уравнения по сменяемости жира в ваннах фритюрниц, его балльной оценки, установлена взаимосвязь между меняющимися в процессе жаренья теплофизическими свойствами фритюрных жиров и показателями процесса. Выявлено поведение фритюрных жиров при их нагреве в СВЧ поле. Созданы и комплексно исследованы три новых комбинированных способа фритюрного жаренья продуктов, защищенных авторскими свидетельствами; способы обеспечивают повышение качества кулинарных изделий, снижение темпа нежелательных химических изменений жира, удельных затрат тепла, удельных расходов жира, сокращение длительности процесса.

3. Разработаны, смакетированы и исследованы три принципиально новых жарочных машины и фритюрницы, реализующие комбинированные способы фритюрного жаренья. Изучены специфические случаи теплообмена в ваннах фритюрниц, получены критериальные уравнения, описывающие теплоотдачу в ваннах фритюрниц. Интенсифицирован теплообмен в ванне фритюрницы за счёт вибрации поверхностей нагрева. Исследованы технологические показатели новых фритюрниц, показавшие более высокие результаты по сравнению с серийными. Аппараты защищены авторскими свидетельствами.

4. Предложены критерии оценки равномерности температурных полей жарочных поверхностей тепловых аппаратов и поверхностей трубчатых нагревателей, показавшие хорошее согласие с экспериментальными данными. На основе теоретических разработок создан принципиально новый тепловой аппарат для тушения пищевых продуктов и предложено перспективное направление модернизации раздаточных линий типа "Эффект", заключающееся в замене конфорок с тэнами на пустотелые конфорки, обогреваемые движущимся горячим теплоносителем. Комплексно исследованы трубчатые электрические нагреватели для нагрева воды и жира, разработаны рекомендации промышленности по совершенствованию конструкции тэнов и повышению их надежности и долговечности.

5. С целью совершенствования основного способа жаренья разработаны и исследованы два новых комбинированных способа жаренья кулинарной продукции, защищенные авторскими свидетельствами. Созданные способы позволяют значительно сократить длительность процесса, повысить качество продукции при увеличении её выхода. Новые способы создают реальную возможность организации производства кулинарной продукции индустриальными методами.

6. Разработаны и комплексно исследованы комбинированный способ варки костных бульонов и способ приготовления полуфабриката для бульона из пищевых костей, уточнена технология варки костных бульонов на предприятиях общественного питания, предложена новая оттяжка и технология осветления бульонов. Проведенные исследования позволили механизировать процесс переработки костей на предприятиях общественного питания, ликвидировать ручной труд, повысить качество бульона и экономическую эффективность этого процесса. Разработан и исследован специализированный котёл для варки костных бульонов, обладающий высокой технико-экономической эффективностью по сравнению с серийными аппаратами, применяемыми для этого процесса. Изучен теплообмен в жарочном сосуде котла, установлена взаимосвязь

коэффициента теплоотдачи от тэнов к бульону с меняющимися в процессе варки теплофизическими свойствами бульона. Получено критериальное уравнение, описывающее теплообмен в варочном сосуде котла, удобное для практических расчётов.

7. С целью интенсификации и совершенствования процесса варки фаршевых изделий из океанических видов рыб разработан и исследован комбинированный способ варки изделий этого типа, защищенный авторским свидетельством. Созданный способ позволяет устранить специфические особенности исходного сырья, повысить пищевую и биологическую ценность продукции, значительно интенсифицировать процесс по сравнению с традиционной варкой и организовать производство продукции индустриальным методом на поточно-механизированной линии.

8. Впервые изучен комплекс теплофизических свойств жира "Белорусский", саломаса, костных жиров (свиного и говяжьего), костного бульона в широком диапазоне температур и давлений, что имеет научное и прикладное значение для расчётов и конструирования тепловых аппаратов и исследований, направленных на совершенствование технологических процессов на предприятиях пищевой промышленности и общественного питания. Получены аналитические зависимости для расчёта теплофизических свойств фритюрных жиров и бульона, с помощью которых впервые разработаны справочные таблицы теплофизических свойств жиров и бульонов.

9. Результаты исследований защищены 15 авторскими свидетельствами. Экономический эффект от внедрения результатов исследований составил 2 млн. 906 тыс. рублей. Внедрение результатов исследований осуществлено Харьковским мясокомбинатом, Криворожским РМК промышленного объединения "Укрторгтехника", крупными предприятиями общественного питания - Харьковскими фабриками-кухнями авиационного завода и мехового объединения, Тольяттинским азотным заводом. Разработаны ТУ и ТИ на "Полуфабрикат для бульона из пищевых костей".

Внедрены в нормативно-технологическую документацию общественного питания страны результаты исследований по совершенствованию технологического процесса приготовления костных бульонов. Справочные данные по теплофизическим свойствам фритюрных жиров и костных бульонов используются научно-исследовательскими институтами и проектно-конструкторскими организациями.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

I. Беляев М.И., Шильман Л.Э. Совершенствование процессов тепловой обработки продуктов в общественном питании. - М.: Экономика, 1975, 112 с., ил.

2. Беляев М.И. Производство мучных кондитерских изделий в общественном питании. - М.: Экономика, 1977, 136 с., ил.

3. Беляев М.И. Тепловые процессы и качество продукции в общественном питании. - М.: Экономика, 1979, 135 с., ил.

4. А.с. 428740 (СССР). Способ управления температурным режимом сковороды. (М.И.Беляев, П.Я.Коган). Оpubл. в Б.И., 1974, № 19.

5. А.с. 439273 (СССР). Вакуумная жарочная машина непрерывного действия. (М.И.Беляев, Г.Н.Положенцев и др.). Оpubл. в Б.И., 1974, № 30.

6. А.с. 446268 (СССР). Двухвальная жаровня для приготовления пиши. (М.И.Беляев, П.Я.Коган и др.). Оpubл. в Б.И., 1974, № 38.

7. А.с. 402358 (СССР). Устройство для жаренья пищевых изделий. (М.И.Беляев, И.Н.Федоров, Л.Э.Шильман). Оpubл. в Б.И., 1974, № 42.

8. А.с. 501748 (СССР). Способ тепловой обработки мясных и рыбных продуктов. (М.И.Беляев). Оpubл. в Б.И., 1976, № 5.

9. А.с. 501731 (СССР). Способ обжаривания пищевых продуктов. (М.И.Беляев). Оpubл. в Б.И., 1976, № 5.

10. А.с. 544417 (СССР). Способ варки бульонов из пищевых костей. (М.И.Беляев, Ю.Н.Харапанов, С.В.Симовьян). Оpubл. в Б.И., 1977, № 4.

II. А.с. 572257 (СССР). Способ обжарки пищевых продуктов. (М.И.Беляев, Н.Г.Черкашин). Оpubл. в Б.И., 1977, № 34.

12. А.с. 627809 (СССР). Способ обжарки пищевых продуктов. (М.И.Беляев, А.М.Титов). Оpubл. в Б.И., 1978, № 38.

13. А.с. 626491 (СССР). Способ приготовления мясных изделий. (М.И.Беляев, Г.А.Винокуров). Не публикуется.

14. А.с. 663366 (СССР). Способ приготовления полуфабриката из пищевых костей. (М.И.Беляев, Г.А.Винокуров). Оpubл. в Б.И., 1979, № 19.

15. А.с. 700100 (СССР). Устройство для тепловой обработки пищевых продуктов. (К.А.Андрианов, М.И.Беляев, В.В.Сафонов и др.). Оpubл. в Б.И., 1979, № 44.

16. А.с. 706060 (СССР). Электрическая фритюрница. (М.И.Беляев, А.Н.Орябинская). Оpubл. в Б.И., 1979, № 48.

17. Положительное решение по заявке 2723149/28-13 (СССР). Устройство для варки пищевых продуктов. (М.И.Беляев, А.И.Черевко).

18. Положительное решение по заявке 2773097/28-13 (СССР). Оттяжка для осветления мясных и рыбных бульонов. (М.И.Беляев, А.И.Черевко).

19. Беляев М.И. Взаимосвязь вязкости растительного подсолнечного масла и коэффициента теплоотдачи. - В кн.: Общественное питание (Межведомственный Республиканский научно-технический сборник), Киев, Техника, 1971, вып. 7, с. 101-103.

20. Беляев М.И. Интенсификация процессов и совершенствование технологического оборудования - основное направление технического прогресса в общественном питании. - В кн.: Совершенствование материально-технической базы и пути повышения её эффективности в торговле и общественном питании потребительской кооперации. Тезисы докл. Всесоюз. научн. конф., Самарканд, 1974, с. 62-63.

21. Беляев М.И. Интенсификация жаренья картофеля комбинированием СВЧ-нагрева и горячего фритюра. - Бытовая электротехника, 1974, № 4 (23), с. 11-12.

22. Беляев М.И. Вакуумная жарочная машина непрерывного действия. - Общественное питание, 1975, № 8, с. 57-58.

23. Беляев М.И. Использование некоторых комбинированных способов тепловой обработки кулинарных изделий. - В кн.: Общественное питание (Межведомственный Республиканский научно-технический сборник), Киев, Техника, вып. 11, 1975, с. 99-101.

24. Беляев М.И. Кондитерское производство: ещё раз о концентрации. - Общественное питание, 1976, № 9, с. 52-53.

25. Беляев М.И. Комбинированный способ жаренья мясopодуkтов. - Изв. Вузов. Пищевая технология, 1979, № 1, с. 50-53.

26. Беляев М.И. Комбинированный способ варки фаршированной птицы. - Изв. Вузов. Пищевая технология, 1979, № 1, с. 59-61.

27. Беляев М.И., Федоров И.И. Пути дальнейшего совершенствования конструкции электрических аппаратов (фритюрниц периодического действия). Тезисы докл. научн. конф. по проблемам совершенствования общественного питания на селе. - Самарканд, 1970, с. 110-113.

28. Беляев М.И., Положенцев Г.И. Взаимосвязь между термическими параметрами фритюрных жиров. - Масло-жировая промышленность, 1971, № 1, с. 25.

29. Беляев М.И., Загоскина Л.Г. Влияние температурных полей жарочных поверхностей на удельные расходы жира и качество изделий. - в Кн: Общественное питание (Межведомственный Республиканский научно-технический сборник), Киев, Техника, 1972, вып. 8, с. 143-145.

30. Беляев М.И., Коган П.Я. Как улучшить конструкцию электросковород с косвенным обогревом. - Общественное питание, 1973, № 3, с. 53-54.

31. Беляев М.И., Положенцев Г.И., Киптелая Л.В. Температура рабочих элементов аппаратуры и жира при фритюрном жареньи. - Изв. Вузов, Пищевая технология, 1973, № 5, с. 154-155.

32. Беляев М.И., Положенцев Г.И., Федоров И.И. Некоторые физические и теплофизические характеристики фритюрных жиров. - Масло-жировая промышленность, 1973, № 4, с. 18-19.

33. Беляев М.И., Шильман Л.З., Положенцев Г.И., Матьшова Ю.Г. Влияние вакуума на показатели фритюрных жиров при высокотемпературном нагревании. - Масло-жировая промышленность, 1973, № 8, с. 15.

34. Беляев М.И., Коган П.Я., Киптелая Л.В. Регулирование температурного режима на жарочных поверхностях тепловых аппаратов с однефазным промежуточным теплоносителем. Тезисы докл. на Всесоюз. научно-технической конференции "Автоматизация производственных процессов в торговле и общественном питании", Л., 1974, с. 45.

35. Беляев М.И., Коган П.Я. Вероятные методы сравнительной оценки температурного поля поверхности тепловых аппаратов. - Изв. Вузов, Пищевая технология, 1974, № 3, с. 112-114.

36. Беляев М.И., Вышелесский А.Н., Федоров И.Н. Технологические требования к электрическим фритюрницам периодического действия. - В кн.: Оборудование предприятий торговли и общественного питания. М., МИНХ им. Г.В.Плеханова, 1974, вып. 2, с. 20-28.

37. Беляев М.И., Каширцев В.И. Вопросы эксплуатации оборудования на предприятиях общественного питания. - В кн.: Общественное питание (Межведомственный Республиканский научно-технический сборник), Киев, Техника, 1974, вып. 10, с. 191-193.

38. Беляев М.И., Коган П.Я. К оценке производительности тепловых аппаратов. - В кн.: Общественное питание (Межведомственный Республиканский научно-технический сборник), Киев, Техника, 1974, вып. 10, с. 183-186.

39. Беляев М.И., Федоров И.Н., Шильман Л.З. Устройство для жаренья пищевых продуктов. - В кн.: Машиностроение для предприятий торговли и общественного питания, ЦНИИТЭИлегпищемаш, М., 1974, с. 11-16.

40. Беляев М.И., Загоскина Л.Г., Шкурупий Е.Н. Применение СВЧ-энергии для интенсификации тепловой обработки фаршевых изделий из рыбы. - Изв. Вузов. Пищевая технология, 1975, № 5, с. 60-63.

41. Беляев М.И., Загоскина Л.Г., Шкурупий Е.Н. Обработка фаршевых мясных и рыбных продуктов в поле СВЧ. - Электронная обработка материалов, Кишинёв, Штиинца, 1975, № 4, с. 63-65.

42. Беляев М.И., Орябинская А.Н., Шкурупий Е.Н., Черкашин Н.Г. Влияние вибрации танов на динамику химических изменений жира "Белорусский". - Изв. Вузов. Пищевая технология, 1976, № 5, с. 112-114.

43. Беляев М.И., Мегеря Е.А., Попов Л.Н., Шкурупий Е.Н. Изменение химических показателей жира "Белорусский" при жареньи изделий комбинированным и традиционным способами. - Изв. Вузов, Пищевая технология, 1976, № 5, с. 73-75.

44. Беляев М.И., Попов Л.Н., Шильман Л.З. Новый способ жаренья пирожков и пончиков. - Общественное питание, 1976, № 10, с. 35-37.

45. Беляев М.И., Коган П.Я. Новый способ управления температурным режимом электросковород с косвенным обогревом. - Общественное питание, 1977, № 6, с. 57-58.

46. Беляев М.И., Попов Л.Н., Рыжова Н.В., Каширцев В.И. Комбинированный способ жаренья изделий из дрожжевого теста. - В кн.:

Общественное питание (Республиканский Межведомственный научно-технический сборник), Киев, Техника, вып. 13, 1977, с. 80-82.

47. Беляев М.И., Орябинская А.Н., Орябинская Л.Г. Коэффициент теплоотдачи от тэнов к жиру при вибрации и качество обжариваемого продукта. - Изв. Вузов, Пищевая технология, 1977, № 5, с. 126-127.

48. Беляев М.И., Максимец В.П. Изменение жира "Украинского" при нагреве в поле СВЧ. - Изв. Вузов, пищевая технология, 1977, № 3, с. 137-138.

49. Беляев М.И., Попов Л.Н., Рыжова Н.В. Комбинированные способы тепловой обработки продуктов, сочетающие воздействие на них СВЧ-поля и других факторов. - Тезисы докл. Второй научно-технической конференции "Применение СВЧ-энергии в народном хозяйстве для исследовательских целей и интенсификации технологических процессов", Саратов, 1977, с. 104-105.

50. Беляев М.И., Максимец В.П., Рыжова Н.В. Изменение жиров при СВЧ-нагреве. - Масло-жировая промышленность, 1977, № 9, с. 23.

51. Беляев М.И., Черкашин Н.Г., Шильман Л.Э. Изменение жира "Белорусского" при его нагреве в режимах комбинированного способа жаренья. - Изв. Вузов, Пищевая технология, 1978, № 1, с. 154-156.

52. Беляев М.И., Винокуров Г.А., Черевко А.И. Полуфабрикат костного бульона. - Общественное питание, 1978, № 12, с. 11-12.

53. Беляев М.И., Черкашин Н.Г. Комбинированный способ жаренья пищевых продуктов. - В кн.: Общественное питание (Республиканский Межведомственный научно-технический сборник), Киев, Техника, вып. 14, 1978, с. 63-66.

54. Беляев М.И., Орябинская А.Н. Не всё ли равно, как сконструированы и расположены тэны, если мощность их одинакова. - Общественное питание, 1979, № 1, с. 53-55.

55. Беляев М.И., Сафонов В.В. Аппарат для тушения мясных изделий. - Общественное питание, 1979, № 4, с. 59-61.

56. Беляев М.И., Винокуров Г.А., Черевко А.И. Полуфабрикат от костей бульона. - Внутренняя торговля, София, 1979, X, с. 55-57.

57. Беляев М.И., Черевко А.И. Модернизированный котёл для варки костных бульонов. - Общественное питание, 1979, № 9, с. 48-49.

58. Беляев М.И., Черевко А.И. Как измельчать кости для бульона. - Общественное питание, 1979, № 8, с. 48-49.

59. Беляев М.И., Геллер В.З. Теплофизические свойства сала-маса. - Масло-жировая промышленность, 1980, № 6, с. 20-22.

60. Беляев М.И., Геллер В.З., Черевко А.И. Теплофизические свойства костных жиров. - Мясная индустрия СССР, 1980, № 5, с. 33-36.

61. Беляев М.И., Черевко А.И. Сравнительная оценка технологических схем производства костных бульонов. - Изв. Вузов. Пищевая технология, 1980, № 3, с. 102-105.

62. Беляев М.И., Геллер В.З. Исследование теплопроводности жира "Белорусского". - Изв. Вузов. Пищевая технология, 1980, № 4, с. 35-38.

63. Беляев М.И., Геллер В.З. Вязкость жира "Белорусский". - Изв. Вузов. Пищевая технология, 1980, № 5, с. 39-41.

64. Беляев М.И., Геллер В.З. Плотность жира "Белорусский". - Изв. Вузов. Пищевая технология, 1981, № 2, с. 56-58.

65. Беляев М.И., Черевко А.И. Технические условия - ТУ 49 УССР 190-80 "Полуфабрикаты для бульонов из пищевых костей и технологическая инструкция ТИ 49 УССР 18-402-80.

66. Беляев М.И., Черевко А.И. Технологическая схема приготовления полуфабриката коричневого костного бульона для выработки основного красного соуса. - В кн.: Общественное питание (Республиканский Межведомственный научно-технический сборник), Киев, Техника, 1980, вып. 16, с. 57-61.

67. Беляев М.И., Черевко А.И., Инжечик В.Г. Новая оттяжка для бульонов. - Общественное питание, 1980, № 11, с. 50-51.

68. Беляев М.И., Черевко А.И., Винокуров Г.А., Баталов Б.В. Механизированная линия и цех по производству полуфабриката костного бульона. - Общественное питание, 1980, № 12, с. 35-41.

69. Беляев М.И., Педенко А.И., Черевко А.И. Санитарно-бактериологическая оценка полуфабриката костного бульона. - Гигиена и санитария, 1980, № 3, с. 83-84.

70. Беляев М.И., Черевко А.И. Специальный котёл для варки костных бульонов. - Общественное питание, 1981, № 3, с. 56-57.

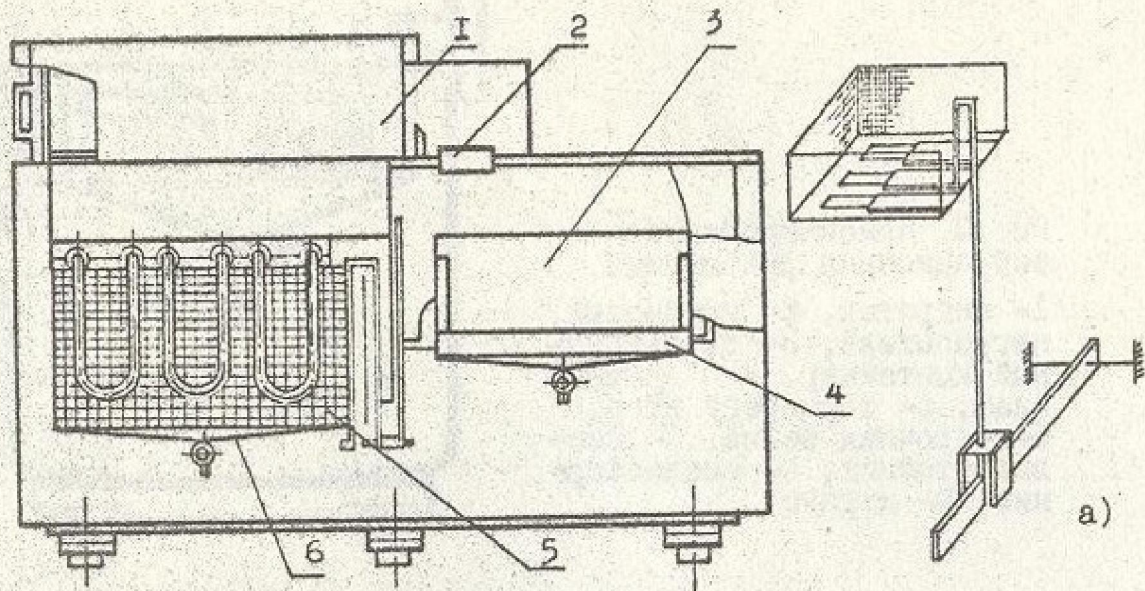


Рис. 1. Фритюрница для жаренья пищевых продуктов в среде жира и горячего воздуха; а) - кинематическая схема подъема кассет  
1- жарочный шкаф, 2- дверца шкафа, 3- сборник готовой продукции, 4- отстойник, 5- сетка-кассета, 6- секционная ванна.

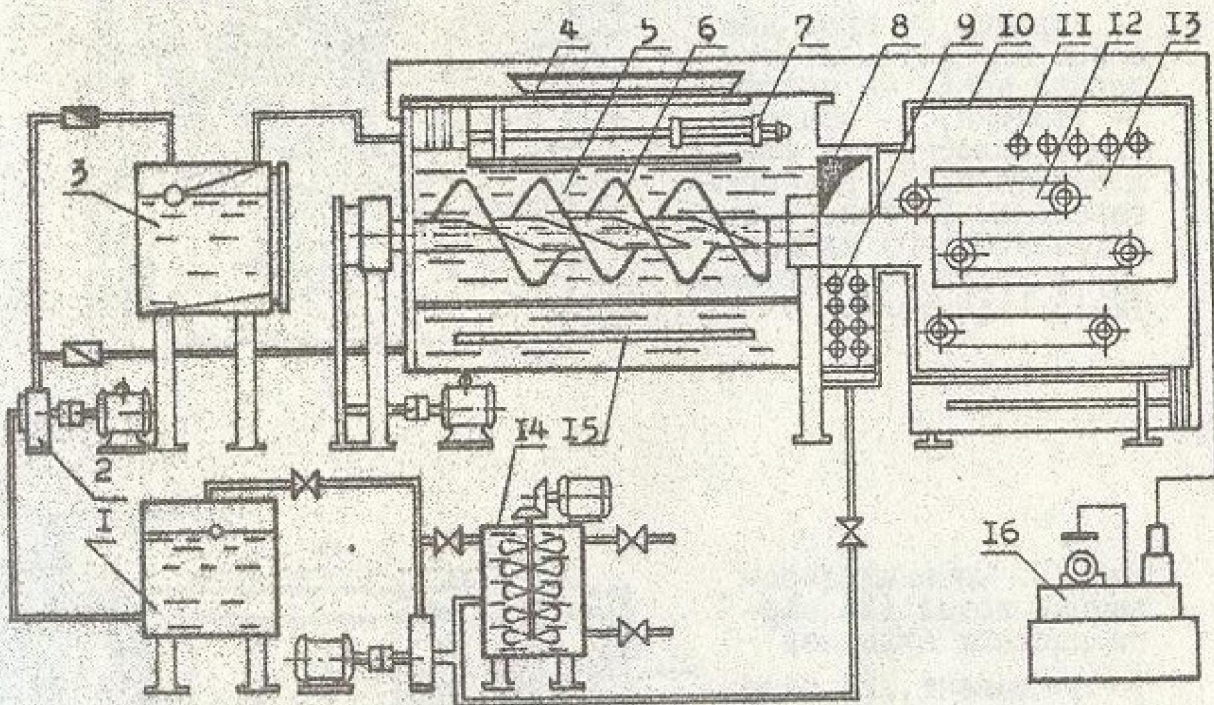


Рис. 2. Принципиальная схема вакуум-жарочной машины

1- промежуточный бак, 2- насос, 3- бак для заполнения ванны жиром, 4- вакуумированный затвор, 5- ванна с жиром, 6- шнек-вытеснитель, 7- поршень затвора, 8- перегрузочное устройство, 9- приемник для слива жира, 10- шкаф, 11- инфракрасные нагреватели, 12- транспортеры, 13- камера обжарки изделий, 14- бак для очистки жира, 15- рубашка с промежуточным теплоносителем и тенями, 16- вакуум-насос.

Рис.3. Комбинированная вибрационная фритюрница

1- вибратор, 2- трубчатый нагреватель, 3- двухъярусный контейнер, 4- жарочный шкаф, 5- терморегулятор, 6- жарочная ванна, 7- маслоотстойник, 8- маслосборник, 9- корпус.

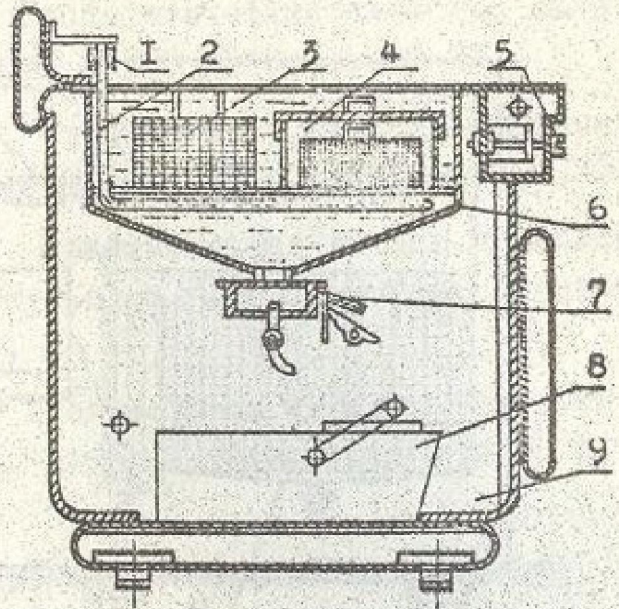


Рис.4. Аппарат для тушения пищевых продуктов

1- корпус, 2- кран для слива жидкости, 3- холодная зона, 4- сетка, 5- решетка, 6- центральная полость для теплоносителя, 7- разбрызгиватель, 8- тэн, 9- предохранительный клапан, 10- воронка, 11- крышка, 12-13 - вентили.

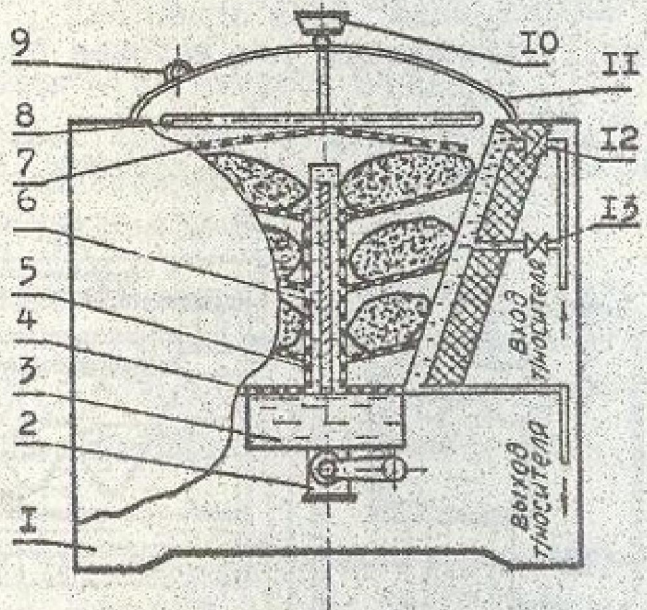


Рис. 5. Специализированный котел для варки костных бульонов

1- постамент, 2- тены, 3- контактный щит, 4- корзина, 5- крышка, 6- поворотный кран, 7- кран для слива жира, 8- кран для слива бульона.

