МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ
(В Н И Р О)

На правах рукописи

Вадим Васильевич Ткаченко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ИКРЫ МИНТАЯ ПРИ КАССЕТНОМ СПОСОБЕ ПРОИЗВОДСТВА

(Специальность №05.18.04 -Технология рыбных продуктов)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание
ученой степени кандидата
технических наук

Москва, 1975

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

На правах рукописи

Вадим Васильевич Ткаченко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ИКРЫ МИНТАЯ ПРИ КАССЕТНОМ СПОСОБЕ ПРОИЗВОДСТВА

(Специальность №05.18.04 -Технология рыбных продуктов)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание
ученой степени кандидата
технических наук

Москва, 1975г.

Работа выполнена во ВНИРО и на Бердянском рыбокомби - нате.

Научный руководитель - кандидат технических наук, ла - уреат Государственной премии Терентьев А.З.

Научный консультант - кандидат технических наук Подсевалов В.Н.

Официальные оппоненты:

I.Доктор технических наук Леванидов И.П.

2.Кандидат технических наук Солинек В.А.

Ведущее предприятие: Бердянский рыбокомбинат.

Автореферат разослан " "_____ I975 г.

Защита диссертации состоится " "_____I975г. на заседании Ученого Совета Всесоюзного научно-исследова - тельского института морского рыбного хозяйства и океанографии.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Письменный отзыв в двух экземплярах,заверенный пе - чатью учреждения,просим направить в адрес института: г.Москва,Б-I40,Верхн.Красносельская,д.I7а,ВНИРО.

Ученый секретарь совета к.т.н. Макарова Т.И.

Данная работа посвящена исследованию процесса конвективной сушки икры минтая. В результате проведенных исследований разработан кассетный способ производства нового гастрономического продукта солёно-вяленой икры минтая.

Определены оптимальные параметры режима сушки и разработаны технологические требования на проектирование механизированной линии, на основании которых в ЦПКТБ "Азчеррыба" выполнен технический проект и рабочие чертежи цеха по производству икры минтая ястычной вяленой.

I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Директивами XXIУ съезда КПСС предусмотрено увеличение производства пищевой рыбной продукции на 47%.

Увеличение выпуска продукции должно осуществляться за счет обеспечения на всех этапах комплексного и наиболее эффективного использования рыбного сырья с созданием новой технологии, позволяющей вырабатывать полноценную пищевую продукцию из рыб, используемых при существующей технологии на кормовые цели.

Примером этому является минтай, который в настоящее время в основном используется для приготовления рыбной муки.

Разработанный группой авторов способ приготовления солёно-вяленой икры рыб позволяет использовать для получения деликатесного продукта наиболее ценную в пищевом отношении икру минтая.

Организация производства нового гастрономического продукта солёно-вяленой икры минтая, учитывая значительные уловы его, позволит повысить выпуск солёно-вяленых рыбопродуктов, которые пользуются неограниченным спросом.

В технологии приготовления ястычной солёно-вяленой икры минтая сушка занимает одно из центральных мест. От правильно проведенного процесса обезвоживания, а также от глубины происходящих при этом изменений свойств сырья зависит качество продукта и дальнейшее его хранение.

Обезвоживание - сложный теплофизический процесс, при котором происходят необратимые физико-химические, коллоидно-физические, физико-механические и биохимические изменения, определяющие технологические свойства и качество готового продукта.

Теория сушки пищевых продуктов базируется на современном учении о тепло- и массообмене и о характере связи влаги с материалом, разработанным в трудах А.В.Лыкова, А.В.Думанского, П.А.Ребиндера, С.М.Липатова и др.

В работах М.В.Кирпичева, П.Д.Лебедева, М.Ф.Казанского, А.В.Нестеренко, А.С.Гинзбурга, А.Н.Вышелевского, Л.Д.Бермана, Б.М.Смольского, А.А.Михелева, В.В.Красникова и др.экспериментально и теоретически изучен механизм переноса тепла и влаги в процессе сушки различных продуктов.

В работах В.Н.Подсевалова, С.И.Гакичко, Н.А.Воскресенского и др. изучены вопросы сушки рыбопродуктов.

Настоящая работа посвящена исследованию конвективной сушки нового продукта, с целью определения и научного обоснования оптимальных технологических режимов, обеспечивающих наивысшие технико-экономические показатели процесса при получении продукта высокого качества.

До настоящего времени работы по изучению явлений, происходящих в икорных продуктах в процессе сушки практически не проводились. В связи с этим нами была поставлена задача исследовать закономерности процесса сушки солёно-вяленой икры минтая, найти способ и устройства, позволяющие провести процесс при минимальном использовании ручного труда.

Диссертация изложена на 157 страницах, содержит 38 рисунков, 11 таблиц. Список использованной литературы содержит 151 наименование.

П. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Икра - одна из наиболее ценных в пищевом отношении частей тела минтая. Она содержит значительно больше белка, жира, чем ткани мышц и имеет высокую усвояемость.

По своим физико-механическим свойствам ястычная икра минтая является очень нежным продуктом, требующим бережного отношения, начиная с момента извлечения из тела рыбы и в продолжении всего процесса обработки. Нарушение, даже незначительное, целостности пленки ястыка ведет к вытеканию икринок и невозможности исподьзования икры для приготовления солёно-вяленого продукта.

Проведенный нами на Бердянском рыбокомбинате анализ биометрических измерений размороженной ястычной икры минтая (более 800 ястыков) показал, что средний вес ястыка составляет 81 г, при средних длине - 102 мм, ширине - 52 мм и высоте - 21 мм.

Рассмотрение способов приготовления солёно-вяленых продуктов показывает, что почти на всех стадиях технологического процесса имеют место трудномеханизируемые операции по перемещению сырья. Последнее в полной мере относится и к технологической схеме приготовления солёно-вяленой икры минтая.

Но если в производстве вяленой рыбы перемещение и кантовка сырья ведут в основном к росту трудовых затрат, то в производстве вяленой икры с этим связаны кроме того значительные потери продукта из-за нарушения целостности оболочки

ястыка.

На основании вышеизложенного возникает задача разработки способа приготовления продукта, позволяющего избежать указанных недостатков. Нами был предложен кассетный способ производства икры минтая.

Особенностью разработанного способа является то, что ястыки икры на стадии сортировки размороженного сырья закладываются в кассеты в один слой и закрываются крышкой. Все дальнейшие операции приготовления продукта проводятся в кассете.

Выработку соленого полуфабриката для вяления осуществляли из мороженой ястычной икры минтая, соответствующей требованиям действующих технических условий ТУ-15-I 107-70.

Установлено, что размораживание икры необходимо проводить при температуре 5-6°С, рассортировывая затем продукт на три размерные группы в зависимости от толщины ястыков: крупные - более 28 мм; средние - 20-28 мм; мелкие - менее 20 мм.

Рассортированные ястыки раскладывали в перфорированные кассеты, изготовленные из листового алюминия толщиной 0,8 мм, с диаметром отверстий перфорации 3 мм и шагом между ними 5мм.

Показано, что для получения продукта после посола и созревания с содержанием соли 4-5%, необходимо учитывать плотность заполнения кассет икрой.

Была получена зависимость концентрации тузлука от соотношения его массы к массе икры, которая аппроксимируется формулой:

$$C = 8{,}4 \left(\frac{G_т}{G_и} \right)^{-0{,}67} \qquad (I)$$

где C - концентрация соли в тузлуке, %;

$G_т$ - масса тузлука в занимаемом объеме посольной ванны, кг;

$G_и$ - масса икры, взятой для посола, кг.

При экспериментальных исследованиях процесса конвективной сушки икры минтая изучалось влияние основных параметров на продолжительность и качество продукта при непрерывном и переменных режимах, а также влияние структуры потоков воздуха на процесс сушки.

Для этой цели была сконструирована и смонтирована специальная сушильная установка и разработана соответствующая методика проведения экспериментов.

Экспериментальная сушильная установка состоит из камеры, подводящих воздуховодов, центробежного вентилятора, калорифера и парогенератора (увлажнителя).

Система воздуховодов позволяла менять направление и скорость движения воздуха в камере с помощью заслонок.

Установка оборудована электрокалорифером, с тремя секциями нагревателей по I квт каждая, вмонтированным в воздуховод перед вентилятором.

Для контроля и регулирования влажности воздуха использовался электронный автоматический психрометр типа ПЭ с записью показаний на дисковой диаграмме, задатчиком и двухпозиционным регулирующим устройством.

В качестве увлажнителя применялся водяной пар, получаемый в парогенераторе емкостью 25 л с двумя нагревателями по I квт.

Прекращение подачи пара в вялочную камеры в период "отдыха" осуществлялось с помощью автоматического регулирующего клапана.

Скорость движения воздуха регулировалась заслонкой перед входом в камеру и измерялась с помощью трубки Пито и микроманометра ММН-240.

Для включения и выключения установки при чередовании периодов сушки с периодами "отдыха" использовалось программное реле времени типа 2РВМ.

При изучении структуры потоков воздуха в сушильной камере в качестве трассирующего газа (индикатора) использовался гелий. Концентрация гелия измерялась с помощью переносного газоаналитического течеискателя типа ТП-7101 с выходом на автоматический самопишущий прибор типа КСП-04.

Диапазон изменения режимных параметров был выбран на основе анализа работ по сушке рыбопродуктов. Температура воздуха изменялась от 20 до 29°С, влажность воздуха от 25 до 90% и скорость от I до 3 м/с, при толщине продукта 20 ÷ 30 мм.

Выбранные диапазоны позволили охватить рекомендуемые для вяления режимы, а также исследовать их влияние на кинетику сушки икры минтая.

Следует отметить, что проведение каждого эксперимента требовало значительных затрат времени (70 ÷ I60 ч.). Поэтому необходимым условием являлось автоматическое регулирование параметров воздуха в сушильной камере.

Во время проведения опытов фиксировались следующие величины:

I. Начальная и конечная влажность продукта - W, %;

2. Масса продукта до сушки, в процессе ее и после сушки - G кг;

3. Температура изделий в процессе сушки - t °С;

4. Толщина ястыка в сечении - h, мм ;

5. Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха.

6. Качество готовой продукции: наличие трещин, уменьшение в объеме, консистенция.

Анализы по определению количества влаги и соли в икре выполнялись стандартными методами: содержание влаги определялось высушиванием при I00-I05°С, содержание соли - аргентометрическим методом. Все анализы проводились с двумя параллельными определениями. Опыты повторялись три раза.

Взвешивание навесок икры для анализа на влагу проводились на аналитических весах типа АДВ-200М 2 кл, для анализа на соль - на технических весах типа Т-200.

Качество готовой продукции оценивалось согласно действующим техническим условиям на икру минтая ястычную вяленую ТУ I5-0I-336-72.

2.I. Исследование процесса конвективной сушки икры минтая при переменных режимах

Обобщение опыта работ исследователей в области сушки солёно-вяленых рыбопродуктов показало, что наибольшее применение находит многостадийный режим сушки, характеризующийся чередованием периодов сушки с периодами "отдыха".

По данным ряда авторов отношение времени сушки ко времени "отдыха" должно быть 2:I. Наиболее часто используемый режим 4 часа сушки и 2 часа "отдыха".

Режим отдыха обычно осуществляется при температуре окружающей среды, повышенной влажности и отсутствии скорости движения воздуха. В этот период происходит перераспределение влаги по толщине продукта.

На первом этапе исследования изучалось влияние времени периодов сушки и отдыха при постоянных температуре и влажности воздуха.

Влияние температуры на сушку продукта при переменных режимах проводилось при постоянной влажности.

В одной серии опытов температура воздуха повышалась по мере сушки, а в другой понижалась.

По аналогичной методике изучалось влияние влажности воздуха.

Энергетические затраты на процесс сушки состоят в основном из затрат тепловой энергии на подогрев воздуха и затрат механической энергии на работу вентиляторов. При непрерывном способе сушки эти затраты определяются временем пребывания материала в сушилке.

В случае применения периодического режима сушки затраты энергии на сушку определяются только временем периодов сушки,

Уменьшение времени сушки при периодическом процессе объясняется тем, что сушка осуществляется в тот момент, когда поверхность высушиваемого материала достаточно увлажнена и созданы условия для наиболее эффективного удаления влаги.

Исходя из вышесказанного можно записать следующее уравнение, связывающее затраты энергии на сушку при непрерывном и периодическом режимах:

$$\frac{E_n}{E_н} = \frac{\tau_n}{\tau_н} \qquad (2)$$

где E_n – затраты энергии на сушку при периодическом режиме, дж.

$E_н$ – затраты энергии на сушку при непрерывном режим, дж;/

τ_n – время периодов сушки при периодическом режиме;

$\tau_н$ – время сушки при непрерывном режиме.

Расчет чистого времени сушки при переменном режиме проводили по формуле:

$$\tau_n = \frac{\tau_{общ}}{1 + \frac{\tau_{п.о}}{\tau_{п.с}}} \qquad (3)$$

где $\tau_{общ}$ – общее время сушки при переменном режиме, ч ;

$\tau_{п.о}$ – время периода отдыха, ч ;

$\tau_{п.с}$ – время периода сушки, ч ;

2.2. Исследование влияния структуры потоков воздуха в вихревой камере на продолжительность процесса сушки

Анализ работ указывает на необходимость учитывать структуру потоков воздуха в сушильных аппаратах и ее влияние на продолжительность процесса и качество высушиваемого материала. Для этих целей использовался метод изучения распределения времени пребывания воздуха с помощью трассирующего газа. Гелий подавался в виде импульса в подводящий воздуховод, а в отводящем воздуховоде измерялась концентрация его в выходящем потоке воздуха.

Описание структуры потоков производилось с помощью функции $E(t)$, характеризующей распределение элементов воздуха по времени пребывания в выходящем из аппарата потоке или функции $J(t)$, показывающей распределение времени пребывания элементов воздуха, находившихся в аппарате.

Параметром, характеризующим структуру потоков воздуха, служит коэффициент турбулентной диффузии или коэффициент продольного перемешивания D_L. При опытном определении коэффициента, его представляли в виде безразмерного комплекса критерия Пекле : $Pe = vL/D_L$, где L – определяющий линейный размер системы, v – скорость потока.

Если $D_L/vL = 0$ ($Pe = \infty$), то структура потоков воздуха соответствует идеальному вытеснению; если $D_L/vL = \infty$ ($Pe = 0$), то идеальному смещению.

Дисперсия или разброс рассматриваемой величины около среднего значения при непрерывном распределении для конечного числа эквивалентных точек (равные интервалы отбора проб), определяли по формуле:

$$\sigma_\tau^2 = \frac{\sum x_i^2 f(x_i)}{\sum f(x_i)} - \left[\frac{\sum x_i f(x_i)}{\sum f(x_i)}\right]^2 . \qquad (4)$$

для дисперсии в единицах времени (σ_τ^2 ,сек^2) будем иметь:

$$\Sigma f(x_i)=\Sigma C_i;\ \Sigma x_i f(x_i)=\Sigma \tau_i C_i;\ \Sigma x_i^2 f(x_i)=\Sigma \tau_i^2 C_i; \quad (5)$$

для дисперсии в безразмерных единицах времени получим:

$$\sigma^2=\frac{\sigma_\tau^2}{(\bar{\tau})^2}$$

для С-распределения в безразмерном времени О найдем:

$$\sigma^2=\frac{\Sigma\Theta^2 C}{\Sigma C}-1=\Sigma\Theta^2 C\,\Delta\Theta-1 \quad (6)$$

Связь между дисперсией σ^2 и D_L/vL дается уравнением:

$$\sigma^2=2\frac{D_L}{vL} \quad (7)$$

Зависимость коэффициента D_L от различных факторов устанавливали опытным путем с помощью анализа выходных кривых.

По виду полученных кривых отклика системы при нанесении импульсного возмущения и рассчитанным значениям критерия Пекле по приведенным формулам оценивали зависимость структуры потоков, а следовательно и аэродинамики аппарата, от направления и места ввода воздуха в аппарат, размеров его, скорости потока.

Ш. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

3.I. Результаты исследований процесса сушки икры минтая при непрерывном конвективном теплоподводе

Анализ экспериментальных данных, как принято в технике сушки, проводили, рассматривая кривые сушки, которые строили в координатах влагосодержание - время, кривые скорости сушки и температурные кривые.

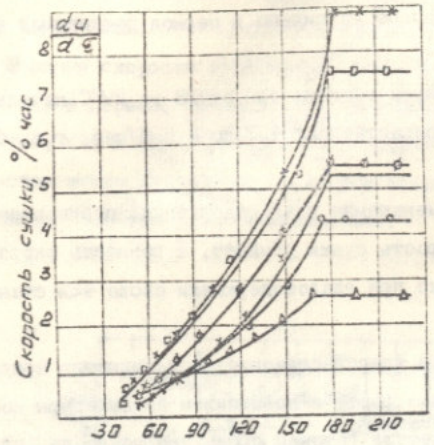

Рис.1 Влияние температуры и влажности воздуха на скорость сушки икры минтая.

Режим сушки: $v=2{,}5$ м/сек.

—o— $t=20°C$; $\varphi=45\%$;
—+— $t=25°C$; $\varphi=45\%$;
—x— $t=29°C$; $\varphi=45\%$;

—□— $t=25°C$; $\varphi=25\%$
—x— $t=25°C$; $\varphi=45\%$;
—△— $t=25°C$; $\varphi=90\%$;

Исследование влияния температуры воздуха на продолжительность процесса сушки показало, что с повышением температуры воздуха длительность сушки сокращается.

Повышение температуры воздуха на 3°С, в выбранном диапазоне от 20 до 29°С, уменьшает время сушки на 20÷ 30%.

Влияние температуры воздуха сказывается на всем протяжении процесса, особенно сильно в период постоянной скорости сушки (рис.I).

С увеличением температуры от 23 до 29°С начальная скорость сушки быстро возрастает от 4,3 до 8,8 %/час, т.е. более чем в два раза.

По мере уменьшения влагосодержания, после первой критической точки, скорость сушки убывает, а разность скоростей уменьшается, и только при влагосодержании около 42% становится незначительной.

Критическое влагосодержание, как видно из кривых сушки, имеет тенденцию к росту с повышением температуры воздуха.

Оценка качества готовой продукции показала, что при температуре 29°С на поверхности продукта появляются трещины и образуются пустоты в теле ястыка, а при 20°С на поверхности ястыков появляется липкий налёт. При температуре воздуха 23÷ 26°С качество продукта получали хорошее.

Из анализа влияния относительной влажности воздуха на процесс сушки (рис.I) видно, что при увеличении влажности снижается скорость сушки и в значительной степени возрастает продолжительность процесса.

Критическое влагосодержание с увеличением влажности воздуха уменьшается, что характерно для мягких режимов сушки различных пищевых продуктов.

Однако, интенсивное обезвоживание при низкой влажности ведет к образованию на поверхности "закала" и появлению трещин.

При влажности воздуха 90% качество продукта ухудшалось, появлялся липкий налёт.

Увеличение скорости воздуха с I до 3 м/сек. сокращает время сушки на I5÷ 20%.

Влияние скорости воздуха не велико в течение всего процесса как в первый, так и во второй периоды. Это можно объяснить тем, что поверхность продукта закрыта на 50÷80% и в пространстве между кассетой и продуктом создаются застойные зоны, ухудшающие внешний тепло- и массообмен.

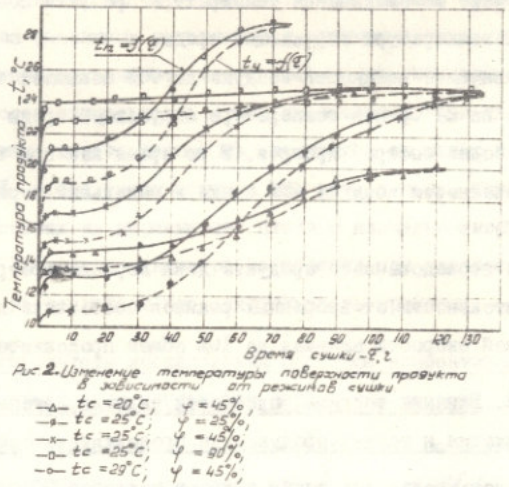

Рис 2. Изменение температуры поверхности продукта в зависимости от режимов сушки

Температурные кривые (рис.2), выражающие связь между температурой материала и продолжительностью сушки, показывают, что в начале процесса температура в обоих слоях быстро повышается, и достигает температуры мокрого термометра, оставаясь

постоянной для первого периода сушки. Наблюдается отставание в прогреве материала между центральным и поверхностным слоями. Так как сушка продукта проводилась в кассетах, температура в период постоянной скорости сушки несколько выше температуры мокрого термометра.

В течение определенного времени температура держится на одном уровне, после чего происходит одновременное повышение ее по всей толще образца, что означает окончание периода постоянной скорости сушки и начало периода падающей скорости.

По мере обезвоживания температура продукта повышается, достигая температуры окружающей среды.

Увеличение влажности воздуха до 90% повышает температуру продукта на 24°С, при температуре окружающей среды 25°С, обеспечивая более быстрый прогрев. В то время как при температуре 29°С и влажности воздуха 45% сушка в начальный период идет при 21°С.

Для исследованного продукта доля периода прогрева в общей продолжительности от выбранных режимов составляла до 1%. Период постоянной скорости занимал до 10% общей продолжительности сушки.

3.2. Влияние толщины, плотности укладки, степени прижатия и усадки продукта на продолжительность сушки

Продолжительность сушки ястыков толщиной 20 мм при температуре окружающей среды 26°С составляла 54 ч., а при увеличении толщины на 5 мм (25 мм) возросла до 84 ч. Дальнейшее увеличение толщины ведет к еще более значительному росту длительности процесса, что подтверждает необходимость сортировки икры.

Плотность заполнения незначительно влияет на общую продолжительность сушки. Это можно объяснить тем, что в процессе

сушки происходит усадка материала и открываются ранее прилегавшие друг к другу боковые поверхности ястыков. Таким образом увеличивается поверхность продукта с начальной его влажностью.

Наиболее интенсивно происходит усадка по толщине ястыков и достигает к концу сушки 30- 40%. Уменьшение же размеров по ширине и длине во всех опытах равнялось 15÷20%.

Для равномерной усадки проводили сушку продукта при различных степенях прижатия. С увеличением давление длительность сушки уменьшается незначительно.

Влияние на время сушки продукта конструкции кассет изготовленных из различных материалов с отличными диаметром и шагом перфорации показывает, что с увеличением площади живого сечения кассет длительность сушки уменьшается. Так для продукта в кассетах, изготовленных из алюминия с площадью живого сечения 51,3%, время сушки почти в два раза меньше, чем для продукта в кассетах из нержавеющей стали с площадью живого сечения 22,7%. Увеличение диаметра перфорации при одновременном росте шага не сокращает продолжительность процесса.

3.3. Результаты исследования процесса конвективной сушки икры минтая при переменных режимах

Была проведена серия опытов с различными периодами отдыха.

Опыты проводились при температуре воздуха 27°С, влажности - 60%, скорости - 2,5 м/сек и толщине продукта 25 мм.

При времени сушки 7 час. и отдыха 1 час общее время сушки составило 110 час., чистое время сушки - 96 час.

Сушка с временем отдыха 2 час. и периодом сушки 4 час. продолжалась 135 час., а чистое время сушки уменьшилось до 90 час.

Увеличение времени отдыха в два раза при том же времени периода сушки 4 час., снизило чистое время сушки до 82,5 час. В то время как общая продолжительность сушки возросла до I65 час.

Как видно из приведенного опытного материала, в зависимости от увеличения времени отдыха, длительности процесса сушки значительно возрастает при незначительном уменьшении энергетических затрат для выбранных параметров воздуха.

Во второй серии опытов изучалось влияние изменения температуры в процессе сушки при переменных режимах. В одном случае температура сушки понижалась к концу процесса от 30 до 20°С, в другом увеличивалась от 20 до 30°С при влажности воздуха 45% и его скорости I,5 м/сек.

Время периодов сушки и отдыха было выбрано соответственно 4-2 час. и 2-4 час.

Проведение сушки, начиная с высокой температуры (рис.3) снижало продолжительность процесса.

Так, при начальной температуре 30°С время сушки равнялось II0 и I34 часам, а при 20°С увеличилось до I45 и I62 час.

Увеличение времени отдыха при сокращении периодов сушки вело к росту общего времени сушки в обоих случаях на 20÷25%.

Энергетические затраты при режиме 2 часа сушки и 4 часа отдыха составляли от энергетических затрат при непрерывной сушке 55-÷60%.

Повышение интенсивности сушки при непрерывном режиме наблюдалось значительное отставание убыли влажности продукта между срединными и поверхностными слоями, что вело к неравномерной усадке, короблению: образованию пустот и трещин.

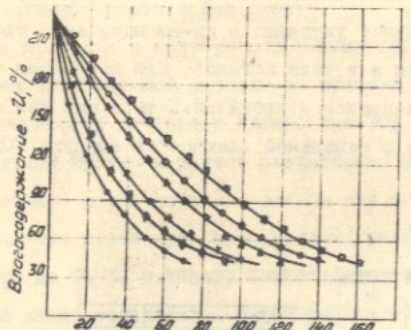

Рис.3. Влияние переменного режима сушки на продолжительность процесса

режим сушки: $\varphi = 45\%$; $v = 1,5$ м/сек.

I сут. - $t = 30°C$; II сут - $t = 25°C$; III сут - $t = 20°C$;

—•— Без отдыха

—x— Сушка 4 часа; отдых 2 часа

—Δ— Сушка 2 часа; отдых 4 часа

I сут. - $t = 20°C$; II сут - $t = 25°C$; III сут. - $t = 30°C$;

—•— Без отдыха

—o— сушка 4 часа, отдых 2 часа,

—□— сушка 2 часа, отдых 4 часа.

Увеличение времени отдыха до 2 час. снижало градиент влажности по сечению образца, а при отдыхе 4 час. получали готовый продукт равномерной консистенции. Однако значительное увеличение общего времени сушки в этом случае вело к образованию на поверхности липкого налета.

Изучение влияния влажности воздуха на кинетику сушки при переменных режимах проводили при температуре 30°С и скорости движения I,5 м/сек.

Влажность воздуха менялась от 30% до 70% в процессе сушки и в обратной последовательности для различных опытов.

Из графика (рис.4) видно, что при влажности 30% в начале процесса и температуре воздуха 30°С время сушки равно 76 час.

Проведение сушки при тех же параметрах, но при начальной влажности воздуха 70% увеличило время до 86 час. Однако качество продукта в первом случае ухудшилось из-за появления трещин и пустот на поверхности и в теле ястыков. При нарезании тонким ножом продукт раздавливался и крошился. В то время как продукт, полученный при сушке с начальной влажностью воздуха 70% был хорошего качества.

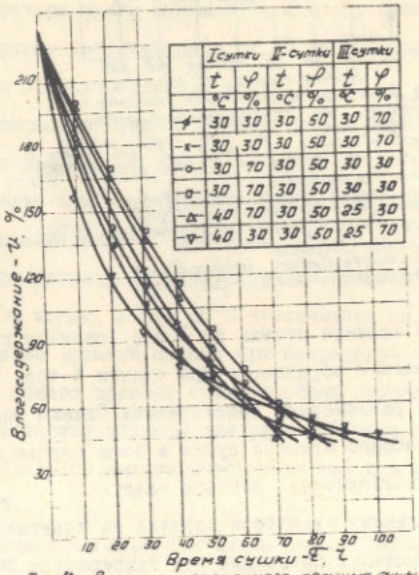

Рис.4. Влияние переменного режима сушки на продолжительность процесса
Режим сушки: $v = 1,5$ м/сек
сушка 4 ч
отдых 2 ч
без отдыха

Вычисленное отношение энергетических затрат показало уменьшение их при переменном режиме с 4 часовой сушкой и 2 часовым отдыхом почти в два раза.

Сушка продукта в непрерывном режиме протекает в обоих случаях без значительной разницы во времени, только при проведении процесса с начальной влажностью 70% количество ястыков с наличием трещин и пустот значительно меньше и составляло 5% от общего числа ястыков, взятых для опыта.

Проведение сушки при более жестких режимах - повышение температуры до 40°С, показало более убедительно, что применение низкой влажности воздуха в начале с дальнейшим ее увеличением ведет не только к росту времени обезвоживания, но и ухудшению качества продукта. Наличие ястыков с трещинами и пустотами составило 25%. В то время как, начиная сушку при 70% влажности воздуха, получили продукт высокого качества при снижении общего времени сушки до 72 час.

Исследование влияния температуры и влажности при переменных режимах на кинетику сушки икры минтая показало необходимость повышать относительную влажность воздуха с увеличением его температуры, чтобы получить продукт высокого качества при минимальной продолжительности процесса.

Повышение температуры сушки в начале процесса до 40°С при высокой влажности не ведет к значительному обезвоживанию поверхности продукта.

Это можно объяснить тем, что при наличии периода постоянной скорости сушки, температура продукта остается равной температуре мокрого термометра и не происходит его перегрева. Повышенная влажность воздуха снижает интенсивность внешнего массо-

обмена, увеличивая при этом теплообмен, что обеспечивает быстрый прогрев продукта, а следовательно и рост коэффициента потенциалопроводности.

При обосновании выбора рационального режима сушки основное внимание уделялось получению продукции высокого качества при минимальных затратах времени и энергии.

Анализ проведенных исследований показывает, что оптимальными параметрами сушки икры минтая при переменных режимах являются:

I сутки – $t = 40^{o}C$; $\varphi = 70\%$ сушка 4 час.

2 сутки – $t = 30^{o}C$; $\varphi = 50\ \%$ отдых 2 час.

3 сутки – $t = 25^{o}C$; $\varphi = 30\ \%$

3.3. Результаты исследования влияния структуры потоков воздуха в вялочной камере на продолжительность процесса сушки.

Использование метода трассирующего газа позволило получить кривые отклика системы при нанесении импульсного возмущения, по которым судили о структуре потоков воздуха в вялочной камере.

Учитывая характер полученных кривых отклика и рассчитанные критерии Пекле, оценивали зависимость структуры потоков от направления и места ввода воздуха в вялочную камеру.

Было определено, что при распределении воздуха с помощью жалюзи вдоль кассет создается режим, близкий к режиму идеального смешения, в то время как при подаче воздуха в нижнюю часть камеры и выводе его в верхней, наблюдался режим, близкий к режиму идеального вытеснения.

Полученные кривые сушки икры минтая в данных условиях (рис.5) показывают, что при режиме смешения время обезвоживания

продукта по всему сечению камеры одинаково, а при режиме вытеснения имеет место отставание во времени сушки продукта по высоте камеры.

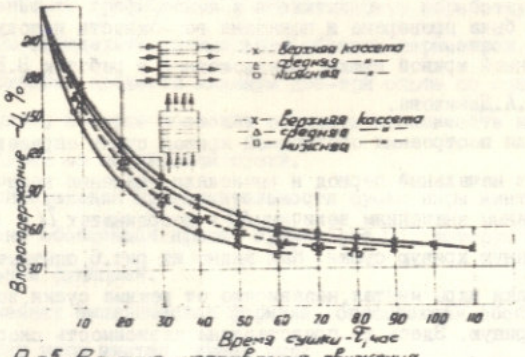

Рис.5. Влияние направления движения воздуха в вялочной камере на продолжительность сушки икры минтая. Режим сушки; $t_c = 26^{o}C$; $\varphi = 0,3$

Таким образом для получения продукта одинаковой влажности по всему объему вялочной камеры необходимо стремиться к созданию структуры потоков воздуха, соответствующей модели идеального смешения. Это позволяет создать по всему объему камеры равномерный температурно-влажностный режим сушки.

Результаты проведенных исследований позволили обосновать в технологических требованиях на разработку механизированной линии производства икры минтая ястычной вяленой горизонтальное направление движения воздуха вдоль кассет.

IУ. АНАЛИЗ КИНЕТИКИ И РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ ИКРЫ МИНТАЯ С ПОМОЩЬЮ ОБОБЩЕННОЙ КРИВОЙ СУШКИ

На основании полученных опытных данных по сушке икры минтая была проверена и показана возможность использования обобщенной кривой сушки, предложенной в работах В.В.Краснико-ва и В.А.Данилова.

Для построения обобщенной кривой сушки определяли скорость сушки в начальный период и вычисляли значения величины $N\tau$. По полученным значениям величины $N\tau$ в координатах U и $N\tau$ строили обобщенную кривую сушки. Как видно из рис.6, опытные точки кривых сушки икры минтая, независимо от режима сушки, ложатся на одну кривую. Здесь же представлена зависимость скорости сушки в начальный период от потенциала сушки.

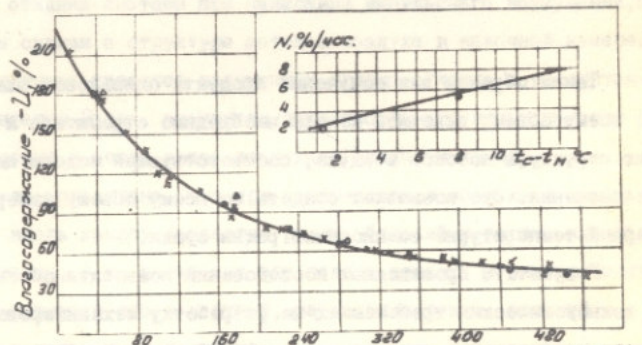

Рис.6. Обобщенная кривая кинетики сушки икры минтая находившейся в кассетах.

Возможность обработки опытных данных с помощью обобщенной кривой сушки также была проверена по данным В.Н.Подсевалова и С.И.Гакичко для рыбопродуктов.

Таким образом использование обобщенной кривой сушки позволяет сократить объем экспериментальных работ, а также значительно уменьшить графическую и аналитическую обработку их. Для того, чтобы определить оптимальную область параметров режима сушки необходимо провести минимум два-три опыта по сушке данного продукта, которые позволят получить зависимость начальной скорости сушки от потенциала сушки.

Для определения продолжительности сушки икры минтая была использована обобщенная кривая сушки (рис.6), которую описывали показательной функцией.

Полученная эмпирическая формула, описывающая обобщенную кривую сушки икры минтая, имеет вид:

$$U = U_0 \cdot e^{-0,0033 N\tau} \qquad (7)$$

или

$$U = U_0 10^{-0,00143 N\tau} \qquad (8)$$

где U – текущее влагосодержание, %

U_0 – начальное влагосодержание, %

N – начальная скорость сушки, %/час

τ – время сушки, час.

Зависимость начальной скорости сушки от потенциала сушки (рис. 6) можно выразить уравнением:

$$N = 2 + 0,45 \Delta t \qquad (9)$$

Полученные формулы могут быть использованы без построения кривых сушки и обобщенных кривых при условии, если известна начальная скорость сушки для выбранного режима или ее зависимость от потенциала сушки.

У. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ИКРЫ МИНТАЯ ЯСТЫЧНОЙ ВЯЛЕНОЙ

Результаты экспериментальных работ по вялению икры минтая в лабораторных условиях ВНИРО и в производственных условиях Бердянского рыбокомбината показывают, что выход вяленой икры, считая от принятой в обработку на вяление размороженной сырой икры, составляет до 30 %.

Пищевая ценность икры, определяемая ее химическим составом и калорийностью, в процессе вяления возрастает за счет увеличения содержания белка до 45÷ 50% и жира до 5-8 %.

Проведенные исследования и полученные данные легли в основу технологических требований на разработку механизированной линии производства вяленой икры минтая.

На основании разработанных технологических требований в ЦКТБ Азчеррыбы выполнен технический проект и рабочие чертежи цеха по производству вяленой икры.

Выводы

I. В результате проведенных исследований разработан кассетный способ производства нового гастрономического продукта солёно-вяленой икры минтая, в основу которого положено использование перфорированной кассеты, позволяющей получить высококачественную продукцию при сокращении потерь сырья и снижении трудовых затрат.

Дано обоснование возможности применения кассеты на всех стадиях технологического процесса.

2. Получена графическая зависимость концентрации тузлука от соотношения массы его к массе икры, взятой для посола, описываемая эмпирической формулой:

$$C = 8{,}4 \left(\frac{G_т}{G_и} \right)^{-0{,}67}$$

Полученная зависимость позволяет определять концентрацию тузлука, необходимую для получения продукта с заданным содержанием соли.

3. Исследовано влияние температуры, влажности и скорости воздуха на кинетику сушки икры минтая при непрерывном и переменном режиме.

При этом установлено, что для получения продукта высокого качества с минимальными затратами времени и энергии, необходимо процесс сушки проводить при переменных режимах, начиная с высокой температуры и влажности воздуха.

Повышенная влажность воздуха, при высокой температуре, снижает интенсивность внешнего массообмена, увеличивая теплообмен, что обеспечивает быстрый прогрев продукта, без его перегрева.

4. Определены оптимальные параметры сушки икры минтая при переменных режимах с 4 часовой сушкой и 2 часовым отдыхом, скорости движения воздуха I,5 м/сек при следующих параметрах воздуха.

I сутки		2 сутки		3 сутки	
t	φ	t	φ	t	φ
40°С	70 %	30°С	50 %	25°С	30 %

5. На основании экспериментальных данных получены обобщенные кривые сушки икры минтая и рыбопродуктов.

Показана возможность использования их для анализа кинетики сушки.

Получена зависимость начальной скорости сушки (N) от потенциала сушки ($t_c - t_м$), что позволяет рассчитать продол-

кительность сушки икры минтая при различных параметрах воздуха.

6. Предложено определение продолжительности процесса сушки рыбопродуктов графическим методом по обобщенной кривой, построенной в безразмерных координатах влагосодержание-время, когда неизвестна начальная скорость сушки.

7. Установлено влияние структуры потоков воздуха в вялочной камере на продолжительность процесса сушки.

Показана возможность использования метода трассирующего газа для анализа и оценки эффективности устройств в создании желаемой структуры потоков воздуха в вялочной камере.

8. Разработаны технологические требования на проектирование механизированной линии производства икры минтая ястычной вяленой, на основании которых выполнен технический проект и рабочие чертежи цеха по производству вяленой икры.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах автора.

I. Опытная установка для изучения режимов сушки икры минтая. ЦНИИТЭИРХ, Экспресс-информация, серия 4, вып.4,1974.

2. Кассетный способ производства икры минтая ястычной вяленой. ЦНИИТЭИРХ, Экспресс-информация, серия 4, вып.7,1974.

3. Анализ кинетики сушки икры минтая с помощью обобщенной кривой сушки. ЦНИИТЭИРХ, Экспресс-информация, серия 3, вып.9, 1974.

4. Исследование структуры потоков воздуха в вялочной камере с помощью трассирующего газа. Рыбное хозяйство, № 10, 1974.

Материалы диссертации были доложены:

I. На конференции молодых специалистов ЦНИИТЭИРХа,1973.

2. На конференции молодых ученых ПИНРО,1974.

Л - 25261 Заказ № 59
Размер 92,8х60 Тираж 130 экз.
объем 1,2 п.л. Ротапринт ПИНРО
Москва, Верхняя Красносельская, 17а