

Автореферат
С 34

проф. Касуца В.А.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

УДК 621.565.8:637.5.037

Сибиряков Павел Владимирович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА УСУШКИ
ПРИ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ГОВЯДИНЫ

Специальности: 05.04.03 - Машины и аппараты холодильной
и криогенной техники и систем
кондиционирования воздуха

05.18.12 - Процессы и аппараты пищевых
производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

xv 989

Институт холода
ОНАХТ
Бібліотека

Одесса - 1988

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
холодильной промышленности

Научные руководители:

Заслуженный деятель науки УССР, доктор технических наук,
профессор Чумак И.Г.

кандидат технических наук, доцент Онищенко В.П.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Геллер В.З.,
доктор технических наук, доцент Красномовец П.Г.

Ведущая организация:

указана в решении специализированного совета.

Защита состоится "24" февраля 1989 г. в _____ часов
на заседании специализированного совета К.068.27.01 Одесского тех-
нологического института холодильной промышленности по адресу:
270000, г.Одесса, ул.Петра Великого, 1/3, ОТИХП.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь
специализированного совета
к.т.н., доцент

Р.К.Никульшин

- 3 -

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Основные направления социального и эконо-
мического развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года
предусматривают последовательное усиление режима экономии. Поэтому
разработка рациональных способов холодильной обработки мяса и мя-
сопродуктов, обеспечивающих сокращение потерь и сохранения их ка-
чества является задачей большой народнохозяйственной важности.

Исследование проблемы разработки рациональных способов холо-
дильной обработки мяса на холодильниках - комплексная задача, при
решении которой необходимо учитывать процессы тепло- и массообмена,
протекающие между поверхностью мяса и воздухом камеры, изменение
свойств поверхности продукта и его влияние на тепломассообмен.

Изучение свойств поверхностного слоя мяса в процессе термооб-
работки и учет его влияния на величину естественных потерь позво-
лит уточнить существующие методики расчета усушки, на основе чего
можно проводить разработку рациональных способов холодильной обра-
ботки мяса.

Цель работы заключается в исследовании свойств поверхностного
слоя, формирующегося при термической обработке мяса, и совершенствовании
метода расчета усушки путем учета влияния состояния поверхностного
слоя продукта на массообмен.

Задачи работы:

1. На основании экспериментальных исследований установить за-
висимость влагосодержания говядины от температуры и относительной
влажности воздуха над поверхностью продукта.
2. Составить таблицы термодинамических параметров, характери-
зующих равновесное влагосодержание говяжьего мяса для температур,
характерных для холодильной обработки и хранения.
3. Установить зависимость поверхностного влагосодержания го-
вядины от температуры, относительной влажности и скорости движения
охлаждающего воздуха при охлаждении и замораживании мяса в полу-
шах.
4. Усовершенствовать метод расчета усушки с использованием ко-
эффициента влагопереноса при холодильной обработке говядины путем
учета влияния состояния поверхности продукта.

Научная новизна работы определяется следующими основными науч-
ными результатами, полученными впервые:

1. В результате анализа и обобщения экспериментальных данных
по равновесному влагосодержанию говяжьего мяса получены двухпара-
метрические уравнения сорбции-десорбции влаги вида $U = f(\varphi, T)$,

и матри-
ходимых д.

ы воздействия элеме
каждому нормативному
воздействия элементарны

интегральная характеристика в
ее состоянии в
ПДВ, ПДН (и,
тся вои.

позволяющие рассчитать равновесное влагосодержание U_p , изотермическую массемкость C_{mt} , изопотенциальную массемкость C_{mp} говяжьего мяса для заданных значений температуры и относительной влажности воздуха.

2. Составлены таблицы равновесного влагосодержания говяжьего мяса при сорбции-десорбции влаги в диапазоне температур от 0° до минус 20°C .

3. На основании опытных исследований поверхностного влагосодержания говядины при различных режимных параметрах термообработки получены эмпирические уравнения, позволяющие рассчитать величину поверхностного влагосодержания говядины в зависимости от температуры, скорости, относительной влажности охлаждающего воздуха и начального влагосодержания мяса в любой момент холодильной обработки в диапазоне температур от 0 до -25°C и скоростей движения воздуха от 1 до 5 м/с. Получено выражение для расчета среднеинтегрального значения поверхностного влагосодержания говядины (\bar{U}_n) за процесс термообработки и построены таблицы значений \bar{U}_n .

4. В расчете усушки при холодильной обработке говядины учтено влияние поверхностного влагосодержания продукта на массообмен.

Научные положения, защищаемые в работе:

1. Методы анализа и обобщения экспериментальных данных по равновесным состояниям, достигаемым в процессах гигротермической обработки капиллярно-пористых коллоидных материалов промежуточной влажности, разработанные в рамках потенциальной теории сорбции для систем с развитой поверхностью раздела фаз, могут применяться и для анализа равновесных состояний охлажденных и замороженных влажных пищевых продуктов, что показано на примере говяжьего мяса.

2. В расчетах усушки с использованием коэффициента влагопереноса (ξ_d) при охлаждении и замораживании говядины относительную влажность воздуха над поверхностью продукта (\bar{p}_n), по которой определяется величина ξ_d , следует вычислять по среднеинтегральному значению поверхностного влагосодержания мяса (\bar{U}_n) в процессе термообработки.

Практическая ценность. Предложенный усовершенствованный метод расчета усушки с использованием коэффициента влагопереноса при холодильной обработке говядины в полутушах и учетом влияния состояния поверхностного слоя мяса позволяет прогнозировать естественную убыль продукта в действующих и вновь проектируемых камерах охлаждения и замораживания в широком диапазоне параметров охлаждающего воздуха. Метод использован для практических расчетов в Львовском

ПКБ Львовмясокомпроект Госпрома СССР. Двухпараметрические уравнения сорбции-десорбции говяжьего мяса и таблицы равновесного влагосодержания имеют практическую ценность при анализе гигротермических процессов в пищевой технологии и сублимационной сушке мяса.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на 57-ой научно-технической конференции СТИХП (г.Одесса 1968 г.), а также на Всесоюзной научно-практической конференции "Искусственный холод в отраслях агропромышленного комплекса" (г.Кишинев, 1967 г.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 3-х печатных работах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 130 страницах машинописного текста, содержит 18 рисунков и 9 таблиц, библиография - 84 наименования, из них 12 иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, представлено краткое описание работы и сформулированы защищаемые в работе научные положения.

В первой главе диссертации проанализированы опубликованные в литературе методики расчета усушки пищевых продуктов при холодильной обработке. Отмечено, что расчеты массообмена в технологических процессах обработки пищевых продуктов холодом в воздушной среде, проводящиеся по количеству влаги, участвующей в массопереносе, требуют исследования среднеинтегральных коэффициентов массопереноса, а принимаемые допущения и упрощения в задачах холодильной обработки приводят к значительным погрешностям.

По этой причине в ряде методов расчет количества влаги, испарившейся за цикл охлаждения или замораживания ведут по количеству теплоты, отведенной от продукта. Однако совершенствование этих методов требует уточнения параметров воздуха у поверхности продукта с учетом влияния свойств поверхностного слоя, в основном поверхностного влагосодержания продукта.

В связи с этим рассмотрены имеющиеся в литературе данные об исследованиях поверхностного влагосодержания мяса при различных режимах холодильной обработки. Показано, что имеющиеся данные недостаточны. Обоснована необходимость дополнительных исследований влагосодержания поверхностного слоя мяса при термообработке.

Проанализированы опубликованные опытные данные, устанавливающие зависимость между влагосодержанием, температурой и парциальным давлением водяного пара над поверхностью мяса.

Сделаны выводы. На основании выводов сформулированы задачи исследований.

Во второй главе работы представлены экспериментальные исследования равновесного влагосодержания говяжьего мяса в диапазоне температур 0...-20°C, а также математическая обработка опытных данных, где обосновывается применимость метода анализа и обобщения экспериментальных данных по равновесным состояниям в процессах гигротермической обработки продуктов с промежуточной влажностью, разработанного в рамках потенциальной теории сорбции для систем с развитой поверхностью раздела фаз, к анализу равновесных состояний охлажденного и замороженного говяжьего мяса - типичного влажного продукта. Потенциальная теория сорбции и использованный в работе метод анализа опытных данных разработаны В.А.Загоруйко. Цель эксперимента - опытное получение изотерм сорбции-десорбции влаги мясом в интересующем диапазоне параметров воздуха.

Методы получения изотерм детально разработаны и описаны в литературе. В рассматриваемом нами случае наиболее приемлемым с точки зрения простоты и надежности является тензметрический метод Ван-Бамелена.

Определение исходного влагосодержания мяса, используемого в опытах, проводилось по методике ГОСТ 9793-74. Необходимые взвешивания осуществлялись на аналитических весах ОА-200М с точностью ±10⁻⁴г. Образцы говяжьей мышечной ткани с заранее определенной массой закладывались в открытые с торца гильзы из химически стойкой негигроскопичной пластмассы. Гильзы с образцами помещались в стеклянные эксикаторы цилиндрической формы, в которых с помощью растворов солей создавалась и поддерживалась постоянная относительная влажность воздуха. Эксикаторы термостатировались в климатической камере КК 3000 производства ГДР с диапазоном рабочих температур от 243 до 353 К. Поддержание заданной температуры производилось автоматически. Отклонение температуры от заданной величины в объеме камеры не превышало ±0,3°C.

Контроль постоянства температуры воздуха в эксикаторах осуществлялся с помощью термоларного комплекса, состоящего из 16 медь-константановых термопар, переключателя выбора точек измерения и микровольтметра В7-21. Расчетная погрешность измерения температуры не превышала ±0,2°C.

Контроль постоянства относительной влажности воздуха в эксикаторах производился с помощью полупроводниковых термокомпенсированных пленочных датчиков.

Влагосодержание образцов (U_i) рассчитывалось по формуле:

$$U_i = \frac{m_i (U_0 + 1)}{m_0} - 1, \quad (1)$$

где U_0 - исходное влагосодержание образцов, кг/кг (кг влаги на кг св);

m_0, m_i - исходная и текущая массы образца, кг.

Активность воды в говяжьем мясе (A_w) рассчитывалась как отношение парциального давления пара над поверхностью мяса (P_a) к парциальному давлению пара над переохлажденной водой (P_w^*) при той же температуре.

Расчетная относительная погрешность измерения равновесного влагосодержания составила 3-8%.

Полученные изотермы сорбции и десорбции показаны на рис. I и 2 соответственно.

При обработке результатов эксперимента выполнен анализ и обобщение полученных данных методом построения характеристических кривых $U = f(H/H_{os})$. Здесь H/H_{os} - приведенная ширина эквивалентной поры, равная отношению ширины эквивалентной поры (H) при текущих параметрах влажного воздуха к ширине эквивалентной поры при $t = 0^\circ C$ и $\varphi = 1,0(H_{os})$. Ширина эквивалентной поры (H) рассчитывается из совместного решения термического уравнения адсорбции и уравнения капиллярной конденсации для заданных значений T и φ .

Экспериментальные данные равновесного влагосодержания говядины при сорбции и десорбции влаги, полученные для температур 0, -5, -10, -20°C, описываются характеристическими кривыми $U = f(H/H_{os})$, представленными соответственно на рис. 3а и 3б. Наличие характеристических кривых $U = f(H/H_{os})$ для сорбции и десорбции, позволяет получить значения равновесного влагосодержания говядины для любой температуры и относительной влажности в исследуемом диапазоне параметров воздуха.

Опытные данные с точностью эксперимента описываются однопараметрическими зависимостями вида:

$$U = A e^{B(H/H_{os})^M} + C \cdot e^{D(H/H_{os})^N} \quad (2)$$

Значения коэффициентов A, B, C, D, M, N уравнения (2) представлены в таблице I.

Таблица I.

Коэффициенты уравнения (2)

Процесс :	Значения коэффициентов					
	A	B	C	D	M	N
сорбция	0,365358	1,357252	-0,314856	-1,553329	3,339920	1,417873
десорбция	0,281148	1,597496	-0,203923	-1,932191	2,7711540	1,173835

Среднеквадратичные погрешности таких обобщений характеристических кривых сорбции-десорбции говядины составили 2,64 и 3,73% соответственно.

Поскольку в уравнение (2) входит сложная и неявно выраженная аналитическая зависимость $N/N_{ос} = (\varphi, T)$, его затруднительно использовать для расчета коэффициентов массоемкости $C_{m\varphi} = \left(\frac{\partial U}{\partial \varphi}\right)_T$ и $C_{mT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_\varphi$.

В связи с этим были составлены двухпараметрические уравнения сорбции-десорбции говяжьего мяса $U = f(\varphi, T)$, где в качестве независимых переменных используются инструментально измеряемые параметры φ и T . В качестве опорных данных использовались данные, полученные из уравнений (2). Опорные данные описаны среднеквадратичными погрешностями 0,81 и 0,67% для сорбции и десорбции соответственно. Проверка точности описания экспериментальных данных зависимостями $U = f(\varphi, T)$ показала, что среднеквадратичные относительные погрешности описания составляют 3,06 и 3,76% по сорбции и десорбции.

Двухпараметрические уравнения равновесного влагосодержания говяжьего мяса имеют вид:

$$U_p = \varphi \exp(A_0 + A_1 \varphi + A_2 \varphi^2 + \dots + A_7 \varphi^7), \quad (3)$$

здесь $\varphi = A_w$; $A_0, A_1, A_2, \dots, A_7$ - температурные функции, аппроксимируемые полиномами:

$$A_i = a_{i0} + a_{i1} \theta + a_{i2} \theta^2 + a_{i3} \theta^3 + a_{i4} \theta^4, \quad (4)$$

где $\theta = \frac{T - T_{ref}}{T_{ref}}$ - T - приведенная температура, а $T_{ref} = 273,15$ К.

Значения коэффициентов двухпараметрических уравнений равновесного влагосодержания говядины приведены в работе [1]. Наличие в явном виде зависимости $U_p = f(\varphi, T)$ позволило рассчитать не только равновесное влагосодержание говяжьего мяса для заданных φ и T , но и соответствующие значения коэффициентов массоемкости $C_{m\varphi}$ и C_{mT} . Составлены таблицы равновесного влагосодержания говядины $U_p(A_w, T)$, представленные в работе [1].

Получены также двухпараметрические уравнения $U_p = f(\varphi, T)$, где φ_A - отношение парциального давления пара над говяжьим мясом к давлению насыщенного пара над льдом. Составлены таблицы $U_p(\varphi, T)$.

В третьей главе приведены аналитический метод расчета поверхностного влагосодержания мяса при холодильной обработке и опытные исследования поверхностного влагосодержания говядины.

Отмечено, что аналитический расчет поверхностного влагосодержания связан с решением системы нелинейных дифференциальных уравнений с подвижными границами. Ряд упрощающих допущений позволит перейти к системе дифференциальных уравнений с постоянными границами. Однако, основная трудность в использовании имеющихся приближенных решений этой задачи, полученных А.В.Лыковым, заключается в необходимости иметь численные значения коэффициента диффузии влаги в продукте (a_m) и относительного коэффициента термодиффузии (δ). Имеющиеся в литературе данные по a_m и δ недостаточны и представлены для температур выше 0°C, что и обусловило необходимость проведения опытных исследований.

Исследование зависимости влагосодержания поверхностного слоя мяса от времени при термообработке говяжьих полутуш с начальным влагосодержанием $U_0 = 3...3,2$ кг/кг проведено в промышленных условиях на Одесском мясокомбинате. Температура охлаждающего воздуха (t_c) изменялась в пределах 0°C...-25°C, скорость обдува $U_0 = 1...5$ м/с. С опыты проводили по следующей методике. Через некоторые промежутки времени с бедренной части полутуши делали небольшой срез мяса. С помощью лабораторного ножа образец разрезали на слои толщиной 0,7 мм. Затем каждый слой взвешивали на аналитических весах ВИА-200м с точностью до $\pm 10^{-4}$ г, после чего определяли среднее влагосодержание каждого слоя по методике ГОСТ 9793-74. Для каждого режима термообработки с бедренной части полутуши делали 3-4 среза. Температуру воздуха измеряли термометром из 8 медь-константовых термопар и микровольтметра В7-21, скорость - крыльчатым анемометром АСО-3, относительную влажность воздуха (φ_0) - гигрографом М-21.

Исследования проводились при температурах охлаждающего воздуха 0, -10, -20, -25°C. На рис.4 представлены полученные экспериментальные данные, показывающие изменение поверхностного влагосодержания мяса во времени при температуре воздуха 0°C.

Обработка полученных опытных данных позволила получить эмпирическое соотношение для расчета поверхностного влагосодержания при термообработке говядины в полутушах:

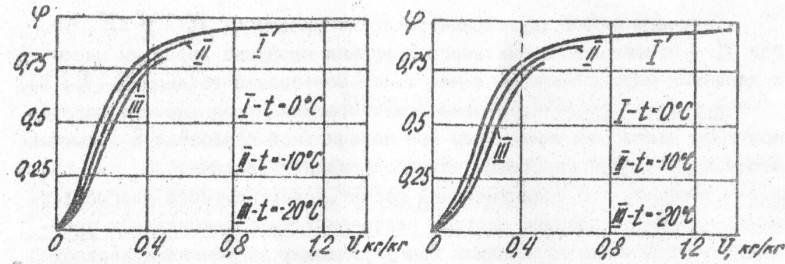


Рис.1. Изотермы сорбции влаги горячим мясом.

Рис.2. Изотермы десорбции влаги горячим мясом.

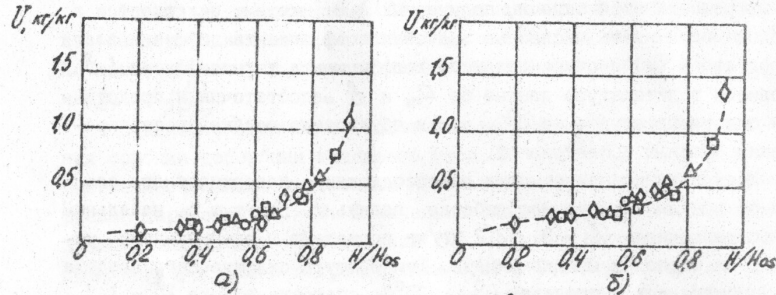


Рис.3. Характеристические кривые $U = f(N/N_{os})$, для сорбции - (а) и десорбции - (б) влаги говяжьим мясом; $\diamond - t = 0^\circ\text{C}$; $\square - t = -5^\circ\text{C}$; $\Delta - t = -10^\circ\text{C}$; $\circ - t = -20^\circ\text{C}$.

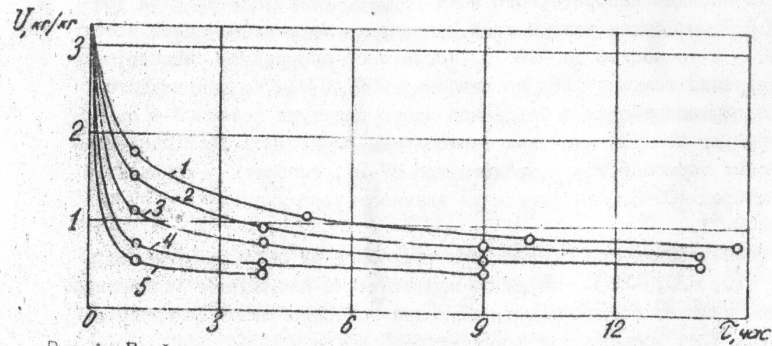


Рис.4. Графики зависимости поверхностного влагосодержания говяжьего мяса от скорости охлаждающего воздуха и времени термообработки. Кривые 1-5 соответствуют скоростям обдува 1, 2, 3, 4, 5 м/с. Параметры охлаждающего воздуха: $t_g = 0^\circ\text{C}$, $U_g = 0,6$.

$$U_n = U_0 (1 - B \tau^N) + 0,176 \tau^{0,547} \cdot U_p, \quad (5)$$

U_n, U_0, U_p - соответственно текущее значение поверхностного влагосодержания, исходное влагосодержание и минимальное значение поверхностного влагосодержания, равное равновесному влагосодержанию говядины при данных t_g и U_g охлаждающего воздуха, кг/кг;
 τ - продолжительность термообработки, час;
 B - коэффициент, зависящий от t_g и U_g охлаждающего воздуха.

Формула (5) справедлива в следующем диапазоне параметров:

$$t_g = 0 \dots -25^\circ\text{C}, \quad U_g = 1 \dots 5 \text{ м/с}, \quad \tau = 0 \dots 24 \text{ ч}.$$

Графики зависимостей $B = f(t_g, U_g)$ показаны на рис.5. Среднеквадратичные погрешности описания опытных данных с помощью уравнения (4) не превышают 5%. Показатель степени N определяется из соотношения:

$$N = - \frac{t_g B}{1,36}. \quad (6)$$

В четвертой главе работы проведено усовершенствование метода расчета усушки с использованием коэффициента влагопереноса (ξ_d) при холодильной обработке говядины путем учета влияния состояния поверхностного слоя продукта. Обоснован выбор расчетного значения величины относительной влажности для определения коэффициента ξ_d . На основании имеющихся в литературе экспериментальных данных проведены расчеты потерь массы говяжьего мяса при его холодильной обработке и сопоставлены результаты расчетов и опытов. По методу, разработанному Н.И.Чумак, и основанному на использовании ξ_d , усушка продукта при термообработке рассчитывается из соотношения:

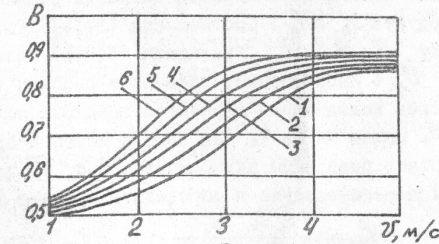


Рис.5. Зависимость коэффициента B от температуры и скорости охлаждающего воздуха. Кривые 1-6 соответствуют температурам 0, -5, -10, -15, -20, -25°C.

Таблица 3.

Сравнение опытных данных А.С.Подмазко по ΔG с расчетными.

t_s , °C	v_s , м/с	G , кг	t_{ro} , °C	t_{vr} , °C	$Q_{обм} - Q_n$, кДж	ΔG_a		T_n , °C	\bar{v}_n , кг/кг	$\bar{\varphi}_n$	ΔG_p		δ , %
						кг	%				кг	%	
-15	2,5	85,7	32,5	4,0	7817	1,34	1,58	3,0	0,75	0,92	1,34	1,58	0
-23	2,1	98,0	33,0	-13,5	14931	1,30	1,33	-1,0	0,5	0,94	1,35	1,38	3,7

Проведен анализ зависимости усушки при одностадийном охлаждении говяжьих полутуш от скорости движения охлаждающего воздуха. Расчет усушки проводился по опытным данным А.П.Шерфера и А.С.Подмазко. Средняя масса полутуши 60 кг. Процесс охлаждения считали законченным при достижении в центре бедренной части полутуши температуры 4°C. На рис.6 приведен график зависимости относительной усушки g от скорости движения охлаждающего воздуха. Из графика следует, что при температурах охлаждающего воздуха -1,5...-2°C увеличение скорости его движения приводит к уменьшению усушки. Наиболее интенсивно усушка уменьшается при увеличении v_s с 1 до 3,5 м/с (на 0,22%), тогда как увеличение v_s с 3,5 до 5,2 м/с приводит к уменьшению g на 0,05%. При $t_s = -2°C$ увеличение v_s более 4 м/с создает опасность подмерзания поверхности и незначительно влияет на усушку продукта.

Предложенным в работе методом подсчитана усушка говяжьих полутуш в двухстадийном процессе охлаждения. На первом этапе полутуши охлаждались воздухом с температурой -5...-6°C и скоростью $v_s = 1...3,2$ м/с до достижения на поверхности криоскопической температуры, на втором - доохлаждались при $t_s = -1°C$ до достижения в толще бедра температуры 4°C. В расчете первой стадии использованы опытные данные А.П.Шерфера и А.С.Подмазко. Масса полутуш 72...79 кг. На рис.7 представлены графики зависимости усушки полутуш на стадии интенсивного охлаждения и общей за процесс от скорости движения воздуха на первой стадии термообработки. Из графиков следует, что в двухстадийном процессе охлаждения говяжьих полутуш при температуре охлаждающего воздуха -5...-6°C целесообразно поддерживать скорость обдува 2,5...3,5 м/с, так как суммарная усушка процессов охлаждения и доохлаждения будет минимальной.

УСВУ
САХОРОУ ТҮТМӨН
ТХАН
ЭЙӨНӨЙӨ

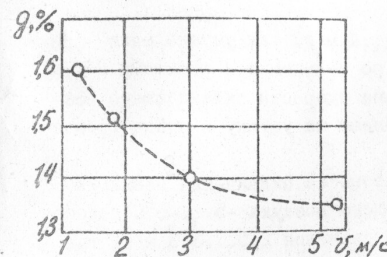


Рис.6. Изменение относительной усушки говяжьих полутуш от скорости охлаждающего воздуха при $t_s = -1,5°C$ в одностадийном процессе охлаждения.

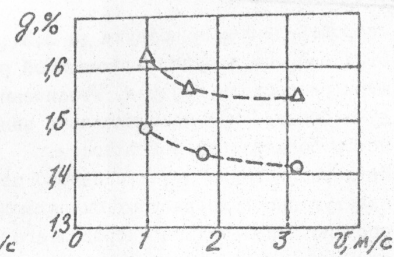


Рис.7. Изменение относительной усушки говяжьих полутуш на стадии интенсивного охлаждения (O) и общей усушки (Δ) за процесс от скорости охлаждающего воздуха на первой стадии двухстадийного процесса охлаждения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В процессе холодильной обработки поверхностное влагосодержание говядины уменьшается до определенного постоянного значения U_p , зависящего от температуры и относительной влажности охлаждающего воздуха. При дальнейшей термообработке величина поверхностного влагосодержания U_p не изменяется, формируется утолщающийся со временем поверхностный слой продукта с влагосодержанием U_p .
2. При охлаждении говяжьих полутуш воздухом с параметрами $t_s = 0...-5°C$, $v_s = 1...5$ м/с и замораживании воздухом с $t_s = -10...-25°C$ и $v_s = 1...5$ м/с, за цикл термообработки поверхностное влагосодержание мяса уменьшается на 80...90%.
3. В процессах охлаждения и замораживания говядины для величины коэффициента влагопереноса (ξ_d) определяющая относительная влажность равна среднеинтегральному значению $\bar{\varphi}_n$ над поверхностью мяса за цикл холодильной обработки.
4. При охлаждении говяжьих полутуш воздухом с температурой 0...-5°C значение среднеинтегрального поверхностного влагосодержания (\bar{v}_n) полутуши наиболее интенсивно уменьшается с увеличением скорости движения воздуха до 4 м/с. При этом толщина сформировавшегося подсушенного поверхностного слоя мяса будет наименьшей, в сравнении с режимами охлаждения с меньшими скоростями движения воздуха.
5. В одностадийных режимах охлаждения говяжьих полутуш при температурах охлаждающего воздуха -1,5...-2°C целесообразно увеличивать

xv 989

Институт холода
ОНАХТ
Библиотека

- 16 -

скорость движения воздуха до 3,5...4 м/с, так усушка мяса при этих скоростях будет минимальной по сравнению с режимами с меньшими скоростями воздуха. Увеличение скорости охлаждающего воздуха более 4 м/с незначительно влияет на усушку и создает опасность подмерзания поверхности.

- б. На первой стадии двухстадийного процесса охлаждения говяжьих полутуш при температурах охлаждающего воздуха $-5...-6^{\circ}\text{C}$ целесообразно использовать скорости его движения 2,5...3,5 м/с, так как суммарная усушка процессов охлаждения и доохлаждения мяса будет наименьшей.

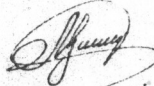
ПУБЛИКАЦИИ ПО МАТЕРИАЛУ, ИЗЛОЖЕННОМУ В ДИССЕРТАЦИИ

1. Исследование равновесного влагосодержания говяжьего мяса в интервале температур от 0 до минус 30°C / Загоруйко В.А., Чумак Н.А., Сибиряков Н.В., Слынько А.Г. - Деп. УкрНИИТИ, №1919 от 11.08.88 - 21 с.
2. Чумак Н.Г., Сибиряков Н.В. Влияние параметров воздуха холодильной камеры на влагосодержание поверхностного слоя говядины при холодильном хранении. - Известия вузов СССР "Пищевая технология", 1988, № 2, с.54-56.
3. Чумак Н.Г., Сибиряков Н.В. Исследование равновесного влагосодержания говядины в диапазоне температур от 0 до -30°C . - В кн. Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Кустовый холодец в отраслях агропромышленного комплекса", Кишинев, 1987, секция № IV, с.8.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

A_w - активность воды; a_m - коэффициент диффузии; C_m - массовая емкость; G, m - масса; G, g - усушка; h - ширина эквивалентной поры; q - тепловой поток; R - половина толщины бедренной части полутуши; T, t - температура; U - влагосодержание; δ - относительный коэффициент термодиффузии; τ - время; φ - относительная влажность; α, λ, a - коэффициенты соответственно теплоотдачи, теплопроводности, температуропроводности; ℓ - характерный геометрический размер; $\theta = \frac{t_x - t_0}{t_0 - t_a}$ - безразмерная температура; $Bi = \frac{a \cdot \ell}{\lambda}$ - критерий Био; $Fo = \frac{a \cdot \tau}{\ell^2}$ - критерий Фурье;

индексы: в - воздух; к - конечный; о - начальный; п - поверхность продукта; пр. - приведенный; р - равновесный; ц - центральная часть; i - текущее значение величины, V - среднеобъемный.



Ротапринт ОТИХП, г.Одесса. Подписано к печати 11.01.89.
БР 05021. Объем 1,0 п.л. Тираж 100. Заказ 74-89.