

COMPARATIVE DYNAMICS OF PROTEIN DESTRUCTION IN CANNED FOODS IN SAUCE AT DIFFERENT THERMAL TREATMENT REGIMES AND SUBSEQUENT STORAGE

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА ДЕСТРУКЦИИ БЕЛКОВ КОНСЕРВОВ В СОУСЕ ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ И ПОСЛЕДУЮЩЕМ ХРАНЕНИИ

Krylova V.B., Gustova T.V.

The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

Ключевые слова: консервы, пастеризация, белок, деструкция.

Keywords: canned foods, pasteurization, protein, destruction.

Аннотация

На предприятиях мясной промышленности, где осу В ходе исследований установлены структурные изменения белков, связанные как с предварительной обработкой мясных ингредиентов, уровнем pH системы, так и с параметрами тепловой обработки.

Режимы пастеризации позволили сохранить долю белкового азота до 94% к концу срока хранения консервов. При стерилизации потери белкового азота в 2 раза выше. Установлено отрицательное действие более кислого соуса на сохранность белковой фракции азота консервов.

Накопление пептидной фракции азота в консервах в томатном соусе после пастеризации в 2 раза интенсивнее. В стерилизованных консервах интенсивнее процессы накопления низкомолекулярных азотистых соединений, что свидетельствует о глубине деструкции белковой и пептидной фракции азота. Показано, что накопление амино-амиачного азота в процессе хранения консервов в среднем составило 12,4% вне зависимости от pH используемых соусов и вида тепловой обработки.

Отмечено смещение величины pH консервов в кислую сторону при пастеризации, причем степень смещения в консервах томатном соусе в 2,5 раза выше по отношению к величине pH для консервов в сметанном соусе. При стерилизации консервов имела место иная динамика величин pH: в консервах в томатном соусе величина pH снизилась на 0,39 единицы, а в консервах в сметанном соусе выросла на 0,22 единицы. В процессе хранения выявлена тенденция более интенсивного снижения pH в консервах в томатном соусе после пастеризации по отношению к консервам, подвергшихся стерилизации. Иной характер динамики величины pH в консервах в сметанном соусе: отмечено не значительное, на 0,7%, увеличение pH к концу срока хранения в пастеризованных консервах и значительное снижение, на 8,4%, в стерилизованных консервах.

Введение

Известно, что обработка высокой температурой может оказывать на пищевую ценность продуктов как позитивное, так и негативное воздействие. Например, белок бобовых культур после тепловой обработки усваивался организмом лучше вследствие инактивации ингибитора трипсина, замедляющего переваривание [1]. Примером негативного воздейст-

Abstract

In the course of investigations, the structural changes in proteins were established, which were associated with the preliminary treatment of meat ingredients, a pH level of the system and parameters of thermal treatment.

The pasteurization regimes allowed retaining a protein nitrogen proportion up to 94% by the end of canned food storage duration. Upon sterilization, the losses in protein nitrogen were two times higher. A negative effect of more acidic sauce on preservation of the protein nitrogen fraction in canned foods was established.

An accumulation of the peptide nitrogen fraction in the canned foods in tomato sauce after pasteurization was two times more intensive. In the sterilized canned foods, the processes of accumulation of the low molecular weight nitrogenous compounds were more intensive, which suggests a depth of destruction of the protein and peptide nitrogen fraction. It was shown that an accumulation of amino-ammonia nitrogen during canned food storage was on average 12.4% irrespective of the pH value in the used sauces and the type of thermal treatment.

A shift in the pH value of the canned foods toward the acid side upon pasteurization was noticed. With that, a degree of the shift in the canned foods in tomato sauce was 2.5 times higher than the pH value of the canned foods in sour cream sauce. When sterilizing canned foods, another dynamics of the pH values was observed: a pH value declined by 0.39 units in the canned foods in tomato sauce and grew by 0.22 units in the canned foods in sour cream sauce. During storage, the tendency of more intense pH decline was revealed for the canned foods in tomato sauce after pasteurization compared to the canned foods after sterilization. Another character of the pH value dynamics was found in the canned foods in sour cream sauce: an insignificant increase (by 0.7%) of the pH value in the pasteurized canned foods and a significant decrease (by 8.4%) in the sterilized canned foods were observed by the end of storage.

Introduction

It is known that high temperature processing can have either a negative or positive effect on a product nutritive value. For instance, legume protein was digested better by the human body after thermal treatment due to inactivation of the trypsin inhibitor, which retards digestion [1]. An example of a negative impact of product thermal treat-

вия тепловой обработки продуктов могут служить данные о снижении содержания витамина B₁, например в стерилизованных паштетах, на 50% и B₂ — на 52,7% [2]. Известно, что изменения белков носят разнонаправленный характер и зависят от температуры тепловой обработки, ее продолжительности, вида мяса, способа предварительной обработки ингредиентов и т.д. Исследования данного научного направления были начаты в 50-х годах прошлого века. В.Н. Орехович [3] и Белицер В.А. [4] рассматривали денатурацию белка как кооперативный процесс распада молекулы на составные части, т.е. денатурация белков представляла собой процесс дезорганизации структуры белковых молекул, в результате чего они становились более рыхлыми и открытыми для влияния других факторов. Е.В. Jensen и соавторы [5] считали, что в процессе агрегации или коагуляции белка при тепловой обработке связь между молекулами осуществлялась благодаря, связям, образованным между карбоксильными группами и аминогруппами соседних полипептидных цепей. Известно, что температуры, при которых происходит денатурация разных фракций белков мяса, существенно различаются. Так денатурация глобулярных белков (актин, миозин, актомиозин) начиналась при температуре 45–50 °С, а при достижении 60 °С процессу подверглось уже около 90% молекул белков [6]. Альбумин полностью денатурировал при 60 °С, а при 70–80 °С денатурировали все мышечные белки мяса. Вследствие частичного гидролитического расщепления белков имело место увеличение числа свободных NH₂- и COOH-групп, а развивающийся при определенной их концентрации процесс коагуляции характеризовался последовательным уменьшением числа свободных NH₂- и COOH-групп [7–10].

Основную долю рынка разных ассортиментных групп консервов составляют стерилизованные консервы. На сегодняшний день характер трансформаций белков, жиров и полисахаридов мясных и мясорастительных консервов при их производстве и последующем хранении изучен нами достаточно глубоко [11–14]. Актуальной задачей сегодняшнего дня является разработка щадящих режимов научно обоснованной технологии тепловой обработки консервов, которая позволит производителю изготавливать продукцию с высокими органолептическими и физико-химическими показателями и при этом существенно сократить затраты энергоресурсов на производство. Проведенные ранее работы показали, что разработка рациональных режимов стерилизации мясных кусковых консервов из говядины привела к очень незначительному снижению массовых долей незаменимых и заменимых аминокислот (на 4,4–5,3%) и росту аминокислотного азота (на 1,6%) [15]. Следовательно, в качестве щадящей тепловой обработки эффективно применим процесс пастеризации консервов.

ment can be the data on a decrease in the content of vitamin B1 by 50% and B2 by 52.7% in the sterilized pates [2]. It is known that changes in proteins have a diverse character and depend on a thermal treatment temperature, its duration, a meat type, a method of preliminary treatment of ingredients and so on. Studies in this scientific direction were begun in the 1950s. V.N. Orekhovich [3] and V.A. Belitser [4] regarded protein denaturation as a complex process of molecular disintegration on constituents, i.e., the denaturation process represented a process of disorganization of the protein molecular structure; as a result, they became looser and open to an influence of other factors. E.V. Jensen et al. [5] suggested that in the process of protein aggregation and coagulation at thermal treatment, the bonds between molecules existed due to the bonds formed between the carboxyl groups and amino groups of adjacent polypeptide chains. It is known that temperatures, at which denaturation of different meat protein fractions occurs, are significantly different. For example, denaturation of globular proteins (actin, myosin, actomyosin) began at a temperature of 45–50 °C, and at a temperature of 60 °C, about 90% of protein molecules underwent the process [6]. Albumin was completely denatured at 60 °C, and at 70–80 °C, all muscle proteins were denatured. Due to partial hydrolytic breakdown of proteins, the number of free NH₂- and COOH-groups increased and a coagulation process that developed at their specific concentration was characterized by a steady decrease in the number of free NH₂- and COOH-groups [7–10].

The main share in the market of various assortment groups of canned foods is occupied by sterilized canned foods. Up to date, we have quite comprehensively studied the character of protein, fat and polysaccharide transformation in meat and meat-and-plant canned foods upon their production [11–14]. Currently, a topical task is the development of gentle regimes of scientifically substantiated technology for canned food thermal treatment, which will allow a producer to manufacture products with high organoleptic and physico-chemical indicators and, at the same time, significantly reduce energy consumption in production. The earlier research showed that the development of rational sterilization regimes for canned beef in pieces led to a very insignificant reduction in the mass fractions of essential and non-essential amino acids (by 4.4–5.3%) and an increase in amino-ammonia nitrogen (by 1.6%) [15]. Therefore, a pasteurization process of canned foods can be effectively used as a gentle thermal treatment.

Глубокие научные работы по технологии производства пастеризованных консервов в России относятся к началу 90-х годов прошлого века и касаются узкого ассортимента консервов, а именно ветчинных изделий. Учитывая возрастающую тенденцию к производству продуктов питания стабильных по пищевой и биологической ценностям, прошедших минимальную тепловую обработку и сохранившим высокие органолептические характеристики, все большее значение принимают исследования по совершенствованию технологии консервированных обеденных блюд с мясом и соусом.

Цель настоящей работы — исследование сравнительной динамики деструктивных изменений белка пастеризованных и стерилизованных консервов «Мясо в соусе» при производстве и в процессе хранения.

Материалы и методы

Объектами исследований служили опытные образцы консервов «Мясо в соусе»:

ИКП — консервы пастеризованные «Мясо в томатном соусе»;

ИКС — консервы стерилизованные «Мясо в томатном соусе»;

2БП — консервы пастеризованные «Мясо в сметанном соусе»;

2БС — консервы стерилизованные «Мясо в сметанном соусе».

Консервы были изготовлены из предварительно обжаренной говядины с массовой долей жировой и соединительной тканей не более 14%, измельченной на кусочки массой 30–50 г. Массовая доля кусочков мяса — 40%, соуса — 60%. В состав томатного соуса входили морковь и лук репчатый пассерованные, корень петрушки, томатная паста, мука пшеничная, кунжутные семечки, соль поваренная, сахар-песок, перец черный молотый и вода. В состав сметанного соуса — сметана, мука пшеничная, соль поваренная, перец черный молотый, орех мускатный молотый и вода. Консервы были изготовлены в полимерной банке массой нетто 140 г по двум опытным режимам при равной продолжительности стадий собственно пастеризации или стерилизации:

- 1 режим — пастеризация при температуре 100 °С;
- 2 режим — стерилизация при температуре 120 °С.

Соусы, использованные при производстве исследуемых образцов консервов, отличались значениями pH: томатный соус с pH=4,4, сметанный с pH=5,0.

В работе использованы следующие методы определения:

- величины pH — методом измерения разности электрических потенциалов между стеклянным электродом и электродом сравнения, помещенными в образец продукта;
- содержания amino-аммиачного азота (ААА), основанным на связывании аминогрупп и аммиака

Comprehensive studies on pasteurized canned meat technologies were carried out at the beginning of the 1990s and included a narrow canned food range, namely, ham products. Taking into consideration an increasing trend towards manufacturing foods that are stable in terms of the nutritive and biological value, underwent minimal thermal treatment and retained high organoleptic characteristics, studies on improvement of a technology for canned dinner dishes with meat and sauce are becoming more and more important.

The aim of the present work is to study the comparative dynamics of protein destructive changes in the pasteurized and sterilized canned foods “Meat in sauce” in production and during storage.

Materials and methods

The subjects of the research were the experimental samples of canned foods “Meat in sauce”:

1PCF — pasteurized canned foods “Meat in tomato sauce”;

1SCF — sterilized canned foods “Meat in tomato sauce”;

2PCF — pasteurized canned foods “Meat in sour cream sauce”;

2SCF — sterilized canned foods “Meat in sour cream sauce”.

The canned foods were made from preliminarily roasted beef with a mass fraction of the fatty and connective tissues not more than 14% and cut into pieces with a weight of 30–50 g. Mass fractions of meat and sauce were 40% and 60%, respectively. The tomato sauce included sautéed carrot and onion, parsley root, tomato paste, wheat flour, sesame seeds, table salt, granulated sugar, powdered black pepper and water. The sour cream sauce included sour cream, wheat flour, table salt, powdered black pepper, powdered nutmeg and water. Canned foods were produced in a polymer container with a weight of 140 g under two experimental regimes with the same duration of the pasteurization and sterilization stages:

- 1 regime: pasteurization at a temperature of 100 °C;
- 2 regime: sterilization at a temperature of 120 °C.

Sauces used in production of the canned food samples under investigation differed in the pH values: pH=4.4 (the tomato sauce), and pH=5.0 (the sour cream sauce).

The analyses were carried out using the following methods:

- pH value — the method of measuring the potential differences between the glass electrode and the reference electrode inserted into a product sample;
- amino-ammonia nitrogen (AAN) content — the method based on binding of amino groups and ammonia by

формальдегидом в нейтральной среде с последующим титрованием щелочью карбоксильных групп, количество которых эквивалентно количеству свободных аминокрупп;

- содержания фракций азота — методами, основанными на способности белковых веществ осаждаться под действием различных реагентов. Белковый азот осаждали трихлоруксусной кислотой с последующей минерализацией осадка и определением азота в нем по методу Кьельдаля. Пептидный азот определяли по разности между азотом, осаждаемым фосфорновольфрамовой кислотой и азотом, осаждаемым трихлоруксусной кислотой. Количество остаточного азота представляло собой разницу между количеством общего азота и количеством белкового и пептидного.

Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики. Повторность опытов трехкратная. Гипотезы проверяли с уровнем доверительной вероятности 0,95.

В MS Excel аппроксимацию экспериментальных данных осуществляли путем построения их графика с последующим подбором подходящей аппроксимирующей функции.

Результаты и обсуждение

В процессе тепловой обработки консервов и последующих структурных изменений белков, разрыва прежних и образования новых связей при участии водородных связей, сульфгидрильных, дисульфидных, кислых и основных групп белков и гидрофобных взаимодействий имеют место изменения физико-химических показателей продукции, в том числе и величины рН. Динамика величин рН после производства и при хранении консервов приведена на рисунке 1.

formaldehyde in the neutral environment with the following titration with alkaline of the carboxyl groups, which quantity is equivalent to the quantity of free amino acids;

- nitrogen fraction content –the methods based on the ability of the protein substances to precipitate under the action of different reagents. Protein nitrogen was precipitated with trichloroacetic acid with the following mineralization of a precipitate and detection of nitrogen by the Kjeldahl method. Peptide nitrogen was determined by the difference between nitrogen precipitated with phospho-wolframic acid and nitrogen precipitated with trichloroacetic acid. An amount of residual nitrogen is the difference between an amount of the total nitrogen and an amount of protein and peptide nitrogen.

The experimental data were processed by the methods of mathematical statistics. The experiment was carried out in triplicate. The hypotheses were verified with probability of 0.95.

Approximation of the experimental data was carried out in MS Excel by building a graph with the subsequent selection of a suitable approximating function.

Results and discussions

Changes in the physico-chemical indicators of products including a pH value occur in the process of canned food thermal treatment and subsequent structural changes in proteins, disruptions of the initial and formation of new bonds with participation of the hydrogen bonds, sulfhydryl, disulfide, acidic and basic protein groups and hydrophobic interactions. The dynamics of the pH values after production and during storage of the canned foods is given in Fig. 1.

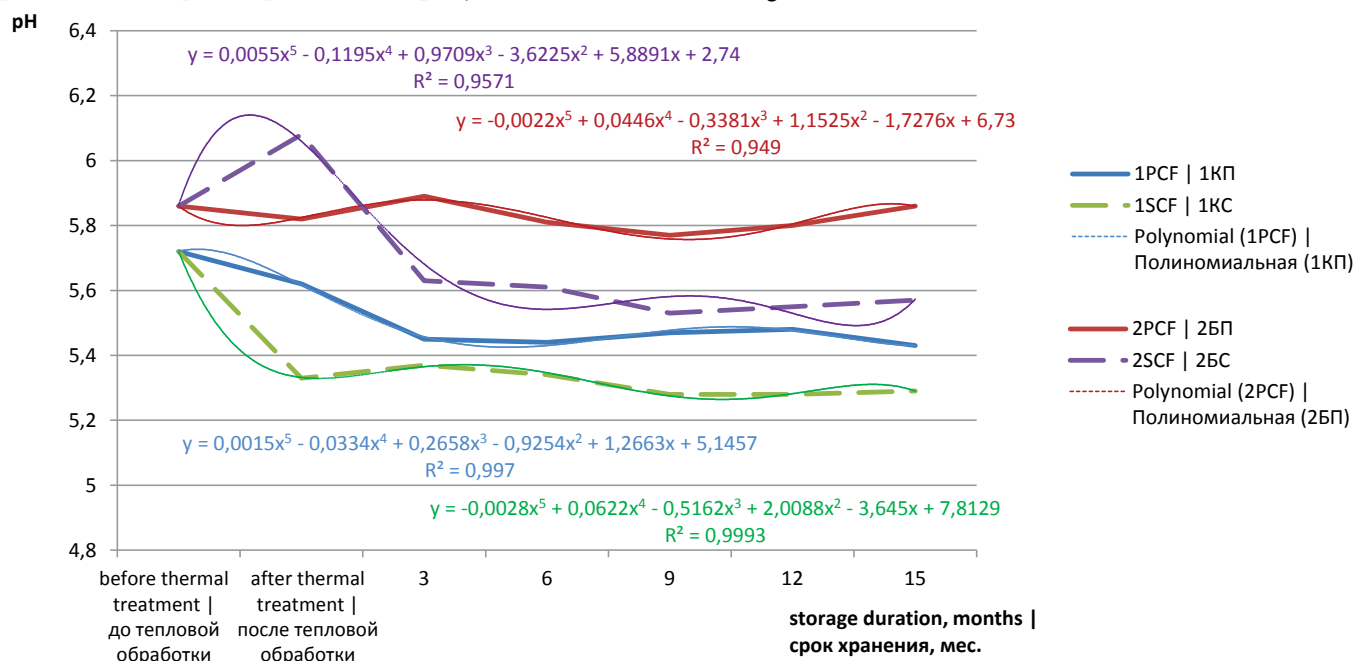


Figure 1. pH value dynamics after production and during storage of canned foods

Рис. 1. Динамика значений рН после производства и при хранении консервов

Подготовленные для фасования в банки рецептурные смеси консервов до тепловой обработки имели следующие величины рН: 5,72 — «Мясо в томатном соусе» и 5,86 — «Мясо в сметанном соусе».

Известно, что степень денатурирующего воздействия тепла на составляющие пищевой ценности продукта зависит от условий, в которых происходит тепловая обработка. Так, пастеризация консервов привела к смещению величины рН в кислую сторону, причем для консервов в томатном соусе степень смещения в 2,5 раза интенсивнее, чем в консервах в сметанном соусе. При стерилизации консервов имела место иная динамика величин рН: в консервах в томатном соусе величина рН снизилась на 0,39 единицы, а в консервах в сметанном соусе выросла на 0,22 единицы. Можно предположить, что это связано с разной степенью увеличения числа свободных NH_2 - и COOH - групп при пастеризации и стерилизации консервов с разной исходной величиной рН.

В процессе хранения величины рН консервов несколько стабилизировались и после 15 месяцев составили:

- в пастеризованных консервах «Мясо в томатном соусе» — 5,43, что на 3,4% ниже по отношению к соответствующему значению сразу после пастеризации;
- в стерилизованных консервах «Мясо в томатном соусе» — 5,29, что на 0,75% ниже к значениям после производства;
- в пастеризованных консервах «Мясо в сметанном соусе» — 5,86, что на 0,7% выше по отношению к значению сразу после пастеризации;
- в стерилизованных консервах «Мясо в сметанном соусе» — 5,57 — после стерилизации, что на 8,4% ниже соответствующих значений после производства.

На рисунках 2 и 3 приведены кривые изменения содержания фракций азотистых веществ продукта после производства и в процессе хранения. Анализ приведенных данных показал наличие деструктивных изменений белковой составляющей пастеризованных и стерилизованных консервов после производства и в процессе хранения. При этом интенсивность потерь общего азота при более высоких температурах стерилизации согласуется с данными А.А. Соколова и М. Кемаль [16], отметившими, что степень изменения содержания общего азота в мясе возрастала с увеличением температуры и продолжительности нагревания консервируемого продукта.

Воздействие температуры пастеризации и последующее хранение исследуемых консервов в течение 15 месяцев снизило массовую долю общего азота в среднем на 5%. Такие изменения содержания общего азота лежат в диапазоне ошибки опыта, особенно учитывая неоднородность соотношения видов тканей в кусочках мяса. Снижение массовой доли общего азота в консервах, прошедших стерилизацию, составило в среднем 6,6%.

The canned food recipe mixtures prepared for filling into containers had the following pH values before thermal treatment: 5.72 in “Meat in tomato sauce” and 5.86 in “Meat in sour cream sauce”.

It is known that a degree of heat denaturation effect on constituents of a product nutritive value depends on conditions of thermal treatment. For example, canned food pasteurization led to a shift in the pH value toward the acid side with a shift degree 2.5 times more intensive in the canned foods in tomato sauce compared to the canned foods in sour cream sauce. Another dynamics of the pH values was observed upon canned food sterilization: in the canned foods in tomato sauce, the pH value declined by 0.39 units and in the canned foods in sour cream sauce it increased by 0.22 units. It can be suggested that this was associated with a different degree of an increase in free NH_2 - and COOH - groups upon pasteurization and sterilization of the canned foods with different initial pH values.

During storage, the pH values of canned foods somewhat stabilized and after 15 months were:

- 5.43 in the pasteurized canned foods “Meat in tomato sauce”, which was 3.4% lower compared to the corresponding value immediately after pasteurization;
- 5.29 in the sterilized canned foods “Meat in tomato sauce”, which was 0.75% lower compared to the values after production;
- 5.86 in the pasteurized canned foods “Meat in sour cream sauce”, which was 0.7% higher compared to the value immediately after pasteurization;
- 5.57 in the sterilized canned foods “Meat in sour cream sauce”, which was 8.4% lower compared to the corresponding values after production.

Fig. 2 and 3 present the curves for changes in the content of nitrogenous substance fractions in a product after production and during storage. Analysis of the obtained data showed a presence of the destructive changes in the protein constituent of the pasteurized and sterilized canned foods after production and during storage. With that, an intensity of the total nitrogen loss at higher temperatures corresponds to the data of A.A. Sokolov and M. Kemal [16], who pointed out that a degree of changes in the total nitrogen content in meat increased in the canned foods with the rise of temperature and heating duration.

An impact of the pasteurization temperature and subsequent storage of the studied canned foods for 15 months reduced the mass fraction of total nitrogen on average by 5%. These changes in the total nitrogen content are in a range of an experiment error, especially, taking into consideration the heterogeneity of the ratio of tissue types in meat pieces. A decrease in the total nitrogen mass fraction in the canned foods that underwent sterilization was on average 6.6%.

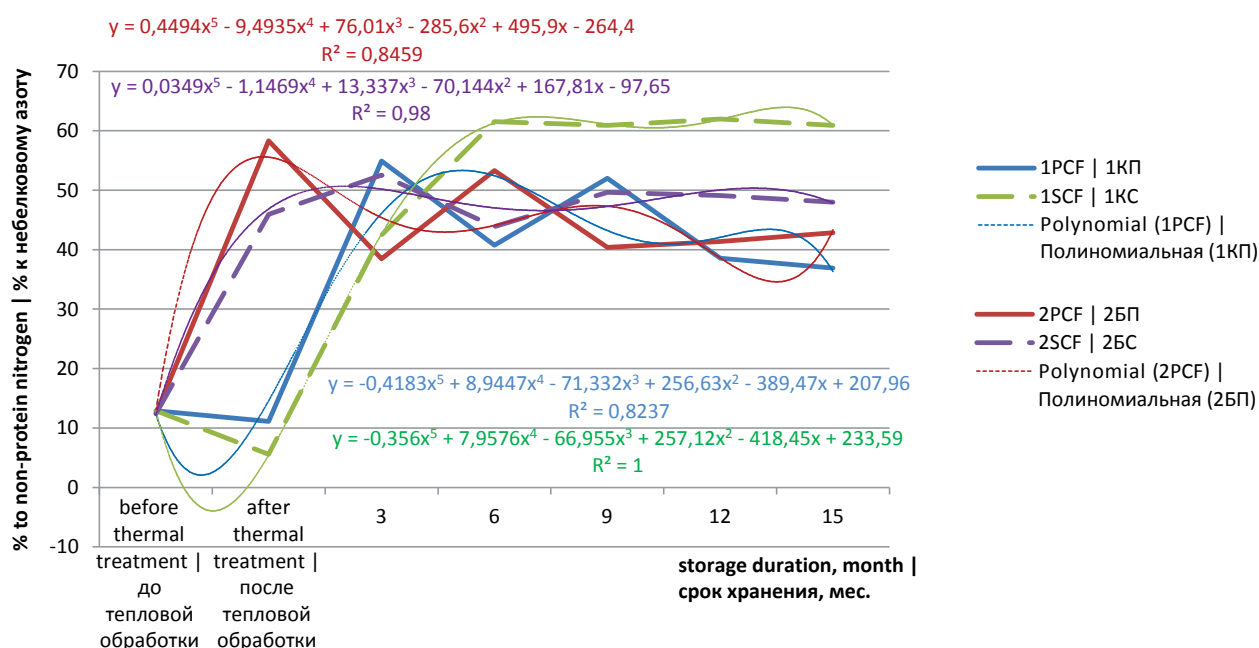


Figure 2. Dynamics of the peptide nitrogen fraction after production and during storage of canned foods

Рис. 2. Динамика пептидной фракции азота после производства и при хранении консервов

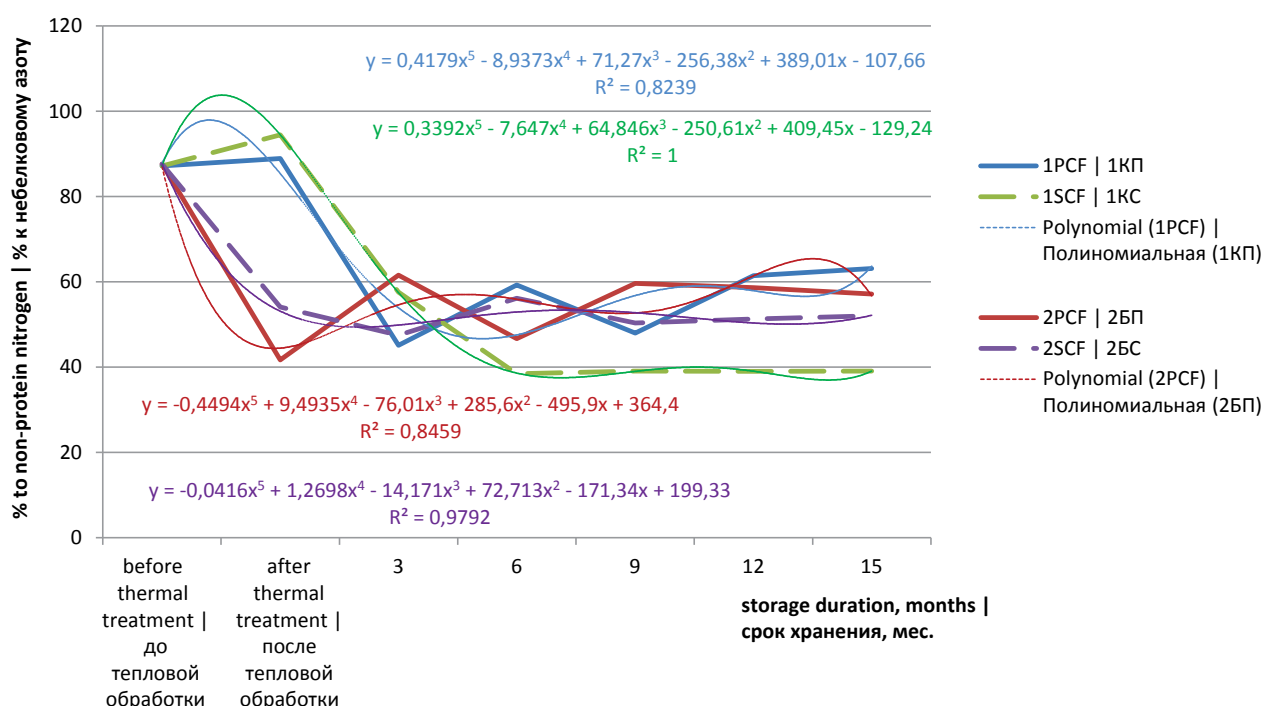


Figure 3. Dynamics of the residual nitrogen fraction after production and during storage of canned foods

Рис. 3. Динамика остаточной фракции азота после производства и при хранении консервов

Отмечена тенденция уменьшения содержания белкового азота, что связано, в том числе, и с предварительной кратковременной обжаркой мясного сырья. Снижение уровня белкового азота в пастеризованных консервах менее заметно и в среднем составило 5,2% по истечению 15 месяцев хранения по отношению к данным после пастеризации. Для стерилизованных консервов средние значения данного показателя в два раза выше, т.е. снижение величины белкового азота составило 10,1%.

A tendency towards a reduction in the protein nitrogen content was observed, which was associated, among other things, with preliminary short-term roasting of meat raw material. A decrease in the level of protein nitrogen in the pasteurized canned foods was less evident and was on average 5.2% after storage for 15 months relative to the data after pasteurization. For sterilized canned foods, the average values of this indicator were two times higher, i.e., a reduction in protein nitrogen was 10.1%.

Динамика накопления пептидного азота в пастеризованных и стерилизованных консервах также различна. Например, в консервах в томатном соусе после пастеризации отмечено накопление пептидной фракции азота в 2 раза интенсивнее, чем в тех же консервах, но прошедших стерилизацию. Одновременно, накопление низкомолекулярных азотистых соединений выше в этих же образцах, но стерилизованных. Аналогичная динамика пептидной фракции азота была отмечена в консервах в сметанном соусе (рис. 2–3). Полученные результаты полностью согласуются с материалами А.А. Соколова [17, 18], при повышении температуры и увеличении продолжительности нагревания мяса скорость распада полипептидов возрастает значительно более интенсивно, чем скорость распада белковых веществ.

В процессе хранения пастеризованных консервов продолжались деструктивные процессы, при этом степень проявления деструкции белков зависела от pH используемого соуса (рис. 2–3). Так для консервов «Мясо в томатном соусе» можно выделить три периода хранения:

- первый период — по 6 месяцев хранения — характеризовался снижением массовой доли пептидной фракции на 14,2% за счет деструкции пептидов сырья и пептидов, образовавшихся при тепловой обработке консервов, при росте в равном количестве фракции остаточного азота;
- второй период — с 6 по 9 месяцев хранения — отмечен ростом массовой доли пептидного азота на 11,3% за счет разрушения белковой составляющей консервов при снижении доли остаточного азота в равном количестве;
- третий период — с 9 по 15 месяцев — характеризовался плавной деструкцией пептидной фракции азота на 15,1% и соответствующим приростом массовой доли остаточного азота.

В консервах «Мясо в сметанном соусе» отмечено два периода:

- первый период — по 6 месяцев хранения — характеризовался увеличением массовой доли пептидной фракции азота на 14,9% за счет разрушения белковой составляющей консервов при снижении доли остаточного азота в равном количестве;
- второй период с 6 по 15 месяцев хранения — отмечен снижением доли пептидного азота на 10,5% за счет его глубокой деструкции при увеличении остаточного в равном количестве.

В процессе хранения стерилизованных консервов в динамике пептидной и остаточной фракций азота отмечены два принципиально различных периода: первый — до 6 месяцев, второй — с 6 по 15 месяцев хранения. Первый период для консервов «Мясо в томатном соусе» характеризовался приростом на 19,1% массовой доли фракции пептидного азота за счет деструктивных процессов в белковой составляющей при снижении в равном количестве остаточной фракции азота. В кон-

The dynamics of the peptide nitrogen accumulation was also different in the pasteurized and sterilized canned foods. For example, in the canned foods in tomato sauce after pasteurization, an accumulation of the peptide nitrogen fraction was twice as intensive as in the same canned foods but underwent sterilization. At the same time, an accumulation of the low molecular weight nitrogenous compounds was higher in the same samples but sterilized. Similar dynamics was observed in the canned foods in sour cream sauce (Fig. 2–3). The obtained data fully corresponds to the data of A.A. Sokolov [17,18]: with temperature rise and storage duration extension, the rate of polypeptide breakdown increases much more intensive than the rate of protein substance breakdown.

The destruction processes persisted during storage of the pasteurized canned foods; with that, a degree of manifestation of protein destruction depended on the pH value of the used sauce (Fig. 2–3). For example, for the canned foods “Meat in tomato sauce”, three storage periods can be distinguished:

- the first period (up to 6th month of storage) was characterized by a decrease in the peptide mass fraction by 14.2% due to destruction of raw material peptides and peptides formed in thermal treatment of the canned foods, with the growth in the residual nitrogen fraction at the equal quantity;
- the second period (from the 6th to 9th month of storage) was marked by the growth in the mass fraction of peptide nitrogen by 11.3% due to destruction of the protein constituent of the canned foods with a decrease in the residual nitrogen proportion at the equal quantity;
- the third period (from the 9th to 15th month) was characterized by steady destruction of the peptide nitrogen fraction by 15.1% and a corresponding increase in the mass fraction of residual nitrogen.

In the canned foods “Meat in sour cream sauce”, two periods were noticed:

- the first period (up to 6th month of storage) was characterized by an increase in the mass fraction of peptide nitrogen by 14.9% due to destruction of the protein constituent of the canned foods with a decrease in the residual nitrogen proportion at the equal quantity;
- the second period (from the 6th to 9th month of storage) was marked by the growth in the mass fraction of peptide nitrogen by 10.5% due to its deep destruction with an increase in the residual nitrogen fraction at the equal quantity.

During storage of the sterilized canned foods, two principally different periods were noticed in the dynamics of the peptide and residual nitrogen fractions: the first period up to 6th month and the second period from the 6th to 15th month. For the canned foods “Meat in tomato sauce”, the first period was characterized by a 19.1% increase in the mass fraction of peptide nitrogen due to the destruction processes in the protein constituent of the canned foods with a decrease in the residual nitrogen fraction at the

сервах «Мясо в сметанном соусе» было отмечено снижение на 8,7% доли фракции пептидного азота за счет его разрушения при повышении в равном количестве остаточной фракции азота. Таким образом, было отмечено отрицательное действие более кислого соуса на сохранность белковой фракции азота консервов.

Второй период — с 6 по 15 месяцев — характеризовался торможением деструктивных изменений фракции пептидного и остаточного азота как в пастеризованных, так и стерилизованных консервах. Степени изменения массовых долей фракций составили соответственно $\pm 0,6\%$ и $\pm 4,1\%$.

Величина коэффициента детерминации служит главным критерием оценки качества линейных и нелинейных моделей. На рисунках 1–3 представлены уравнения регрессий для исследуемых величин с коэффициентом детерминации выше 80%, что позволяет признать полученные зависимости достаточно точными (коэффициент корреляции превышает 90%).

Образование amino-соединений и аммиачных оснований при термической обработке консервов связано с их образованием в результате дезаминирования и декарбоксилирования аминокислот, как свободных, так и частично находящихся в составе белков и полипептидов, а накопление сероводорода — в результате разрушения серосодержащих аминокислот. Очевидно, термообработанный продукт по качеству тем выше, чем меньше в нем аммиака, сероводорода, углекислоты. Но так как начальное их содержание в мясе может быть различным, их абсолютное содержание после пастеризации или стерилизации нельзя использовать для суждения о качественных изменениях продукта.

equal quantity. In the canned foods “Meat in sour cream sauce”, an 8.7% decrease in the mass fraction of peptide nitrogen was noticed due to its destruction with an increase in the residual nitrogen fraction at the equal quantity. Therefore, a negative effect of more acidic sauce on preservation of the protein nitrogen fraction was noticed in the canned foods.

The second period (from the 6th to 15th month) was characterized by a retardation of the destructive changes in the peptide and residual nitrogen fractions both in the pasteurized and sterilized canned foods. A degree of changes in mass fractions were $\pm 0.6\%$ and $\pm 4.1\%$, respectively.

A value of the determination coefficient is a main criterion for assessing quality of linear and non-linear models. Fig. 1–3 present the regression equations for studied values with the determination coefficient higher than 80%, which allows regarding the obtained dependencies as quite precise (a correlation coefficient exceeds 90%).

Formation of amino compounds and ammonia bases at thermal treatment of canned foods is associated with deamination and decarboxylation of amino acids — both free and partially existing in the composition of proteins and polypeptides, while accumulation of hydrogen sulphide is a result of breakdown of sulfur-containing amino acids. It is obvious that a thermally treated product has higher quality when the content of ammonia, hydrogen sulphide and carbon dioxide is lower. However, as their initial content in meat can be different, their absolute content after pasteurization or sterilization cannot be used for making a conclusion about qualitative changes in a product.

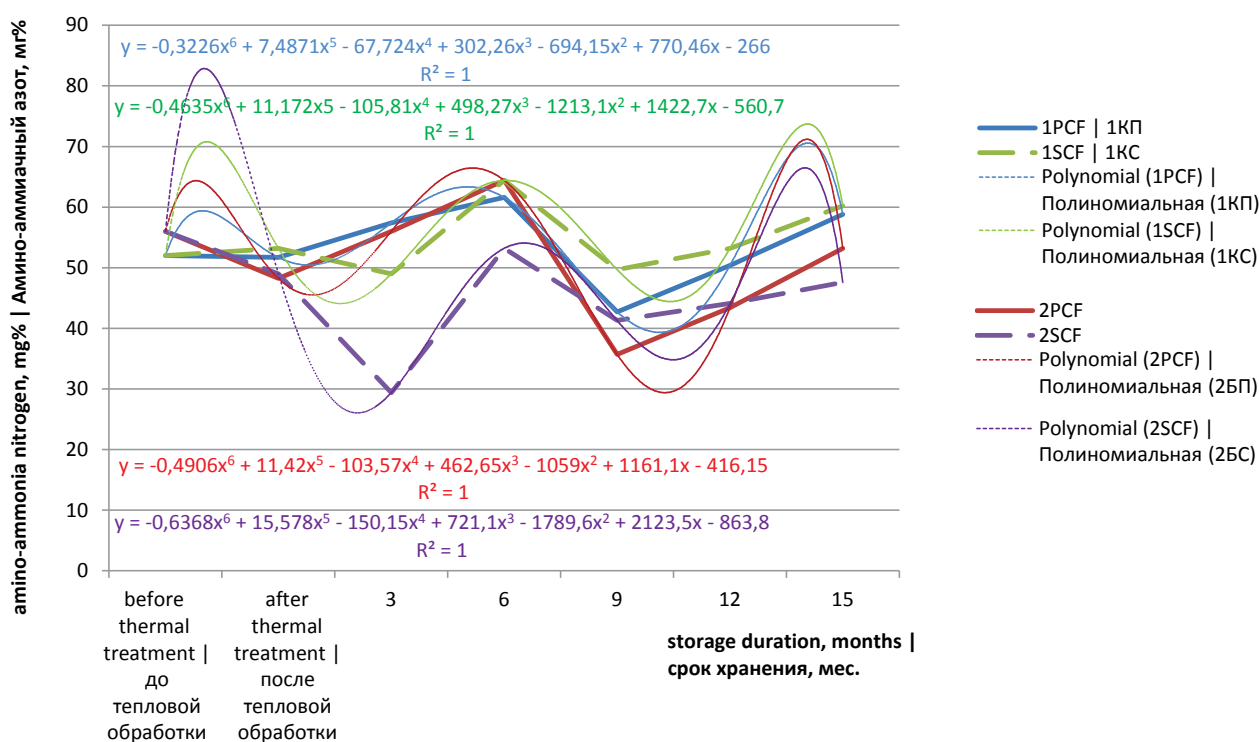


Figure 4. Dynamics of the amino-ammonia nitrogen content after production and during storage of canned foods

Рис. 4. Динамика содержания amino-аммиачного азота после производства и при хранении консервов

Более важным представляется динамика содержания аминокислотного азота при хранении консервов. Полученные результаты показали, что воздействие пастеризации или стерилизации на белковую составляющую консервов на примере содержания аминокислотного азота после производства мало различимо. В процессе хранения накопление ААА в среднем составило 12,4% вне зависимости от pH используемых соусов и тепловых нагрузок (рис. 4).

Равенство коэффициента детерминации единице, указанной на рисунке 4, означает, что динамика переменной в точности описывается полученными моделями.

Выводы

В процессе проведения исследований деструктивных изменений белков консервов в соусе при разных видах тепловой обработки и последующего хранения установлено:

- воздействие температур пастеризации вызывает обратно пропорциональную зависимость динамики пептидной и остаточной фракций азота консервов независимо от pH системы;
- происходящие в пастеризованных консервах процессы изменений более динамичны, что связано, вероятно, и с наличием остаточной микрофлоры, обладающей протеолитическими свойствами, но не вызывающей глубокого гидролиза белков;
- воздействие температур стерилизации наносит более глубокие деструктивные изменения белка консервов не только при производстве, но в процессе хранения, динамика деструкции не имеет пограничных значений — процессы протекают плавно.

Из-за недостаточности исследований влияния пастеризации, ее продолжительности и интенсивности на динамику содержания общего и аминокислотного азота в консервах разных ассортиментных групп делать выводы о том, чем обусловлено разрушение азотистых соединений или образование низкомолекулярных соединений преждевременно. Следовательно, продолжение изучения вопроса в этом направлении актуально.

A dynamics of amino-ammonia nitrogen during canned food storage seems to be more important. The obtained results showed that an impact of pasteurization or sterilization on the protein constituent of the canned foods as seen in the example of amino-ammonia nitrogen after production is hardly distinguishable. During storage, an accumulation of amino-ammonia nitrogen was 12.4% irrespective of pH in the used sauces and thermal burdens (Fig. 4).

The determination coefficient equal to 1 as shown in Fig. 4 means that the dynamics of a variable is precisely described by the obtained models.

Conclusions

During investigation of the destructive changes in proteins of the canned foods in sauce at different types of thermal treatment and subsequent storage, we established that:

- an action of pasteurization temperatures caused an inverse relationship of the dynamics of peptide and residual nitrogen fractions in the canned foods irrespective of the system pH;
- changes in the pasteurized canned foods were more dynamic, which was apparently associated with the presence of residual microflora that had the proteolytic properties but did not cause deep protein hydrolysis;
- an action of sterilization temperatures resulted in deeper destructive changes in protein of the canned foods not only in production but also during storage; the destruction dynamics did not have boundary values, the processes occurred steadily.

Due to insufficient investigations of a pasteurization impact, its duration and intensity on the dynamics of the content of total and amino-ammonia nitrogen in canned foods of different assortment groups, it is too early to make conclusions about the causes of destruction of nitrogenous compounds or formation of low molecular weight compounds. Therefore, the further investigation of this question is topical.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Памирский, И. Э. Влияние трипсина и ингибитора трипсина соевых бобов на свертывание крови, фибринолиз, агрегацию тромбоцитов и гемолитическую активность комплемента *in vitro* / И.Э. Памирский, М.А. Штарберг, И.Г. Белоглазова, Е.А. Бородин // Дальневосточный медицинский журнал. — 2008. — № 1. — С. 98–100.
2. Сметанина, Л.Б. Рациональные режимы стерилизации нового поколения консервированных паштетов из перепелиного мяса / Л.Б. Сметанина, А.Н. Захаров, Б.А. Лисицын // Все о мясе. — 2007. — № 1. — С. 20–23.
3. Орехович, В.Н. Денатурация белка / В.Н. Орехович, В.О. Шпикитер // Доклады академии наук СССР. — 1955. — Т. 101. — С. 529–533.
4. Белицер, В.А. Денатурационные превращения белков / В.А. Белицер. — М.: АН СССР. — 1955. — С. 320.
5. Jensen, E.V. Thermal coagulation of serum proteins. The effects of pH and of sulfhydryl reagents on the nature of the coagulum / E.V. Jensen, D.H. Verne, D.F. Tapley, C. Huggins // Journal of Biological Chemistry. — 1950. — Vol. 185. — P. 411–422.

REFERENCES

1. Pamirsky, I. E. An effect of trypsin and the soybean trypsin inhibitor on blood coagulation, fibrinolysis, platelet aggregation and the complement hemolytic activity *in vitro* / I.E. Pamirsky, M.A. Shtarberg, I.G. Beloglazova, E.A. Borodin // Far-Eastern Medical Journal. — 2008. — № 1. — P. 98–100. ISSN
2. Smetanina, L.B. Rational regimes for sterilization of new generation of canned pates from quail meat / L.B. Smetanina, A.N. Zakharov, B.A. Lisitsyn // Vsyo o myase. — 2007 — №.2 — P. 20–23.
3. Orekhovich, V.N. Protein denaturation / V.N. Orekhovich, V.O. Shpikiter // Reports of the Academy of Sciences of the USSR. — 1955. — Vol. 101. — P. 529–533.
4. Belitser, V.A. Denaturation changes in egg albumin / V.A. Belitser — M.: Academy of Sciences of the USSR. — 1955. — P. 320.
5. Jensen, E.V. Thermal coagulation of serum proteins. The effects of pH and of sulfhydryl reagents on the nature of the coagulum / E.V. Jensen, D.H. Verne, D.F. Tapley, C. Huggins // Journal of Biological Chemistry. — 1950. — Vol. 185. — P. 411–422.

6. Жоли, М. Физическая химия денатурации белков / М. Жоли. — М.: Мир, — 1968. — С. 364.
7. Hamm, R. Changes in hydration, solubility and changes of muscle proteins during heating of meat / R. Hamm, F.E. Deatherage // Food Research. — 1960. — Vol. 25. — № 5. — P. 587–610.
8. Грау, Р. Мясо и мясные продукты / Р. Грау. — М.: Пищевая промышленность, — 1964. — С. 190.
9. Кайм, Г. Технология переработки мяса: немецкая практика. — СПб.: Профессия, — 2006. — С. 488.
10. Хлебников В.И. Экспертиза мяса и мясных продуктов / В.И. Хлебников, И.А. Жебелева, В.И. Криштафович. — М.: Дашков и К., — 2008. — С. 132.
11. Крылова В.Б. Окислительно-восстановительный потенциал и динамика деструкции белка и жира при хранении мясных кусковых консервов. // Теория и практика переработки мяса. 2016;1(2):26–33. DOI:10.21323/2414-438X-2016-1-2-26-33
12. Крылова, В.Б. Трансформация белков, жиров и полисахаридов мясорастительных консервов / В.Б. Крылова, Т.В. Густова, Г.П. Горюшко, А.В. Эдер // Мясная индустрия. — 2008. — № 8. — С. 57–60.
13. A. Lisitsyn, V.B. Krylova, T.V. Gustova, and N.N. Mandzhiyeva Study of transformation processes of proteins in sterilized meat-plant products in polymer consumer package during their production and storage In the Proceedings of the 56th International Congress of Meat Science and Technology, August 15–20, 2010, Jeju, Korea, D024, P. 124.
14. Крылова В.Б., Вострикова Н.Л., Манджиева Н.Н. Влияние термообработки и сроков хранения на динамику аминокислотного состава вторых обеденных блюд // В сборнике: Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции в условиях ВТО В 2-х частях. Материалы международной научно-практической конференции. Под редакцией В.Н. Храмовой. — 2013. — С. 13–16.
15. Эдер А.В. Разработка технологии мясных кусковых консервов из говядины в мягкой полимерной таре. Автореферат канд. диссертации. Москва, ВНИИМП. — 2010 — С. 28.
16. Соколов, А.А. Влияние температуры и продолжительности нагрева на гидролиз белков мяса и аминокислотный состав бульона / А.А. Соколов, М. Кемаль // Известия высших учебных заведений СССР. Пищевая технология. — 1962. — № 4. — С. 31–34.
17. Соколов А.А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясных продуктов / А.А. Соколов. — М.: ВНИИМП, — 1965. — С. 490.
18. Соколов А.А. Технология мяса и мясных продуктов / А.А. Соколов, Д.В. Павлов, А.С. Большаков и др. — М.: Пищевая промышленность, — 1970. — С. 740.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Крылова Валентина Борисовна — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник направления «Технология консервированных и экструдированных продуктов питания» отдела научно-прикладных и технологических разработок, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26
Тел. 8-495-676-74-01
E-mail: krylova-vniimp@yandex.ru

Густова Татьяна Владимировна — кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник направления «Технология консервированных и экструдированных продуктов питания» отдела научно-прикладных и технологических разработок, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26
Тел. 8-495-676-78-11
E-mail: krylova-vniimp@yandex.ru

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 20.01.2017

6. Zholi, M. Physical chemistry of protein denaturation / M. Zholi. — M.: Mir, 1968. — P. 364.
7. Hamm, R. Changes in hydration, solubility and changes of muscle proteins during heating of meat / R. Hamm, F.E. Deatherage // Food Research. — 1960. — Vol. 25. — № 5. — P. 587–610.
8. Grau, R. Meat and Meat Products/ R. Grau. — M.: Pischevaya Promishlennost, 1964. — P. 190.
9. Kaim G. Technology of meat processing: German practice. — St. Petersburg.: Profession, 2006. — 488 P.
10. Khlebnikov V.I. Expertise of meat and meat products / V.I. Khlebnikov, I.A. Zhebeleva, V.I. Krishtafovich. — M.: Dashkov and Co, 2008. — P. 132.
11. Krylova V.B. Redox potential and dynamics of protein and fat destruction during storage of canned meat in pieces // Theory and practice of meat processing. 2016;1(2):26–33. DOI:10.21323/2414-438X-2016-1-2-26-33
12. Krylova, V.B. Transformation of proteins, fats and polysaccharides in meat-and-plant canned foods/ V.B. Krylova, T.V. Gustova, G.P. Goroshko, A.V. Eder. // Meat Industry. — 2008. — № 8. — P. 57–60.
13. A. Lisitsyn, V.B. Krylova, T.V. Gustova, and N.N. Mandzhiyeva Study of transformation processes of proteins in sterilized meat-plant products in polymer consumer package during their production and storage In the Proceedings of the 56th International Congress of Meat Science and Technology, August 15–20, 2010, Jeju, Korea, D024, P. 124.
14. Krylova V.B., Vostrikova N.L., Mandzhiyeva N.N. An effect of thermal treatment and storage duration on the dynamics of amino acid composition of second course dinner dishes // In the composite book “Innovative technologies in production and processing of agricultural products in conditions of WTO. In 2 parts. Proceedings of the International scientific-practical conference. Under the editorship V.N. Khramova, — 2013. — P. 13–16.
15. Eder A.V. Development of the technology of canned beef in pieces in soft polymer packaging. Author's abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Moscow, VNIIMP. — 2010 — P. 28.
16. Sokolov A.A. An effect of temperature and heating duration on meat protein hydrolysis and a broth amino acid composition / A.A. Sokolov, M. Kemal // Bulletin of higher educational institutions of the USSR. Food technology. — 1962. — № 4. — P. 31–34.
17. Sokolov A.A. Physico-chemical and biochemical foundations of meat product technology / A.A. Sokolov. — M.: VNIIMP, — 1965. — P. 490.
18. Sokolov A.A. Technology of meat and meat products / A.A. Sokolov, D.V. Pavlov, A.S. Bolshakov et al. — M.: Pischevaya Promishlennost, — 1970. — P. 740.

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Krylova Valentina Borisovna — doctor of technical sciences, professor, leading research scientist, the chief of the Direction “The technology of canned and extruded food products” of the Department of Scientific Applied and Technological Developments, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-74-01
E-mail: krylova-vniimp@yandex.ru

Gustova Tatyana Vladimirovna — candidate of technical sciences, docent, leading research scientist of the Direction “The technology of canned and extruded food products” of the Department of Scientific Applied and Technological Developments, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-74-01
E-mail: krylova-vniimp@yandex.ru

Contribution

The authors have responsibility for the information in the manuscript and are equally responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 20.01.2017