

# FOOD HYPERSENSITIVITY AND PRODUCTS OF ANIMAL ORIGIN RESOURCES

## ПИЩЕВАЯ ГИПЕРЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКТЫ ИЗ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Lunina O.I.

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

**Ключевые слова:** мясные продукты, аллергены, технологическая обработка.

**Keywords:** meat products, allergens, technological process.

### Аннотация

Количество людей с пищевой гиперчувствительностью, а именно пищевой непереносимостью и пищевыми аллергиями растет каждый год. Классифицированы следующие виды пищевой непереносимости: энзимопатия, синдром «негерметичного кишечника», психогенная пищевая непереносимость, дезинтоксикационная недостаточность и истинная пищевая непереносимость. Пищевые аллергены — это, в основном, гликопротеины, гаптены или полипептиды. Большинство случаев пищевой аллергии является IgE-обусловленными аллергическими реакциями. Открытия в медицине за последние годы, детализация и классификация пищевой гиперчувствительности требуют дальнейших исследований для разработки современных технологических приемов и рецептур продуктов с заданными свойствами для потребителей с пищевой гиперчувствительностью. Существующие технологии основаны на элиминации и/или снижении содержания пищевого аллергена в продукте. В статье представлен обзор причин пищевой непереносимости и пищевой аллергии, правовых основ, списка пищевых аллергенов и методов их контроля, состояния рынка гипоаллергенного питания и научных подходов создания гипоаллергенных продуктов на основе животного сырья.

### Abstract

The number of people with food hypersensitivity, namely food intolerance and food allergies, grows every year. Food intolerance is classified into following types: enzymopathy; leaky gut syndrome; psychogenic food intolerance; detoxification insufficiency and true food intolerance. Food allergens mainly are glycoproteins, haptens or polypeptides. Most cases of food allergy are IgE-mediated allergic reactions. Recent discoveries in medicine, detailing and classification of food hypersensitivity require further researches to develop modern techniques and product recipes with specified properties for consumers with food hypersensitivity. Existing technologies are based on the elimination and or reduction of the content of the allergenic substance in food. The article provides an overview of causes of food intolerance and food allergy, legislative background, a list of food allergens and methods of control, market profile of hypoallergenic produce and scientific approaches to creating hypoallergenic food products based on raw materials of animal origin.

### Введение

В последнее десятилетие пищевая непереносимость и пищевая аллергия стала серьезной проблемой как у нас в стране, так и в странах Европы. Пищевую аллергию и пищевую непереносимость различают по причинам возникновения и тяжести последствий.

Пищевая аллергия является самой распространенной формой аллергии и составляет 80% в структуре распространенности аллергических заболеваний в РФ [1]. По данным ВОЗ в России за последнее десятилетие число аллергиков увеличилось на 20%. По словам заместителя директора Института иммунологии Федерального медико-биологического агентства (ФМБА) Н. Ильиной от 13% до 35% россиян страдают различными видами аллергических заболеваний, причем наиболее подвержены аллергии люди, находящиеся в стрессовых условиях (пресс-конференция РИА новости, 2010). К группе риска относятся категории граждан, которые перенесли тяжелые заболевания, и прошли курс терапии (например, антибиотиков), после которой назначают особую гипоаллергенную

### Introduction

During the last decade, food intolerance and food allergies have become a serious problem both in Russia and European countries. Food allergy and food intolerance are distinguished by cause and severity of consequences.

Food allergy is the most common type of allergy and accounts for 80% of cases in the structure of allergic disease prevalence in the RF [1]. According to WHO, over the past decade, the number of highly allergic individuals in Russia increased by 20%. According to N. Ilyina, deputy director of the National Research Center — Institute of Immunology, Federal Medical-Biological Agency (FMBA), 13% to 35% of Russians suffer from various types of allergic diseases, and people who are under stress are most susceptible to allergy (RIA Novosti press conference, 2010). The risk group include individuals who suffer from severe diseases and received therapy (for example, antibiotics), which re-

диету. От 10 — до 20 % взрослого населения страдают пищевой непереносимостью — часто считая это пищевой аллергией.

Дети больше чем взрослые подвержены аллергическим заболеваниям и аллергическим реакциям на пищевые продукты.

На отечественном рынке можно найти ассортимент зерновых и молочных гипоаллергенных продуктов. Мясные продукты с гипоаллергенными свойствами практически не представлены на полках магазинов. Исключение составляет детские продукты прикорма первого года жизни.

В статье представлен обзор причин, вызывающих аллергические реакции организма человека, перечень пищевых аллергенов, состояния рынка гипоаллергенного питания и научных подходов создания гипоаллергенных продуктов питания на основе животного сырья.

### **Пищевая гиперчувствительность — определения и классификация**

Пищевая непереносимость, или пищевая гиперчувствительность — это нарушение обычных процессов переваривания и усвоения пищи. Симптомами являются диарея, тошнота, рвота, газообразование, боли в животе [2].

Классифицированы следующие виды пищевой непереносимости:

- энзимопатия — недостаточность пищеварительных ферментов, что обуславливает невозможность нормального расщепления и усвоения углеводов, белков и аминокислот (гиполактозия, целиакия, галактоземия, фенилкетонурия);
- синдром «негерметичного кишечника» — повышенная проницаемость токсинов в кровотоки через слизистую кишечника;
- психогенная пищевая непереносимость — неспособность организма усваивать пищу из-за воздействия или последствий стрессов;
- дезинтоксикационная недостаточность — реакция иммунной системы на вещества, неприродного происхождения, поступающие в организм с пищей;
- истинная пищевая непереносимость — реакция организма на естественные биологически активные вещества (гистамин, кофеин, салицилаты и др.).

При пищевой непереносимости основным способом профилактики является соблюдение диеты, полностью исключая вещество, которое не может переварить желудочно-кишечный тракт.

Пищевая аллергия — гиперчувствительность, это негативная реакция организма на определенное вещество (или пищевой продукт, содержащий это вещество), нарушающее работу иммунной системы. P. G. H. Gell и R. R. A. Coombs выделили 4 основных типа реакций гиперчувствительности. На сегодняшний день известно 5 типов реакций гиперчувствительности.

requires prescription of special hypoallergenic diet. Besides, 10 to 20% of the adult population suffer from food intolerance and often consider it a food allergy.

Children are more susceptible to food allergens compared to adults.

A range of hypoallergenic products based on cereals and milk is in the domestic market now. Retail shows almost absence of meat products with hypoallergenic properties. The only exception is complementary foods for babies of first year of life.

The article provides an overview of causes of allergic reactions in human, a list of food allergens, market profile of hypoallergenic produce and scientific approaches to creating hypoallergenic food products based on raw materials of animal origin.

### **Food hypersensitivity — definitions and classifications**

Food intolerance, or food hypersensitivity, is abnormality in usual processes of food digestion and absorption. Symptoms are diarrhea, nausea, vomiting, gas formation, and abdominal pain [2].

Food intolerance is classified into following types:

- enzymopathy — insufficiency of digestive enzymes, which causes inability of normal digestion and absorption of carbohydrates, proteins and amino acids (hypolactasia, celiac disease, galactosemia, phenylketonuria);
- leaky gut syndrome — increased intestine permeability for toxins that enter bloodstream through the intestinal mucosa;
- psychogenic food intolerance — the inability of the body to digest food because of stress effects or consequences;
- detoxification insufficiency — the reaction of the immune system to artificial substances that enter the body with food;
- true food intolerance — the body's response to natural biologically active substances (histamine, caffeine, salicylates, etc.).

The main method of food intolerance prevention is to follow a diet that completely excludes the substance that cannot be digested in the gastrointestinal tract.

Food allergy is a hypersensitivity, i.e. negative reaction of the body to certain substance (or food product containing this substance), which interrupts immune system functioning. P. G. H. Gell and R. R. A. Coombs identified 4 main types of hypersensitivity reactions. To date, there are 5 types

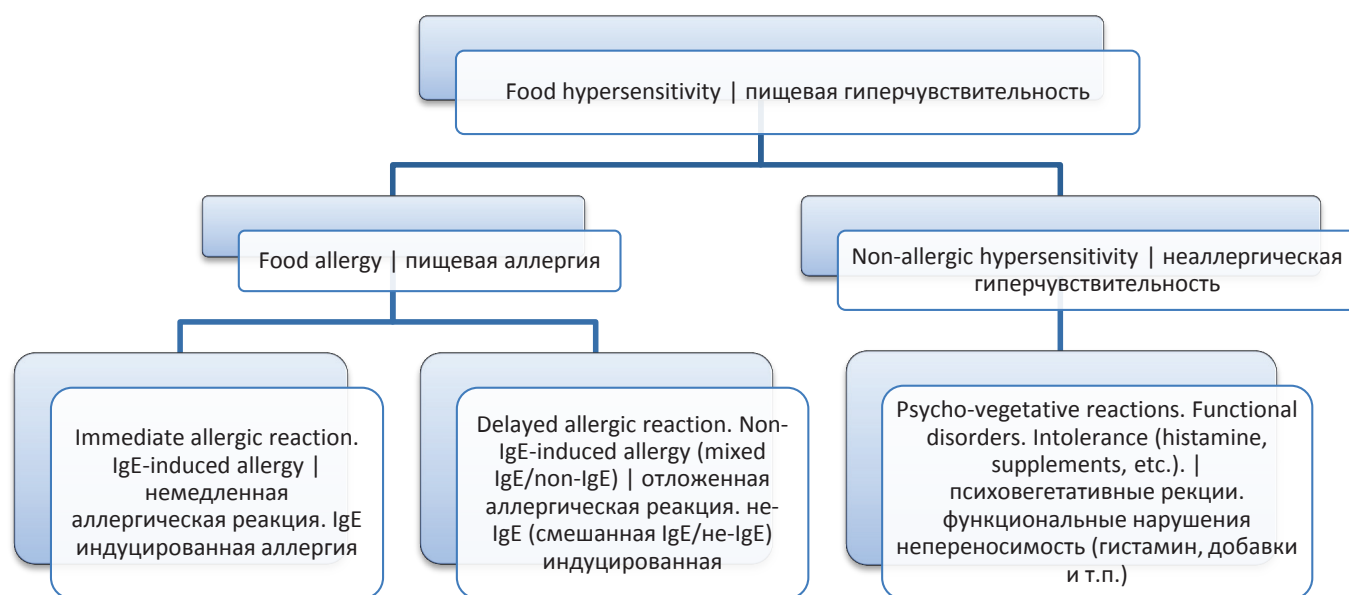


Fig. 1. Food hypersensitivity | Рис. 1. Пищевая гиперчувствительность

Термин аллергия был сохранён за первым типом реакций. (Рис. 1) [2]. В результате поступления аллергена в кровь особо опасным для жизни пациента является тяжелая аллергическая реакция — анафилаксия (стремительное падение кровяного давления). В основе многих аллергических заболеваний (атопический дерматит, крапивница, ангиоотек, аллергический ринит, бронхиальная астма и др.) лежит пищевая аллергия [3].

Пищевые аллергены — это, в основном, гликопротеины, содержащиеся в пищевых продуктах, реже — полипептиды, гаптены, которые соединяются с белками пищи [4]. Аллергенность этих протеинов обусловлена наличием эпитопов. Эпитоп — это часть макромолекулы антигена, которая распознается иммунной системой: антителами (иммуноглобулинами), В-лимфоцитами, Т-лимфоцитами. Существует пять классов антител (IgA, IgG, IgM, IgE, IgD), которые отличаются особенностями структуры и функций. Большинство случаев пищевой аллергии является IgE-обусловленными аллергическими реакциями.

### Правовые основы

За рубежом разработаны законодательные требования [5], в которые включены перечень аллергенов и процессы их контроля:

- Директива 2003/89/ЕС в отношении указания ингредиентов в составе пищевых продуктов (Европейский союз)
- Директива по аллергенам 2005/26/ЕС (Европейский союз)
- Федеральное законодательство. Секция 201-210 (США)
- Закон о маркировке пищевых аллергенов и защите прав потребителя от 2004 года (Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004)
- Продовольственный кодекс. Стандарт 1.2.3 (Австралия/Новая Зеландия).

of hypersensitivity reactions. The term «allergy» is reserved for the first type of such reactions. (Fig. 1) [2]. As a result of allergen entering into the blood, a serious allergic reaction, anaphylaxis (rapid drop in blood pressure), is especially dangerous for a patient's life. Many allergic diseases (atopic dermatitis, urticaria, angioedema, allergic rhinitis, bronchial asthma, etc.) are based on food allergy [3].

Food allergens are basically glycoproteins contained in food and, less often, polypeptides, haptens linked to food proteins [4]. The allergenic capacity of these proteins is due to the presence of epitopes. Epitope is a part of antigen macromolecule, which is recognized by the immune system: antibodies (immunoglobulins), B-lymphocytes, T-lymphocytes. There are five classes of antibodies (IgA, IgG, IgM, IgE, IgD) differing in their structure and functions. Most cases of food allergy are IgE-mediated allergic reactions.

### Legislative background

Abroad, legislative requirements have been developed [5], which include list of allergens and methods of their control:

- Directive 2003/89/EC on the indication of ingredients in the composition of food products (European Union)
- Directive 2005/26/EC on allergens (European Union)
- CFR 21. Parts 201-210 (USA)
- Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004
- The Food Code. Standard 1.2.3 (Australia/New Zealand).

В России перечень наиболее распространенных пищевых аллергенов, употребление которых может вызвать аллергические реакции или противопоказано при отдельных видах заболеваний, указан в Техническом регламенте Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТР ТС 022/2011).

По данным ФАО причиной пищевой гиперчувствительности могут стать 160 видов пищевых продуктов. Законодательства многих стран мира определили основные группы аллергенных продуктов. В таблице 1 представлен сравнительный перечень принятых аллергенов в странах ЕС, США, Австралии и России.

Еще более подробный перечень аллергенов, включая новые, представлен на сайте ВОЗ и Международного союза иммунологов (IUIS) <http://www.allergen.org/>.

### Причины и источники пищевой гиперчувствительности

Аллергены опасны тем, что могут вызывать опасные для здоровья человека реакции организма даже в микромалых дозах.

Аллергическая реакция на арахис может быть вызвана дозой, измеряемой микрограммами. Тепловая обработка в этом случае, только увеличивает их аллергенность (по данным European Food Safety Authority — EFSA).

Аллергия к коровьему молоку встречается чаще всего у детей. Среди белков молока наибольшими аллергенными свойствами обладает  $\beta$ -лактоглобулин (А и В). Лактопротеин —  $\alpha$ -лактальбумин, казеин и его  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\lambda$ -фракции являются менее аллергенными. [1]. Аллергенными свойствами обладает и молоко других млекопитающих, например, козье молоко. В ряде обзоров по пищевой аллергии наиболее важным аллергеном назван сыр, из-за высокого содержания гистамина [4].

Частота энтеропатии (энзимопатии), связанной с непереносимостью глютена в Северной Америке — от 0,5 – до 1% всего населения. Больные с пищевой непереносимостью к глютену имеют риски возникновения аллергических реакций на другие зерновые, поэтому им необходимо избегать потребления ячменя, ржи и овса.

Белки куриного яйца вызывает аллергические реакции. Наиболее выраженными аллергенными свойствами обладают овальбумин (около 70%), овомукоид, овотрансферин (кональбумин). Основным аллергеном желтка является альфа-ливетин [6]. Клинические исследования показывают, что дозы яичного белка, поступающего с пищей, вызывающие аллергию — от микрограммов до нескольких миллиграммов. При наличии аллергии к куриному белку возможна одновременно повышенная чувствительность к белкам яиц других видов (утиных, гусиных).

In Russia, the list of the most common food allergens, consumption of which may cause allergic reactions or is contraindicated for certain types of diseases, is indicated in the Technical Regulations of the Customs Union «Food products in terms of labeling» (TR TS 022/2011).

According to FAO, 160 food products can cause food hypersensitivity. Legislation in many countries of the world identify the main groups of allergenic products. Table 1 provides a comparative list of recognized allergens in the EU, USA, Australia and Russia.

An even more detailed list of allergens, including new ones, is available on the WHO website and website of the International Union of Immunological Societies (IUIS) <http://www.allergen.org/>.

### Causes and sources of food hypersensitivity

Allergens are dangerous because they can cause reactions harmful to human health, even in very small doses.

An allergic reaction to peanuts may be caused by a dose measured in micrograms. In this case, heat treatment only increases their allergenic capacity (according to the European Food Safety Authority — EFSA).

An allergic reaction to cow's milk is found most often in children. Among milk proteins,  $\beta$ -lactoglobulin (A and B) has the highest allergenic capacity.  $\alpha$ -Lactalbumin, casein and its  $\alpha$ -,  $\beta$ -, and  $\lambda$ -fractions are less allergenic [1]. Milk of other mammals, for example, goat's milk, possesses allergic properties too. In a number of reviews on food allergies, cheese is recognized as the most important allergen due to the high content of histamine [4].

The frequency of enteropathy (enzymopathy) associated with gluten intolerance in North America accounts for 0.5 to 1% of the total population. Patients with food intolerance to gluten have risks of allergic reactions to other cereals, so they need to avoid the consumption of barley, rye and oats.

Chicken egg white cause allergic reactions too. Ovalbumin (about 70%), ovomucoid, ovotransferrin (conalbumin) have the most pronounced allergenic properties. The main yolk allergen is alpha-livetin [6]. Clinical studies show that the doses of egg white entering body with food that may cause allergies are micrograms to several milligrams. If there is an allergy to chicken egg protein, there may be an increased sensitivity to egg proteins of other species (duck, goose).

Table 1. The main groups of food allergens | Таблица 1. Основные группы пищевых аллергенов

| No   № | European Union   Европейский Союз   | Australia   Австралия   | USA   США  | Russia   Россия   |
|--------|---|---|--|---|
| 1.     | Cereals (containing gluten) with exceptions (e.g. glucose syrup, maltodextrins, cereals used to produce distillates and alcoholic beverages)   Зерновые культуры (содержащие глютен) с исключениями (например, сироп глюкозы, мальтодекстрины, зерновые, используемые для получения дистиллятов и алкогольных напитков) | Cereals (containing gluten)   Зерновые культуры (содержащие глютен) | Wheat   Пшеница  | Cereals containing gluten and related processed products   Злаки, содержащие глютен, и продукты их переработки  |
| 2.     | Crustaceans   Ракообразные  | Crustaceans   Ракообразные  | Crustaceans (lobster, crab, shrimp)   Ракообразные (омары, крабы, креветки)                          | Crustaceans and related processed products   Ракообразные и продукты их переработки   |
| 3.     | Fish, with the exception of fish gelatin or fish glue   Рыба, за исключением рыбьего желатина или рыбьего клея  | Fish   Рыба   | Fish (e.g. bass, flounder, cod)   Рыба (напр., басс, камбала, треска)                                | Fish and related processed products (excluding fish gelatin used as a base in preparations containing vitamins and carotenoids)   Рыба и продукты ее переработки (кроме рыбного желатина, используемого в качестве основы в препаратах, содержащих витамины и каротиноиды)        |
| 4.     | Eggs   Яйца   | Eggs   Яйца   | Eggs   Яйца  | Eggs and related processed products   Яйца и продукты их переработки  |
| 5.     | Milk, with the exception of milk used to produce distillates and alcoholic beverages   Молоко, за исключением используемого для получения дистиллятов и алкогольных напитков  | Milk   Молоко   | Milk   Молоко  | Milk and related processed products (including lactose)   Молоко и продукты его переработки (в том числе лактоза)   |
| 6.     | Peanuts   Арахис  | Peanuts   Арахис  | Peanuts   Арахис   | Peanuts and related processed products   Арахис и продукты его переработки  |
| 7.     | Nuts, with the exception of nuts used to produce distillates and alcoholic beverages   Орехи, за исключением используемых для получения дистиллятов и алкогольных напитков  | Groundnuts   Земляной орех  | Tree nuts (e.g. almond, walnuts, pecan)   Древоидные орешники (напр., миндаль, грецкие орехи, пекан) | Nuts and related processed products   Орехи и продукты их переработки   |
| 8.     | Soybeans, with the exception of fully refined oil and fat, tocopherols, phytosterols, esters   Соевые бобы, за исключением полностью рафинированного масла и жира, токоферолов, фитостеролов, сложных эфиров  | Soybeans   Соевые бобы  | Soybeans   Соя   | Soybeans and related processed products   Соя и продукты ее переработки   |
| 9.     | Sesame seeds   Семена кунжута   | Sesame seeds   Семена кунжута                                       |  | Sesame and related processed products   Кунжут и продукты его переработки   |
| 10.    | Sulfur dioxide and sulfites (> 10 mg/kg or 10 mg/L as SO <sub>2</sub> )   Диоксид серы и сульфиты (> 10 мг/кг или 10 мг/л как SO <sub>2</sub> )   | Sulfites   Сульфиты   |  | Sulfur dioxide and sulfites, if their total content is greater than 10 milligrams per kilogram or 10 milligrams per liter based on sulfur dioxide   Диоксид серы и сульфиты, если их общее содержание составляет более 10 мг на 1 кг или 10 мг на 1 л в пересчете на диоксид серы |
| 11.    | Mustard   Горчица   |   |  | Mustard and related processed products   Горчица и продукты ее переработки  |
| 12.    | Lupine   Люпин  |   |  | Lupine and related processed products   Люпин и продукты его переработки  |
| 13.    | Celery   Сельдерей  |   |  | Celery and related processed products   Сельдерей и продукты его переработки  |
| 14.    | Shellfish   Моллюски  |   |  | Shellfish and related processed products   Моллюски и продукты их переработки   |
| 15.    |   |   |  | Aspartame and aspartame-acesulfame salt   Аспартам и аспартам-ацесульфам соль   |
| 16.    |   | Bee pollen   Пчелиная пыльца  |  |   |
| 17.    |   | Propolis   Прополис   |  |   |
| 18.    |   | Royal jelly   Маточное молочко                                      |  |   |

Пищевая аллергия к рыбе и морепродуктам, обусловлена наличием в них саркоплазматических белков — парвальбуминов. Главным аллергеном, содержащимся в большинстве моллюсков является мышечный белок тропомиозин. Считают, что морская рыба более аллергена, чем речная [6]. Большинство антигенных компонентов белков рыбы термостабильны и не разрушаются при кулинарной обработке [4]. Количество рыбы, которое может вызвать аллергическую реакцию исчисляется миллиграммами.

При кулинарной обработке антигенные свойства пищевых продуктов изменяются. Например, в молоке при кипячении аллергенность одних белков теряется, других — увеличивается; аллергенные свойства некоторых видов рыбы при консервировании снижаются; вареные яйца и крутой белок яйца менее аллергены, чем свежее яйцо. Термическая обработка арахиса не снижает его аллергенность, из-за того, что аллерген арахиса практически не разрушается при обработке.

Аллергические реакции могут вызывать не только пищевые продукты, но и пищевые добавки, входящие в состав продукта. При пищевой непереносимости рекомендуется избегать употребление в составе продуктов следующих пищевых добавок: пищевые красители E102, E110, E123, консерванты E 210-227, E 249-252, вкусовые добавки E 621-625, ароматизаторы B550-553 и др. [6, 7, 8]. Например, ароматические добавки в жевательной резинке, глазури, замороженных молочных десертах, леденцах, сосисках, сиропах могут вызывать пищевую непереносимость, которые путают с пищевой аллергией к молочным продуктам, овощам, фруктам. Краситель тартразин, вызывает развитие таких реакций, как затруднение дыхания и кашель, которые ошибочно связывают с аллергией к пищевым продуктам, в состав которых он входит. Консерванты — сорбиновая кислота (E200) могут вызвать кожные реакции, бензойная кислота (E210) — провоцировать приступы удушья, пара-оксибензойной кислоты метиловый эфир (E218) — кожные высыпания и зуд. Потребление пищевых продуктов (сушеных фруктов и овощей, безалкогольных напитков, фруктовых соков, кисломолочных напитков, вина, пива, колбасных изделий и гамбургеров), в составе которых в качестве консервантов используются диоксид серы и сульфиты, часто приводит к неблагоприятным реакциям организма.

Генетическая модификация пищевых продуктов, по мнению некоторых ученых-генетиков, способствует повышению уровня аллергических реакций организма человека. Современные методы выращивания зерновых, бобовых, овощей и многих других видов сельскохозяйственной продукции базируются на использовании трансгенных технологий с целью повышения урожайности, устойчивости к инфекциям и погодным условиям, улучшения хранимостности и т.д., в результате которых в ДНК культуры

Food allergy to fish and seafood is due to the presence of sarcoplasmic proteins, parvalbumins. The main allergen present in most shellfish is the muscle protein tropomyosin. It is believed that marine fish is more allergenic than fish from rivers [6]. Most of the antigenic components of fish proteins are heat-stable and do not degrade when cooked [4]. The amount of fish that may cause an allergic reaction is estimated in milligrams.

Antigenic properties of food products change during cooking. For example, during milk boiling, allergenic capacity of some proteins is lost, and for others it is increased. Allergenic properties of some fish species are reduced during canning. Boiled eggs are less allergenic than fresh ones. Heat treatment of peanuts does not reduce its allergenic capacity due to the fact that the peanut allergen almost does not degrade during processing.

Allergic reactions may be caused not only by food products, but also by food additives in their composition. In food intolerance, it is recommended to avoid consumption of the following food additives in food products: food colorings E102, E110, E123, preservatives E210-227, E249-252, flavor enhancers E621-625, flavorings E550-553, etc. [6, 7, 8]. For example, flavoring additives in chewing gum, icings, frozen milk desserts, candies, sausages, and syrups may cause food intolerance, which is confused with food allergy to dairy products, vegetables, fruits. Tartrazine coloring causes the development of such reactions as dyspnea and cough mistakenly associated with an allergy to food products, in which it is contained. Preservatives: sorbic acid (E200) may cause skin reactions; benzoic acid (E210) provoke asthma attack; para-hydroxybenzoic acid methyl ester (E218) cause skin rashes and itching. Consumption of food products (dried fruits and vegetables, soft drinks, fruit juices, fermented milk, wine, beer, sausages and hamburgers), which use sulfur dioxide and sulfites as preservatives, often leads to adverse reactions.

According to some genetic scientists, the genetic modification of food products contributes to an increase in allergic reactions in human. Modern methods of growing cereals, legumes, vegetables and many other types of agricultural products are based on transgenic technologies to increase yields, resistance to infections and weather conditions, improve storage capacity, etc. As a result, foreign DNA sequences are artificially introduced into the DNA

искусственно вносятся чужеродные аминокислотные последовательности для придания ей заданных свойств [4]. Именно эти изменения приводят к тому, что пищевая продукция, выращенная с помощью генной инженерии, вызывает пищевую непереносимость и аллергические заболевания, особенно у детей.

Аллергия на мясо и мясные изделия наблюдается сравнительно редко. Среди различных видов мясного сырья аллергия на говядину и куриное мясо встречается чаще, чем к остальным видам мяса.

Мясные продукты из свинины, говядины, телятины, баранины, конины, мяса кролика и зайца, гуся, курицы, перепелов, утки, в том числе дикой, говяжьей печени могут вызывать аллергические реакции. Различия в распространенности реакций на тот или иной вид мяса также связаны с географическим преобладанием их употребления в рационе питания и национальными традициями. Описаны неблагоприятные реакции на такие виды мяса млекопитающих, как, например, мясо кенгуру, кита, а также на мясо индейки [4]. Несмотря на это, мясо кролика считается низкоаллергенным мясным сырьем. Мясо индейки также имеет низкий сенсibilизирующий потенциал [9].

Аллергическая реакция может возникать в результате повышенной чувствительности к аллергенам, схожим по своему строению. Это называется перекрестной аллергией. В таблице 2 представлены примеры перекрестной аллергии, когда пища, которая не является аллергенной, вызывает аллергическую реакцию организма при ее потреблении [10].

Бычий сывороточный альбумин, содержащийся в молоке в следовых количествах, перекрестно реагирует с говядиной и телятиной [7].

Эксперты считают возможной перекрестную аллергию пыльцы березы, ольхи или орешника на яблоки (50–60% случаев), фундук (40–60%), персик (20–30%), вишня (10–20%), морковь (10%), соя (10%); а также пыльцы полыни на сельдерей (40%), пряные травы (10%) [2].

of agricultural plant to give it the specified properties [4]. It is these changes that lead to the fact that food products obtained using genetic engineering cause food intolerance and allergic diseases, especially in children.

Allergy to meat and meat products is relatively rare. Among all types of meat, allergy to beef and chicken meat is more common than to other species.

Meat products from pork, beef, veal, mutton, horse, rabbit, goose, chicken, quail, duck (including wild one), and beef liver may cause allergic reactions. Differences in the prevalence of reactions to a particular type of meat are also associated with the geographical predominance of their use in the diet and national traditions. Adverse reactions to mammalian meat, such as kangaroo, whale, and turkey meat are described [4]. However, rabbit meat is considered to be a low-allergy raw meat. Turkey meat also has low sensitizing potential [9].

An allergic reaction may occur as a result of hypersensitivity to allergens similar in structure. This is called polyvalent allergy. Table 2 presents examples of polyvalent allergy when food that is not allergenic causes an allergic reaction when it is consumed [10].

Bovine serum albumin contained in milk in trace amounts cross-reacts with beef and veal meat [7].

Experts consider an allergy to birch, alder or hazel pollen to be polyvalent with apples (50-60% of cases), hazelnuts (40-60%), peach (20-30%), cherry (10-20%), carrots (10%), soybean (10%), as well as wormwood pollen to be polyvalent with celery (40%), spicy herbs (10%) [2].

Table 2. Polyvalent allergy and food cross-reactivity | Таблица 2. Перекрестная аллергия при пищевой реактивности

| Allergenic products  <br>Аллергенные продукты    | Food product   Продукты питания   | Other   Другое  |
|--|---|---|
| Cow's milk  <br>Коровье молоко                   | Milk of other animal species, products containing cow's milk proteins, beef, veal meat and related products   Молоко других видов животных, продукты, содержащие белки коровьего молока, говядина, телятина и мясопродукты из них | Enzyme preparations based on cattle pancreas, cow wool   ферментные препараты на основе поджелудочной железы крупного рогатого скота, шерсть коровы |
| Kefir (kefir yeast)  <br>Кефир (кефирные дрожжи) | Molds, mold cheese, yeast dough, kvass, mushrooms   Плесневые грибы, плесневые сорта сыра, дрожжевое тесто, квас, грибы   | Antibiotics of penicillin type  <br>Антибиотики пенициллинового ряда  |
| Fish   Рыба                                      | River and sea fish, seafood, chicken meat (provided that the chickens were fed with fishmeal)   Речная и морская рыба, морепродукты, куриное мясо (при условии, что кур кормили рыбной мукой)                                     | —   |
| Chicken eggs  <br>Куриные яйца                   | Eggs of other bird species and products containing eggs (e.g. sauces), chicken meat and broth, mayonnaise   Яйца других видов птиц и продукты, содержащие яйца (соусы, крем, майонез), куриное мясо и бульон, майонез             | Feathers of birds, drugs   Перья птиц, лекарственные препараты  |

Шведские ученые из Университета Лунд изучали протеомные профили клубники (*Fragaria ananassa*) с целью выявить биологические изменения экспрессии белков, включая белки-аллергены для выявления риска перекрестной аллергии с пылью березы ([http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia\\_emanuelsson/strawberry\\_allergy\\_proteomics/](http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia_emanuelsson/strawberry_allergy_proteomics/)) [11].

Отмечаются случаи возможной перекрестной аллергии между пищевыми аллергенами и лекарственными средствами животного происхождения. О.А. Субботина и ее коллеги (2014) [12] на основании проводимых в течение трех лет экспериментах получили данные, что пищевые антигены в процессе производства лекарственных средств на основе белка животного происхождения сохраняют свои антигенные свойства, несмотря на промышленную обработку и физико-химическое воздействие в процессе производства, и могут быть причиной перекрестных аллергических реакций у пациентов с пищевой аллергией.

Специалисты, длительное время работавшие над изучением аллергии на мясо, выявили, что основными аллергенами говядины являются термолабильный бычий сывороточный альбумин (Bos d6) и в меньшей степени — мышечные белки (актин, миозин и т.п.) [13]. Другие ученые к этому списку добавляют  $\gamma$ -глобулин [14] и тропомиозин [15].

Исследования больных с аллергией на красное мясо показали, что может развиваться замедленная анафилаксия, опосредованная специфическими IgE к гликопротеину — галактоза-альфа-1,3-галактоза ( $\alpha$ -gal) [13]. Был установлен факт, что началу появления аллергии на красное мясо у взрослых чаще всего предшествовал укус клещей, слюна и кишечник которых содержат  $\alpha$ -gal. Имеется другой факт:  $\alpha$ -gal был обнаружен в противоопухолевом препарате цетуксимаб (в концентрации 10,2 мкг/5 мг), что явилось причиной развития анафилаксии сразу после первой внутривенной инъекции примерно у 20% онкологических больных.

В мясе были обнаружены семь  $\alpha$ -gal-содержащих IgE-связывающих протеинов (М-креатинкиназа, аспаратаминотрансфераза,  $\beta$ -энолаза,  $\alpha$ -энолаза и т. п.), из которых четыре оставались стабильными при обработке [16]. Ламинин  $\gamma$ -1 и коллаген  $\alpha$ -1 говядины являются  $\alpha$ -gal-содержащими аллергенами, что объясняет перекрестную реактивность красного мяса с желатином и продуктами, в состав которых входит желатин: сладости, а также лекарственные капсулы и вакцина. Учеными было выявлено, что IgA кошки (Fel d 5) является аллергеном, который содержит  $\alpha$ -gal. В 1994 г. была впервые описана перекрестная реактивность между альбумином кошки и свиной (синдром «свинина–кошка») [13].

Все новые потенциальные аллергены выявляются по всему миру. При исследовании аллергической ре-

Swedish scientists from the Lund University studied proteomic profiles of strawberry (*Fragaria ananassa*) to detect biological changes in protein expression, including allergen proteins, to identify the risk of polyvalent allergies with birch pollen ([http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia\\_emanuelsson/strawberry\\_allergy\\_proteomics/](http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia_emanuelsson/strawberry_allergy_proteomics/)) [11].

There are cases of possible polyvalent allergies between food allergens and drugs of animal origin. Based on experiments being conducted over three years, O.A. Subbotina et al. (2014) [12] have showed that, in production of drugs based on animal protein, food antigens retain their antigenic properties, despite processing and physicochemical effects during production, and may be the cause of polyvalent allergic reactions in patients with food allergies.

Specialists who worked on meat allergy for a long time have revealed that the main allergens of beef are thermolabile bovine serum albumin (Bos d6) and, to a lesser extent, muscle proteins (actin, myosin, etc.) [13]. Other scientists add  $\gamma$ -globulin [14] and tropomyosin [15] to this list.

Studies of patients with allergy to red meat have shown that delayed anaphylaxis may develop mediated by specific IgE to glycoprotein, galactose-alpha-1,3-galactose ( $\alpha$ -gal) [13]. It was established that the onset of allergy to red meat in adults was often preceded by a bite of mites, the saliva and intestines of which contain  $\alpha$ -gal. The other fact is that  $\alpha$ -gal was found in the antitumor drug cetuximab (in concentration of 10.2  $\mu$ g/5 mg), which led to the development of anaphylaxis immediately after the first intravenous injection in approximately 20% of cancer patients.

Seven  $\alpha$ -gal-containing IgE-binding proteins (M-creatine kinase, aspartate aminotransferase,  $\beta$ -enolase,  $\alpha$ -enolase, etc.) were found in the meat, four of which remained stable during processing [16]. Laminin  $\gamma$ -1 and collagen  $\alpha$ -1 of beef are  $\alpha$ -gal-containing allergens, which explains cross-reactivity of red meat with gelatin and foods that include gelatin: sweets, drugs in capsules and vaccines. Scientists have found that cat's IgA (Fel d 5) is an allergen containing  $\alpha$ -gal. In 1994, cross-reactivity between cat albumin and pork («pork-cat syndrome») was first described [13].

New potential allergens are detected all over the world. In the study of the allergic reaction in human to Hevea



акции смолы гевеи бразильской (*Hevea brasiliensis*) на человека выявлены аллергенные белки: белок теплового шока (80 kDa), протеосомная субъединица (30 kDa), ингибитор протеаз (7,6 kDa) и глицеральдегид-3-фосфат дегидрогеназа (37 kDa), которые ранее не рассматривались как аллергены [17].

### Подходы к производству гипоаллергенных пищевых продуктов

Для решения проблемы профилактики пищевой непереносимости и пищевой аллергии используются следующие подходы:

- формирование рациона, исключающего попадание в организм пищевых аллергенов (элиминация пищевого аллергена);
- коррекция питания за счет использования специализированных продуктов (гипоаллергенных или с низкой аллергенностью, например, на основе белковых гидролизатов);
- формирование диеты, позволяющей обеспечить адекватную колонизацию кишечника пробиотическими бактериями, с целью снижения аллергического воздействия на организм и регуляции иммунного ответа.

При разработке гипоаллергенных продуктов представляет интерес использование методов модификации пищевых аллергенов для снижения аллергенности при сохранении иммуногенности аллергенов [4]:

- изменение в аллергенных IgE-эпитопах, которое создает невозможность IgE-антител распознать аллерген;
- снижение количества выраженного аллергена, что способствует уменьшению IgE-связывания (нет полной безопасности от потребления продукта);
- полное удаление ДНК, кодирующей аллергенный белок, т.е. отсутствие аллергена;
- необходимость учитывать комплементарный эффект выработки аллерген-специфичных антител на другие иммуноглобулины, например IgG [18].

Следует учитывать, что модификации могут быть подвергнуты пищевые аллергены, являющиеся неэссенциальными структурными или функциональными белками, так как их изменения в аллергенной структуре не влияют на функцию белка. Изменения, воздействующие на белковую функцию, способны приводить к летальной мутации [4].

На российском рынке гипоаллергенные продукты и продукты для людей с пищевой непереносимостью практически не производятся.

Для коррекции непереносимости белков молока у взрослых используются продукты на основе соевого белка. Однако недостатками его использования являются негативные изменения функционирования желудочно-кишечного тракта и нарастающая аллергия к белкам сои. Молочные продукты, основанные на

*brasiliensis*, allergenic proteins have been identified: heat shock protein (80 kDa), proteasome subunit (30 kDa), protease inhibitor (7.6 kDa) and glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (37 kDa) that previously was not considered as allergens [17].

### Approaches to hypoallergenic food production

To solve the problem of food intolerance and food allergy prevention, the following approaches are used:

- Following diet that excludes consumption of food allergens (elimination of food allergen);
- Diet correction using specialized products (hypoallergenic or with low allergenic capacity, for example, based on protein hydrolysates);
- Following diet to ensure adequate colonization of the intestines with probiotic bacteria in order to reduce allergic effect and regulate the immune response.

In the development of hypoallergenic products, the use of the methods modifying food allergens to reduce their allergenic capacity while preserving the immunogenicity is of particular interest [4]:

- Changes in allergenic IgE epitopes that make it impossible for IgE antibodies to recognize the allergen;
- Decrease in the amount of allergen, which contributes to reduction of IgE-binding (product consumption is not complete safe);
- Complete removal of DNA encoding the allergenic protein, i.e. absence of allergen;
- The need to take into account the complementary effect of allergen-specific antibodies production on other immunoglobulins, for example IgG [18].

It should be taken into account that only food allergens, which are non-essential structural or functional proteins, must be subjected to modification, since changes in their allergenic structure do not affect protein function. Changes affecting protein function may lead to a lethal mutation [4].

In the Russian market, hypoallergenic products and products for people with food intolerance are almost absent.

To correct food intolerance to milk proteins in adults, products based on soy protein are used. However, the disadvantages of its use are negative changes in the functioning of the gastrointestinal tract and increasing allergy to soy proteins. Dairy products based on the principles of

принципах глубокого гидролиза белков молока, имеют неудовлетворительные органолептические показатели (горький вкус) и высокую стоимость, что ограничивает их производство и потребление [1].

В молочной промышленности, основным направлением получения низкоаллергенных продуктов является производство молочных белковых компонентов (казеиновые и сывороточные гидролизаты), не содержащих в своей основной массе высокомолекулярных белковых фракций.

Наиболее перспективный подход при разработке гипоаллергенных продуктов, по мнению авторов, основан на частичном гидролизе и последующем избирательном фракционировании белков с целевым удалением аллергенных фракций. В традиционные технологии производства продуктов дополнительно вводятся процессы гидролиза, ионного обмена, промышленной хроматографии, каскадной ультрафильтрации, безмембранного осмоса и т.п. Кроме того, авторы отмечают, что снижению аллергенности белков молока могут способствовать регулирование температурных режимов обработки молока, использование определенных штаммов бактерий, потребляющих пептиды с определенной молекулярной массой, и использование ультрафиолетового облучения с целью воздействия на пептиды [1].

Гипоаллергенные продукты на мясной основе отечественной промышленностью практически не выпускаются. Исключение составляют гипоаллергенные мясные продукты прикорма для детей раннего возраста [9, 14, 19, 20].

Организм людей, страдающих пищевой аллергией и пищевой непереносимостью зачастую имеет низкую обеспеченность основными нутриентами, необходимыми для полноценной жизнедеятельности человека. В таких ситуациях мясное сырье является лучшим источником восполнения основных пищевых нутриентов: полноценного белка, витаминов группы В, Е и эссенциальных высокодоступных минеральных элементов.

Одним из принципов создания гипоаллергенных продуктов, является замена мясного сырья с высокой степенью аллергенности на гипоаллергенное. Во ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова разработаны гипоаллергенные консервы из свинины и конины для прикорма детей с 5–7 месяцев, которые показали высокую терапевтическую эффективность при пищевой непереносимости [14].

Аналогичный принцип использовали специалисты Дальневосточного федерального университета при разработке технологии гипоаллергенных мясных паштетов, на основе — конины (не обладает антигенным сродством к белкам коровьего молока и говядины) и баранины (низкое содержание жира, наличие лецитина, минеральных элементов, витаминов группы В, Д, Е, К). В рецептуру мясных паштетов в каче-

ство молока, имеют неудовлетворительные органолептические характеристики (горький вкус) и высокую стоимость, что ограничивает их производство и потребление [1].

В молочной промышленности, основным направлением получения низкоаллергенных продуктов является производство молочных белковых компонентов (казеин и whey гидролизаты) которые почти не содержат высокомолекулярных белковых фракций.

Согласно авторам, наиболее перспективным подходом в разработке гипоаллергенных продуктов является частичный гидролиз и последующее селективное фракционирование белков с целевым удалением аллергенных фракций. В традиционные технологии производства продуктов дополнительно вводятся процессы гидролиза, ионного обмена, промышленной хроматографии, каскадной ультрафильтрации, безмембранного осмоса и т.п. Кроме того, авторы отмечают, что снижению аллергенности белков молока могут способствовать регулирование температурных режимов обработки молока, использование определенных штаммов бактерий, потребляющих пептиды с определенной молекулярной массой, и использование ультрафиолетового облучения с целью воздействия на пептиды [1].

Гипоаллергенные мясные продукты почти не производятся отечественной промышленностью. Исключение составляют гипоаллергенные мясные продукты для дополнительного кормления детей раннего возраста [9, 14, 19, 20].

Организм людей, страдающих пищевой аллергией и пищевой непереносимостью зачастую имеет низкую обеспеченность основными нутриентами, необходимыми для полноценной жизнедеятельности человека. В таких ситуациях мясное сырье является лучшим источником восполнения основных пищевых нутриентов: полноценного белка, витаминов группы В, Е и эссенциальных высокодоступных минеральных элементов.

Одним из принципов создания гипоаллергенных продуктов, является замена мясного сырья с высокой степенью аллергенности на гипоаллергенное. Во ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова разработаны гипоаллергенные консервы из свинины и конины для прикорма детей с 5–7 месяцев, которые показали высокую терапевтическую эффективность при пищевой непереносимости [14].

Аналогичный принцип использовали специалисты Дальневосточного федерального университета при разработке технологии гипоаллергенных мясных паштетов, на основе — конины (не обладает антигенным сродством к белкам коровьего молока и говядины) и баранины (низкое содержание жира, наличие лецитина, минеральных элементов, витаминов группы В, Д, Е, К). В рецептуру мясных паштетов в каче-

стве сорбента введен «Полисорбовит-95» и гипоаллергенный или детоксицирующий ингредиент из группы пищевых волокон — пектин [21].

А.И. Жаринов с коллегами [22] разработали структурно-параметрическую модель гипоаллергенного продукта питания с оценкой адекватности качества, в которой предусматривается замена белков мяса животных и птицы, молочные белки и белки яйцепродуктов на адекватные по составу и биологической ценности белоксодержащие препараты, в частности, соевые белковые препараты. Однако, исследования последних лет показывают, что у детей сенсibilизированных к белкам коровьего молока, развиваются аллергические реакции на соевые смеси [23].

Белорусские ученые [24] представили результаты исследований по разработке алгоритма создания мясных продуктов гипоаллергенной направленности, в котором снижение аллергенности мясных продуктов происходит не только за счет подбора сырья (конина, баранина, говядина паровая, вареная, нежирные сорта свинины (в отварном и тушеном виде), ягнятина, индейка, кролик, субпродукты (печень, почки)), но и технологической обработки (варка, двойное вываривание, замораживание). При различных способах обработки мяса и мясной продукции (высушивание, варка, жарение, замораживание, ферментативный гидролиз) аллергенность снижается.

В белковых гидролизах в ходе протеолиза антигенные участки (эпитопы) разрушаются, поэтому аллергенность белковых гидролизатов уменьшается. Степень снижения аллергенности белковых гидролизатов зависит от типа используемой протеазы. Неспецифичные протеазы или смеси протеаз более эффективно снижают аллергенность белков, чем специфичные. Выявлена зависимость аллергенности от степени гидролиза: чем она выше, тем больше снижается аллергенность [25].

Специалисты ВНИИМП им. В.М. Горбатова и ВНИИ пищевой биотехнологии [14] оценивали грибные и бактериальные ферментные препараты при определении субстратной специфичности по отношению к бычьему сывороточному альбумину — основному животному белку говядины. В результате экспериментов было установлено, что наиболее глубокий гидролиз белковых веществ говядины осуществляет ферментный препарат грибной протеазы, содержащий комплекс пептидаз и протеаз, полученный путем направленной ферментацией селекционного штамма *Aspergillus oryzae*. Этот ферментный препарат позволяет провести биотрансформацию белкового сывороточного альбумина до продуктов, не обладающих аллергенными свойствами (до аминокислот и пептидов низкого молекулярного веса).

and hypoallergenic or detoxifying ingredient from the group of dietary fibers, pectin [21].

A.I. Zharinov et al. [22] developed a structural and parametric model of hypoallergenic food product with an assessment of quality adequacy, which provided for a replacement of animal meat proteins, milk proteins and egg proteins with protein-containing preparations adequate in composition and biological value, in particular, soy protein preparations. However, studies in recent years showed that children sensitized to cow's milk proteins also developed allergic reactions to soy products [23].

Belarusian scientists [24] presented research results concerning development of the algorithm for creating hypoallergenic meat products, in which the reduction in meat products with high allergenic capacity was not only due to the selection of raw materials (horse meat, mutton, steamed or boiled beef, low-fat pork (boiled and stewed), lamb, turkey, rabbit, by-products (liver, kidneys)), but also due to the technological processing (boiling, double boiling, freezing). Allergenic capacity is reduced with various methods of meat and meat products processing (drying, boiling, roasting, freezing, enzymatic hydrolysis).

During proteolysis, antigenic sites (epitopes) in protein hydrolyses degrade, therefore, the allergenic capacity of protein hydrolysates decreases. The degree of allergenic capacity decrease depends on the type of protease used. Nonspecific proteases or protease mixtures reduce allergenic capacity of proteins more effectively than the specific ones. The dependence of allergenic capacity on the degree of hydrolysis is revealed: the higher the degree is, the more the allergenic capacity decreases [25].

Specialists from the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute and the All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology [14] evaluated fungal and bacterial enzyme preparations to determine the substrate specificity for bovine serum albumin, the main protein of beef. As a result of the experiments, it was found that the deepest hydrolysis of beef protein was produced by enzyme preparation of fungal protease containing a complex of peptidases and proteases obtained by fermentation of *Aspergillus oryzae* selective strain. This enzyme preparation allows biotransformation of serum albumin to products with no allergenic properties (to amino acids and peptides of low molecular weight).

Следует отметить, что различные виды обработки, разрушая протеины и модифицируя IgE-связывающие свойства вследствие изменения конформации эпитопов, могут приводить к формированию новых эпитопов, и тем самым — к повышению аллергенности продукта, например, реакции на вареное/жареное мясо одновременно. Нагревание также не всегда разрушает аллергены, а иногда и усиливает их эффект (например, жареный арахис) [4].

Во избежание попадания аллергенов в пищевые продукты в процессе их производства, в институте разработан алгоритм решений для управления аллергенами [26]. Контроль за аллергенами в ходе производственного процесса позволяет сократить риски попадания пищевых аллергенов в готовый продукт, а при неизбежности его нахождения в продукте — информировать потребителя о его нахождении с целью минимизации последствий для здоровья благодаря предупредительной маркировке, которая включает в себя дополнительную информацию о возможности перекрестного загрязнения продукции.

### **Заключение**

Численность людей с пищевой гиперчувствительностью с каждым годом растет. Сегодня пищевая промышленность не может в полной мере удовлетворить потребность в гипоаллергенных и низкоаллергенных пищевых продуктах для этой категории граждан.

Существующие технологии производства гипоаллергенных продуктов основаны на элиминации вещества, вызывающего негативные реакции организма, из состава пищевого продукта, использовании низкоаллергенного сырья, дополнительных методах тепловой обработки, гидролиз ферментативными препаратами до низкомолекулярных продуктов, не обладающих аллергенными свойствами.

Открытия в медицине за последние годы, детализация и классификация пищевой гиперчувствительности требует дальнейших фундаментальных исследований, с привлечением специалистов смежных дисциплин — медиков, биохимиков, диетологов, для разработки современных технологических приемов создания продуктов с заданными свойствами для людей с пищевой гиперчувствительностью (пищевой непереносимостью и пищевой аллергией). Существующие современные протеомные методы исследования позволяют проводить изучение аллергенности белков различных видов мяса, непереносимости пищевых ингредиентов, влияние технологической обработки на степень аллергенности конечного продукта и создавать гипоаллергенные и низкоаллергенные продукты на мясной основе.

It should be noted that various treatments destroying proteins and modifying IgE-binding properties due to changes in the conformation of epitopes may lead to the formation of new epitopes, and thereby to increase in the allergenic capacity of the product, for example, response to boiled/fried meat at the same time. Heat treatment also does not always destroy allergens, and sometimes enhances their effect (for example, roasted peanuts) [4].

In order to avoid the transfer of allergens into food products during their production, the institute developed an algorithm to control allergens [26]. The control of allergens during the production process helps to reduce the risks of food allergen transfer into the finished product. And if the allergen is unavoidable in the product, this approach allows to inform the consumer of its presence in order to minimize health consequences through special labeling that includes additional information on the possibility of product cross contamination.

### **Conclusion**

The number of people with food hypersensitivity grows every year. Today, the food industry cannot fully meet the needs for hypoallergenic and low-allergenic food products for this group of consumers.

Existing technologies for hypoallergenic products are based on the elimination of the allergenic substance, the use of low-allergenic raw materials, additional heat treatment, enzymatic hydrolysis to produce low-molecular products without allergenic properties.

Recent discoveries in medicine, detailing and classification of food hypersensitivity require further researches of physicians, biochemists, nutritionists to develop modern techniques for creating products with specified properties for people with food hypersensitivity (food intolerance and food allergy). Modern proteomic research methods allow to study allergenic capacity of proteins from various types of meat, intolerance of food ingredients, impact of processing on the degree of allergenic capacity of the final product and to create hypoallergenic and low-allergenic meat-based products.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Харитонов, В.Д. К вопросу о перспективных направлениях борьбы с аллергией / В.Д. Харитонов, В.Г. Будрик, Е.Ю. Агаркова, С.Г. Ботина, К.А. Березкина, А.Г. Кручинин, А.Н. Пономарев, Е.И. Мельникова // Техника и технология пищевых производств. — 2012. — Т.4. — № 27. — С. 3–6.
- Seitz, C.S. Food Allergy in Adults: An Over- or Underrated Problem? / C.S. Seitz, P. Pfeuffer, P. Raith, E.-B. Bröcker, A. Trautmann. // Deutsches Ärzteblatt International. — 2008. — V.105(42). — P. 715–23.
- Ревякина, В.А. Фенотипы пищевой аллергии у детей / В.А. Ревякина, И.А. Ларькова, Е.Д. Кувшинова, М.И. Шавкина, В.А. Мухортых // Вопросы питания. — 2016. — Т. 85. — № 1. — С. 75–80.
- Лусс, Л.В. Пищевые аллергены и пищевые добавки: роль в формировании пищевой аллергии и пищевой непереносимости / Л.В. Лусс // Эффективная фармакотерапия. — 2014. — № 33. — С. 12–19.
- Контроль аллергенов. [Электронный ресурс: [http://fsknttraining.org/sites/default/files/russian/09\\_Allergens\\_RUS.pdf](http://fsknttraining.org/sites/default/files/russian/09_Allergens_RUS.pdf) Дата обращения 12.01.2017]
- Лусс, Л.В. Пищевая аллергия и пищевая непереносимость, терминология, классификация, проблемы диагностики и терапии. ФАРМАРУС ПРИНТ. Москва, 2005. [Электронный ресурс: [adventus.info/doc/a796507.php](http://adventus.info/doc/a796507.php) Дата обращения 16.01.2017]
- Причины возникновения аллергических заболеваний [Электронный ресурс: [www.mif-ua.com](http://www.mif-ua.com). Дата обращения 12.01.2017]
- Титова, Н.Д. Пищевые добавки как алиментарные аллергены // Иммунология, алергология, инфектология. — 2008. — № 2. — С. 41–16.
- Турти, Т.В. Возможности использования мясных продуктов прикорма промышленного производства для профилактики аллергии у детей первого года жизни / Т.В. Турти, Т.Э. Боровик, Л.С. Намазова-Баранова, Е.П. Зимина, О.Л. Лукоянова, И.В. Давыдова, М.А. Сновская // Педиатрическая фармакология. — 2013. — Т. 10. — № 4. — С. 106–112. DOI:10.15690/pf.v10i4.761
- Перекрестная аллергия [Электронный ресурс : [ilive.com.ua/Здоровье/perekrestnaya-allergiya...](http://ilive.com.ua/Здоровье/perekrestnaya-allergiya...) Дата обращения 23.01.2017.]
- [Электронный ресурс: [http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia\\_emanuelsson/strawberry\\_allergy\\_proteomics/](http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia_emanuelsson/strawberry_allergy_proteomics/) Дата обращения 23.01.2017]
- Субботина, О.А. Могут ли перекрестные аллергические реакции на пищевые антигены быть причиной рецидивирующего панкреатита у детей с пищевой аллергией? / О.А. Субботина, Н.А. Геппе, Е.А. Примак, О.А. Сурикова, В.П. Орехова // Вопросы питания. — 2014. — Т83. — № 1. — С. 55–60.
- Адаева-Янаева, Х.А. Аллергия на мясо. Клинические случаи / Х.А. Адаева-Янаева, З.А. Муслимова, Д.Ш. Магарадзе // Лечащий врач. — 2015. — № 4. — С. 10.
- Дыдыкин, А.С. Подбор фермента специфичного к бычьему сывороточному альбумину с целью создания гипоаллергенных мясных продуктов детского питания / А.С. Дыдыкин, А.А. Губина, Е.И. Курбатова // Сборник материалов VII Международного научно-практического симпозиума «Перспективные биотехнологические процессы в технологии продуктов питания и кормов». Москва, 09.04.2014. — С. 159–164.
- Restani, P. Meat allergy / P. Restani, C. Ballabio, S. Tripodi, A. Fiocchi // Current opinion in allergy and clinical immunology. — 2009. — V. 9(3). — P. 265–269.
- Apostolovic, D. Immunoproteomics of processed beef proteins reveal novel galactose- $\alpha$ -1,3-galactose-containing allergens. / D. Apostolovic, T. Tran, C. Hamsten, M. Starkhammar, T. Velickovic, M. Hage. // Allergy. — 2014. — V. 69 (10). — P. 1308–1315.
- Boschetti, E. The discovery of low-abundance allergens by proteomics analysis involving combinatorial peptide ligand libraries / E. Boschetti, E. Fasoli, P. G. Righetti. // Jacobs Journal of Allergy and Immunology. — 2015. — V. 2(2). — 015
- Hofmaier, S. Immunoglobulin G in IgE-mediated allergy and allergen-specific immunotherapy / S. Hofmaier, P. Comberiat, P.M. Matricardi // European annals of allergy and clinical immunology. — 2014. — V. 46(1). — P. 6–11.
- Боровик, Т.Э. Возможности первичной профилактики аллергии у детей первого года жизни за счет введения гипоаллергенных продуктов прикорма промышленного выпуска / Т.Э. Боровик, Н.Г. Звонкова, О.Л. Лукоянова, Т.В. Бушуева, Т.Н. Степанова, В.А. Скворцова, И.Н. Захарова, Н.Н. Семенова, Е.К. Кутафина, Е.Л. Семикина, Е.А. Копыльцова, Э.Г. Гемд-

## REFERENCES

- Kharitonov, V.D. Perspective directions of struggle with allergy / V.D. Kharitonov, V.G. Budrik, E.J. Agarkova, S.G. Botina, K.A. Berezkina, A.G. Kruchinin, A.N. Ponomarev, E.I. Melnikova // Food Processing: Techniques and Technology. — 2012. — V. 4. — No. 27. — P. 3–6.
- Seitz, C.S. Food Allergy in Adults: An Over- or Underrated Problem? / C.S. Seitz, P. Pfeuffer, P. Raith, E.-B. Bröcker, A. Trautmann. // Deutsches Ärzteblatt International. — 2008. — V. 105(42). — P. 715–23.
- Revyakina, V.A. Phenotypes of food allergy in children / V.A. Revyakina, I.A. Larkova, E.D. Kuvshinova, M.I. Shavkina, V.A. Mukhortykh // Food Questions. — 2016. — V. 85. — No. 1. — P. 75–80.
- Luss, L.V. Food allergens and food additives: the role in the development of food allergy and food intolerance / L.V. Luss // Effective Pharmacotherapy. — 2014. — No. 33. — P. 12–19.
- Control of allergens. [Electronic source: [http://fsknttraining.org/sites/default/files/russian/09\\_Allergens\\_RUS.pdf](http://fsknttraining.org/sites/default/files/russian/09_Allergens_RUS.pdf) Access date 12.01.2017]
- Luss, L.V. Food allergy and food intolerance, terminology, classification, problems of diagnosis and therapy. FARMARUS PRINT. Moscow, 2005. [Electronic source: [adventus.info/doc/a796507.php](http://adventus.info/doc/a796507.php) Access date 16.01.2017]
- Causes of allergic diseases [Electronic source: [www.mif-ua.com](http://www.mif-ua.com). Access date 12.01.2017]
- Titova, N.D. Food additives as alimentary allergens / N.D. Titova // Immunopathology, allergology, infectology. — 2008. — No. 2. — P. 41–16.
- Turti, T.V. Possibility of using commercial complementary meat products for the prevention of allergies in children during the first year of life / T.V. Turti, T.E. Borovik, L.S. Namazova-Baranova, E.P. Zimina, O.L. Lukoyanova, I.V. Davydova, M.A. Snovskaya // Pediatric pharmacology. — 2013. — V. 10. — No. 4. — P. 106–112. DOI: 10.15690/pf.v10i4.761
- Polyvalent allergy [Electronic source: [ilive.com.ua/Здоровье/perekrestnaya-allergiya...](http://ilive.com.ua/Здоровье/perekrestnaya-allergiya...) Access date 23.01.2017.]
- [Electronic source: [http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia\\_emanuelsson/strawberry\\_allergy\\_proteomics/](http://www.cmps.lu.se/biostruct/people/cecilia_emanuelsson/strawberry_allergy_proteomics/) Access date 23.01.2017.]
- Subbotina, O.A. Can allergic cross-reactions to food antigens be the cause of recurrent pancreatitis in children with food allergies? / O.A. Subbotina, N.A. Geppe, E.A. Primak, O.A. Surikova, V.P. Orekhova. // Food Questions. — 2014. — V. 83. — No. 1. — P. 55–60.
- Adaeva-Yanaeva, H.A. Allergy to meat. Clinical cases / H.A. Adaeva-Yanaeva, Z.A. Muslimov, D.S. Magaradze // The attending physician. — 2015. — No. 4. — P. 10.
- Dydykin A.S. Selection of enzyme specific for bovine serum albumin in order to create hypoallergenic meat products for baby food / A.S. Dydykin, A.A. Gubina, E.I. Kurbatova // Collected materials of the VII International Scientific and Practical Symposium “Promising biotechnological processes in food and feed technology”. Moscow, 04/09/2014. — P. 159–164.
- Restani, P. Meat allergy / P. Restani, C. Ballabio, S. Tripodi, A. Fiocchi // Current opinion in allergy and clinical immunology. — 2009. — V. 9(3). — P. 265–269.
- Apostolovic, D. Immunoproteomics of processed beef proteins reveal novel galactose- $\alpha$ -1,3-galactose-containing allergens. / D. Apostolovic, T. Tran, C. Hamsten, M. Starkhammar, T. Velickovic, M. Hage. // Allergy. — 2014. — V. 69 (10). — P. 1308–1315.
- Boschetti, E. The discovery of low-abundance allergens by proteomics analysis involving combinatorial peptide ligand libraries / E. Boschetti, E. Fasoli, P. G. Righetti. // Jacobs Journal of Allergy and Immunology. — 2015. — V. 2(2). — 015
- Hofmaier, S. Immunoglobulin G in IgE-mediated allergy and allergen-specific immunotherapy / S. Hofmaier, P. Comberiat, P.M. Matricardi // European annals of allergy and clinical immunology. — 2014. — V. 46(1). — P. 6–11.
- Borovik, T.E. Possibility for primary prevention of allergy in infants due to the introduction of hypoallergenic commercial complementary food products / T.E. Borovik, N.G. Zvonkova, O.L. Lukoyanova, T.V. Bushueva, T.N. Stepanova, V.A. Skvortsova, I.N. Zaharova, N.N. Semenova, E.K. Kutafina, E.L. Semikina, E.A. Kopyltsova, E.G. Gemdzhian // Russian Allergology Journal. — 2015. — No. 5. — P. 68–75.
- Ustinova, A.V. Use of rabbit meat in the nutrition of young children / A.V. Ustinova, O.K. Derevitskaya, M.A. Kretov // Vse o myase. — 2006. — No. 4. — P. 18–20.
- Lyakh, V.A. Development and evaluation of consumer properties of hypoallergenic meat pastes / V.A. Lyakh, L.N. Fedyanina,

жян // Российский аллергологический журнал. — 2015. — № 5. — С. 68–75.  
 20. Устинова, А.В. Использование мяса кроликов в питании детей раннего возраста/ А.В.Устинова, О.К.Деревицкая, М.А. Кретов // Все о мясе. — 2006. — № 4. — С. 18–20.  
 21. Лях, В.А. Формирование и оценка потребительских свойств паштетов из гипоаллергенного сырья / В.А. Лях, Л.Н.Федянина, Е.С. Смертина // Техника и технология пищевых производств. — 2016. — Т. 40. — № 1. — С. 32–38  
 22. Жаринов, А.И. Структурно-параметрическая модель гипоаллергенного продукта питания с оценкой адекватности и качества / А.И. Жаринов, Ю.И. Куликов, М.А. Никитина, М.Ю. Попова, Ю.В. Железная // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. — 2006. — № 5. — С. 55–60.  
 23. Субботина, О.А. Аллергические реакции на крупы у детей с атопией/ О.А. Субботина, Н.А. Геппе, Е.А. Примаков, В.П. Орехова // Вопросы питания. — 2013. — Т. 82. — № 4. — С. 34–38.  
 24. Калтович И.В., Дымар О.В. Алгоритм создания новых видов мясных продуктов иммуномодулирующей направленности. Теория и практика переработки мяса. 2016;1(4):28-42. DOI:10.21323/2414-438X-2016-1-4-28-42  
 25. Дамодаран Ш., Паркин К.Л., Феннема О. Химия пищевых продуктов. / Пер. с англ. — СПб.: Профессия. — 2012. — С. 1009.  
 26. Юрчак, З.А. Предотвращение и минимизация перекрестной контаминации продукции пищевыми аллергенами/ З.А. Юрчак, О.А. Кузнецова, Д. Старчикова // Все о мясе. — 2015. — № 5. — С. 19–21.

E.S. Smertina // Food Processing: Techniques and Technology. — 2016. — V. 40. — No. 1. — P. 32–38.  
 22. Zharinov, A.I. Structural and parametric model of hypoallergenic food product and assessment of adequacy and quality / A.I. Zharinov, Y.I. Kulikov, M.A. Nikitina, M.Y. Popova, Y.V. Zheleznaya // Bulletin of the North-Caucasian Federal University. — 2006. — No. 5 — P. 55–60.  
 23. Subbotina, O.A. Allergic reactions to cereals in children with atopy / O.A. Subbotina, N.A. Geppe, E.A. Primakov, V.P. Orekhova // Food Questions. — 2013. — V. 82. — No. 4. — P. 34–38.  
 24. Kaltovich I.V., Dymar O.V. Algorithm for creating new types of immunomodulating meat products. Theory and practice of meat processing. 2016;1(4):28-42. DOI: 10.21323/2414-438X-2016-1-4-28-42  
 25. Damodaran Sh., Parkin KL, Fennema O. Chemistry of food products. / In Russian. — SPb.: The profession. — 2012. — P. 1009.  
 26. Yurchak, Z.A. Prevention and minimization of food cross-contamination with allergens / Z.A. Yurchak, O.A. Kuznetsova, D. Starchikova // Vse o myase. — 2015. — No. 5. — P. 19–21.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

##### Принадлежность к организации

**Лисицын Андрей Борисович** — доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова.  
 109316, Москва, ул. Талалихина, 26  
 Тел.: раб. +7-495-676-95-11  
 E-mail: info@vniimp.ru

**Чернуха Ирина Михайловна** — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ведущий научный сотрудник Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова  
 109316, Москва, ул. Талалихина, 26  
 Тел.: раб. +7-495-676-97-18  
 E-mail: imcher@inbox.ru

**Лунина Ольга Ивановна** — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела международных отношений, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова  
 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26  
 Тел.: раб. +7-495-676-97-18  
 E-mail: lunina06@inbox.ru

##### Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.

##### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 28.03.2017

#### AUTHOR INFORMATION

##### Affiliation

**Lisitsyn Andrey Borisovich** — doctor of technical sciences, professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute  
 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
 Tel: +7-495-676-95-11  
 E-mail: info@vniimp.ru

**Chernukha Irina Mihailovna** — doctor of technical sciences, professor, corresponding member to the Russian Academy of Sciences, leading research scientist of Experimental clinic — laboratory «Biologically active substances of an animal origin», The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute  
 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
 Tel: +7-495- 676-97-18  
 E-mail: imcher@inbox.ru

**Lunina Olga Ivanovna** — candidate of technical sciences, senior research scientist, Department of international scientific and technical cooperation, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute  
 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
 Tel: +7-495- 676-97-18  
 E-mail: lunina06@inbox.ru

##### Contribution

The authors equally contributed to the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism.

##### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 28.03.2017