

# ALTERNATIVE METHODS OF TECHNOLOGICAL PROCESSING TO REDUCE SALT IN MEAT PRODUCTS

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СОЛИ В МЯСНЫХ ПРОДУКТАХ

Tunieva E.K., Gorbunova N.A.

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

**Ключевые слова:** консервы, пастеризация, белок, деструкция.

**Keywords:** sodium chloride, crystal size, high pressure, salty taste.

### Аннотация

Мировые тенденции снижения поваренной соли в мясной продукции предполагают использование различных способов сохранения вкуса и консистенции готовой продукции, а также пролонгирование сроков годности. Существует несколько подходов к снижению хлорида натрия в мясной продукции. В статье представлен обзор зарубежных работ, свидетельствующих о возможности сохранения качества традиционных мясных продуктов с пониженным содержанием соли. Исследования в области восприятия соленого вкуса позволили установить, что уменьшения размера кристаллов соли до 20 мкм позволяет сократить количество вносимой поваренной соли за счет увеличения интенсивности соленого вкуса пищевых продуктов. В качестве еще одного подхода к снижению хлорида натрия в пищевых продуктах интерес представляет изучение совместимости различных направлений вкуса. Использование двухфазной эмульсии вода-в масле-в воде позволяет контролировать высвобождение инкапсулированных ингредиентов (соли), что позволяет усилить соленый вкус. Еще одним альтернативным способом технологической обработки мясного сырья для сокращения уровня поваренной соли в мясной продукции является применение высокого давления. Данный метод обладает целым рядом преимуществ, и позволяет не только увеличить интенсивность соленого вкуса, но и обеспечивает формирование стабильной эмульсии, повышает влагосвязывающую способность фарша и увеличивает сроки годности готового продукта.

### Abstract

The world trends in table salt reduction in meat products contemplate the use of different methods for preservation of taste and consistency in finished products as well as shelf life prolongation. There are several approaches to a sodium chloride reduction in meat products. The paper presents a review of the foreign studies that give evidence of the possibility to maintain quality of traditional meat products produced with the reduced salt content. The studies in the field of salty taste perception established that a decrease in a salt crystal size to 20  $\mu\text{m}$  enabled reducing an amount of added table salt due to an increase in the salty taste intensity in food products. Investigation of the compatibility of different taste directions is also interesting as one of the approaches to a sodium chloride reduction in food products. The use of water-in-oil-in-water (w/o/w) double emulsions allows controlling a release of encapsulated ingredients (salt), which enables enhancement of salty taste. The other alternative method of technological processing of meat raw material for reducing salt in meat products is the use of high pressure processing. This method has several advantages and allows not only an increase in the salty taste intensity, but also formation of a stable emulsion, an increase in water binding capacity of minced meat and extension of shelf-life.

### Введение

Многофункциональность поваренной соли, включая придание соленого вкуса, формирование консистенции и бактериостатическое действие делает ее незаменимым компонентом мясной продукции. Однако доказанная взаимосвязь между избыточным потреблением натрия, основным источником которого является поваренная соль, и развитием сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонии и инсультов [1], ставит задачу снижения поваренной соли в пищевой продукции. Установлено, что снижение потребления населением натрия на 15% позволит сократить смертность от сердечно-сосудистых заболеваний у 8,5 млн человек через 10 лет [2].

В развитых странах (США, Бельгия, Япония и др.) эта проблема решается на государственном уровне. В России увеличение с каждым годом уровня потре-

### Introduction

Multiple functions of table salt, including the impartment of salty taste, formation of consistency and bacteriostatic action, make it an irreplaceable component of meat products. However, a proved relationship between an excessive consumption of sodium, the main source of which is table salt, and the development of the cardiovascular diseases, hypertension and stroke [1] sets a task of table salt reduction in food products. It was established that a 15% decrease in sodium consumption by population would enable reducing mortality caused by cardiovascular diseases in 8.5 million people over ten years [2].

In the developed countries (USA, Belgium, Japan and others), this problem has been solving at the state level. In Russia, an annual increase in the level of meat product

бления мясных продуктов влечет за собой повышение доли поваренной соли, поступающей в организм с пищей.

Так, технологическая переработка мяса, в котором изначально содержание натрия составляет 63–77 мг/на 100 г продукта, приводит к значительному повышению натрия в мясных продуктах: минимальное значение 311 мг/на 100 г и максимальное — 1030 мг/на 100 г соответственно.

Сокращение хлорида натрия в мясных продуктах является технически сложной задачей, поскольку требует сохранения желаемых функционально-технологических свойств: соленый вкус, увеличение растворимости мышечных белков и повышение влагосвязывающей способности, снижение роста микроорганизмов, которые в целом ряде случаев могут быть обеспечены применением других ингредиентов и технологических приемов, выполняющих аналогичные функции.

Наиболее простой подход к уменьшению содержания соли заключается в поэтапном постепенном снижении ее дозировки на 5–10 % до тех пор, пока органолептическая оценка не покажет ухудшения вкуса продукта.

Развитие альтернативных технологий снижения поваренной соли в мясных продуктах осуществляется различными способами, включающими уменьшение количества добавляемой поваренной соли; использование солезаменителей; замену части соли на бесхлоридные соли, например, фосфаты; использование ароматизаторов, усилителей вкуса; добавлением в рецептуру специй, пряностей, применением высокого гидростатического давления, комбинированием указанных методов.

#### *Снижение содержания соли в течение длительного периода времени*

Наиболее простым методом снижения количества соли является, так называемая, технология «снижения стелс» («reduction by stealth»), заключающаяся в постепенном снижении содержания соли в пищевых продуктах в течение длительного периода времени. При этом потребители ожидают получить продукты с меньшим содержанием соли, которые должны сохранять традиционный вкус и внешний вид и быть полезнее из-за сокращения содержания в нем натрия. Считается, что небольшое постепенное уменьшение содержания соли в течение длительного периода времени, позволяет потребителям, не ощущать изменений органолептических характеристик продуктов, а также способствует изменению чувствительности потребителя к солёности продукта. Минимальная продолжительность реализации этой технологии составляет не менее одного года.

Данный метод начал применяться в пищевых технологиях за рубежом с 1998 года. Так, снижение со-

consumption leads to a growth in a table salt proportion that enters the human body with food.

For example, technological processing of meat with the initial sodium content of 63–77 mg/100g of a product leads to a significant increase in sodium in meat products: the minimal level is 311 mg/100g and maximal level is 1030 mg/100g, respectively.

A sodium chloride reduction in meat products is a technically difficult task as it is necessary to maintain desired functional and technological characteristics: salty taste, an increase in muscle protein solubility and an increase in water binding capacity, a decrease in a microbial growth, which in many cases can be provided by using other ingredients and technological means with similar functions.

The simplest approach to reducing the salt content is a stage-wise gradual decrease in its doses by 5–10 % until the point when an organoleptic assessment will show product taste deterioration.

The development of alternative technologies of a table salt reduction in meat products is carried out by different methods, including a decrease in the quantity of added table salt; the use of salt replacers, partial salt replacement with chloride-free salts, for example, phosphates; use of flavoring agents; addition of spices into a recipe, use of high hydrostatic pressure and combination of the indicated methods.

#### *Reduction of salt over a long period of time*

The simplest method of salt reduction is, the so-called, technology of reduction by stealth that consists in a gradual reduction of the salt content in food products over a long period of time. With that, consumers expect obtaining products with less salt content which would retain the traditional taste and appearance and be healthier due to a sodium content reduction. It is considered that a low gradual reduction in the salt content over a long period of time will allow consumers not to sense changes in product organoleptic characteristics and facilitate changes in consumers' sensitivity to product saltiness. The minimal duration of this technology realization is not less than a year.

This method has begun to be used in food technologies abroad since 1998. For example, a reduction of the salt

держание соли, используя метод «стелс», в продуктах фирмы Heinz позволило уменьшить содержание соли на: 40 % в консервированной фасоли, 38 % — в майонезе, 29 % — в томатном кетчупе [3]. Для мясных продуктов данный метод еще не использовался.

#### *Промышленные композиции солезаменителей*

Наиболее широко в научной литературе освещены результаты исследований, направленных на изучение влияния частичной замены поваренной соли на хлориды калия, кальция, реже хлорид магния, аммония в технологии мясных продуктов и оценку их действия на функционально-технологические и качественные показатели и безопасность мясной продукции, изготовленной с их использованием [4], а также возможности применения других солезаменителей, например, композиции из лизина и янтарной кислоты, имеющей солоноватый вкус и определенные противомикробные и антиоксидантные свойства, и которая может быть использована как заменитель до 75 % поваренной соли.

Данные многолетних исследований в области разработки композиций, позволяющих сократить дозировку хлорида натрия в пищевых продуктах, уже дали свои результаты в виде коммерческих препаратов солезаменителей. Так, компанией «AkzoNobel» разработана композиция на основе хлорида калия, с добавлением вкусоароматических экстрактов и ароматизаторов для смягчения горького привкуса. Стоит отметить, что предложенная технология получения солезаменителей представляет собой не механическое смешивание отдельных ингредиентов, а производство гранул с равномерным распределением всех составных компонентов, что препятствует расслаиванию смеси в процессе транспортирования и хранения. В качестве таких препаратов фирмой «AkzoNobel» представлены солезаменители марки Suprasel, представляющие собой смесь хлорида натрия, хлорида калия и вкусоароматических ингредиентов. При использовании Suprasel взамен поваренной соли в равном количестве, содержание хлорида натрия в продукте снижается на 35–40 %.

Известны коммерческие препараты соли с пониженным содержанием натрия — Diasal, Co-Salt, Adolph's Salt Substitute, Morton Salt Substitute и др.

#### *Восприятие соленого вкуса и усилители вкуса*

Важной задачей при сокращении содержания хлорида натрия в мясных продуктах является сохранение их традиционного соленого вкуса.

Известно, что использование компонентов с разными вкусовыми направлениями позволяет усиливать или подавлять интенсивность вкуса [5]. Например, кислый и соленый вкус симметрично влияют на интенсивность друг друга, усиливая при низких концентрациях и подавляя при высоких интенсивностях/концентрациях [6]. Горечь подавляется в присутствии

content using the stealth method in the products of Heinz company allowed reducing the salt content in canned kidney beans by 40 %, in mayonnaise by 38 %, 29 % in tomato ketchup by 29 % [3]. This method has not yet been used for meat products.

#### *Commercial compositions of salt substitutes*

In the scientific literature, the results of the research aimed at studying an effect of partial table salt replacement with potassium and calcium chlorides in the meat product technology and an assessment of their effect on the functional and technological properties, qualitative indicators and safety of meat products manufactured with their use are the most broadly covered [4]. Less often, the studies are concerned with the use of magnesium and ammonium chlorides as well as the use of other salt substitutes; for example, a composition of lysine and succinic acid, which has a salty taste and certain antimicrobial and antioxidant properties and can be used as a replacer of up to 75 % of table salt.

The data of long-term research in the field of developing compositions that allow reducing a sodium chloride dose in food products have already given their results in the form of commercial preparations of salt substitutes. For example, AkzoNobel has developed a composition based on potassium chloride with addition of flavoring extracts and flavoring agents to mask the bitter aftertaste. It is necessary to note that the proposed technology for salt substitute production is not mechanical mixing of separate components, but production of grains with the homogeneous distribution of all constituents, which prevents de-mixing in the process of transportation and storage. AkzoNobel presents the salt replacer Suprasel, which is a mixture of sodium chloride, potassium chloride and flavor-enhancing ingredients. When using Suprasel instead of table salt in an equal amount, the sodium chloride in a product is reduced by 35–40 %.

The commercial preparations of Diasal, Co-Salt, Adolph's Salt Substitute, Morton Salt Substitute and others are available.

#### *Perception of salty taste and flavor enhancers*

An important task in a sodium chloride reduction in meat products is maintaining their traditional salty taste.

It is known that the use of components with different taste directions allows enhancing or suppressing the taste intensity [5]. For example, sour or salty taste symmetrically influences the intensity of each other enhancing at low concentrations and suppressing at high intensities/concentrations [6]. Bitterness is suppressed in the presence of so-



натрия при любой концентрации, в то время как соленый вкус менее подвержен горечи. Сладость подавляет соленый вкус [7]. При этом вкусовые ощущения воспринимаются с различной скоростью, и наиболее быстро возникает ощущение соленого вкуса.

Известно, что хлорид натрия диссоциирует на ионы натрия и хлора, которые придают соленый вкус. В настоящее время установлено, что, в первую очередь, за соленый вкус отвечает ион натрия, в то время как ион хлора играет модулирующую роль [8]. Восприятие соленого вкуса начинается, когда натрий, присутствующий в продукте активирует эпителиальные натриевые каналы (epithelial sodium channels) (ENaCs) на вкусовых рецепторах и афферентный сигнал отправляется в область мозга, отвечающую за восприятие вкуса. Определение солености происходит, когда концентрация натрия достаточно высока не только для того чтобы активировать вкусовые рецепторы, но также для производства электрических импульсов, которые могут быть проведены через сенсорные нейроны в мозг, где они декодируются, позволяя оценить вкусовые характеристики. Это известно как порог распознавания [2].

Использование некоторых усилителей вкуса, таких как глутамат натрия, инозинат натрия, экстракт дрожжей, гидролизованный растительный белок позволяет усилить соленый вкус и сократить содержание натрия в готовом продукте [9]. McGough и соавт. объясняют эффект «солености», придаваемый усилителями вкуса за счет активации рецепторами вкуса умами [10]. Однако, молекулярные и клеточные механизмы, лежащие в основе восприятия вкуса соли не полностью изучены, что усложняет поиск оптимальных компонентов, позволяющих усилить соленый вкус.

#### *Оптимизация размеров и формы соли, как способ снижения ее содержания*

Восприятие соленого вкуса также связано с формой и размерами кристаллов соли [4–6, 9].

По данным Rama и соавт., размер кристаллов соли имеет основополагающее значение, так как чем меньше кристаллы соли, тем легче она проникает в продукт, что приводит к увеличению восприятия соленого вкуса. Считается, что восприятие соленого вкуса происходит из-за растворимости хлорида натрия в полости рта, что приводит к увеличению восприятия ее вкуса [6]. Исследования Kilcast и соавт. подтверждают, что чем меньше размер частиц, тем быстрее скорость растворения и, следовательно, выше уровень и интенсивность восприятия соли [9].

Сохранение интенсивности соленого вкуса возможно при использовании инкапсулированной соли, что позволяет уменьшить ее содержание в продукте до 50 % [11], однако при использовании инкапсулированной соли также целесообразно использовать более мелкие кристаллы.

dium in any concentration, while salty taste is less affected by bitterness. Sweetness suppresses salty taste [7]. With that, taste sensations are perceived with different rate and sensations of salty taste appear most rapidly.

It is known that sodium chloride is dissociated on the sodium and chloride ions, which imparts the salty taste [5]. At present, it is established that the sodium ion is mainly responsible for salty taste, while the chloride ion plays a modulating role [8]. Perception of salty taste begins when sodium present in a product activates the epithelial sodium channels (ENaCs) on taste receptors and the afferent signal is sent to the brain area that is responsible for taste perception. Detection of saltiness takes place when the sodium concentration is high enough not only for activation of taste receptors but also for generation of electric impulses that can be transmitted through the sensory neurons to the brain, where they are decoded enabling evaluation of taste characteristics. This is known as the detection threshold [2].

The use of several flavor enhancers such as sodium glutamate, sodium inosinate, yeast extracts, hydrolyzed plant protein allows enhancing salty taste and reducing the sodium content in a finished product [9]. McGough et al. explain that an effect of saltiness imparted by flavor enhancers is conditioned by the activation of umami flavor by receptors [10]. However, the molecular and cellular mechanisms underlying the perception of salty taste are not fully studied which makes it more difficult to find optimal components that can enhance salty taste.

#### *Optimization of a salt size and shape as a method for reducing its content*

Salty taste perception is also associated with the salt crystal size and shape [4–6, 9].

According to the data of Rama et al., the salt crystal size is of utmost importance as the smaller salt crystals, the easier it penetrates the product, which leads to an increase in salty taste perception. It is considered that salty taste perception takes place due to sodium chloride solubility in the oral cavity, which leads to an increase in perception of its taste [6]. Kilcast et al. confirm that the less the particle size, the higher the rate of its dissolution and, consequently, the higher the level and intensity of salt perception [9].

Is it possible to maintain the salty taste intensity when using encapsulated salt, which allows reducing its amount in a product up to 50 % [11]; however, when using encapsulated salt it is also expedient to use smaller crystals.

В последние годы такие компании, как «Мортон» и «Каргилл» оптимизировали физическую форму кристаллов поваренной соли для того, чтобы сделать их более растворимыми [4]. J. Johnson и соавт. запатентовали композицию, обеспечивающую снижение соли, состоящую из частиц морской соли размером до 20 мкм и ароматизаторов [12]. По мнению Liem и соавт. использование данного способа позволит снизить содержание соли в мясной продукции без уменьшения соленого вкуса [2].

Исследования показали, что использование чешуйчатой соли (flake salt) (соль в виде тонких хлопьев) может быть способом снижения содержания соли в мясных продуктах [4]. Ее применение более функционально, она быстрее растворяется и обеспечивает увеличение pH, повышение растворимости белков и выхода готовой продукции. Наиболее целесообразно ее использование при производстве мясной продукции, в рецептуру которой не входит вода, например, — для сыровяленной.

Компания MortonSalt описывает свою разработку — дендритную соль StarFlake как «гибрид», в котором скомбинированы наиболее полезные свойства кристаллической и чешуйчатой соли. Разветвленные или «звездчатые» кристаллы такой соли обладают низкой плотностью, высокой удельной поверхностью, высокой скоростью растворения и, что особенно подчеркивается, макропористостью. Такая форма соли, по утверждению компании может быть использования для снижения уровня NaCl в мясных продуктах [4].

***Обработка с использованием  
высокого гидростатического давления  
и оценка возможности использования  
нетрадиционных методов при посоле***

Еще одним методом снижения содержания соли в мясных продуктах является применение альтернативных методов технологической обработки мясного сырья. Рядом зарубежных исследователей доказана перспективность использования технологии обработки мясного сырья высоким гидростатическим давлением для снижения хлорида натрия в готовом продукте. Обработки под высоким давлением — это тепловой метод сохранения продукции, который инактивирует вегетативные формы патогенных микроорганизмов с помощью давления, а не температуры. Для этого используют давление около 400–600 МПа и умеренные температуры процесса (<45 °C), что позволяет обеспечить минимальное воздействие на вкус, консистенцию, внешний вид и пищевую ценность [13, 14]. Данный эффект достигается в результате изменения функциональных свойств белков, таких как поглощение и удержание воды, улучшение эмульгирующей способности и растворимости миофибриллярных белков [15]. Предполагается, что воздействие высоким

In recent years, such companies as Morton and Cargill have optimized the physical shape of table salt crystals to make them more soluble [4]. J. Johnson et al. patented a composition that ensures a table salt reduction and consists in the particles of sea salt with a size of up to 20 μm and flavoring agents [12]. According to Liem et al., the use of this method will allow lowering the salt content in meat products without reducing salty taste [2].

The studies showed that the use of flake salt (salt in the form of thin flakes) can be a method for lowering the salt content in meat products [4]. Its use is more functional, it is dissolved faster and provides an increase in pH, protein solubility and finished product yield. It is most expedient to use it in production of meat products, which recipes do not contain water, for example, for air dried products.

Morton Salt Company describes its product, dendritic salt Star Flake, as a hybrid, which combines the most beneficial properties of crystal and flake salt. The branched or «star» crystals of this salt have low density, high specific surface, high rate of dissolution and, which is especially emphasized, macro-porosity. According to the statement of the company, this form of salt can be used for reducing the NaCl level in meat products [4].

***Processing using high hydrostatic  
pressure and assessment of the possibility  
to use non-traditional methods in curing***

The other method for reducing salt in meat products is the use of alternative methods for technological processing of meat raw material. Several foreign researchers proved the potential of using the technology of meat raw material processing with high hydrostatic pressure to reduce sodium chloride in a finished product. High pressure processing is a thermal method of product preservation, which inactivates the vegetative forms of pathogenic microorganisms by pressure and not by temperature. To this end, a pressure of 400–600 MPa and moderate process temperatures (<45 °C) are used, which ensures a minimal impact on taste, consistency, appearance and nutritive value [13, 14]. This effect is achieved as a result of changes in the protein functional properties, such as water absorption and retention, an improvement in emulsifying capacity and myofibrillar protein solubility [15]. It is suggested that an exposure to high pressure has an effect similar to that

давлением оказывает действие подобное действию соли на солубилизацию миофибриллярных белков путем изменения пространственной структуры белков и способствует образованию гелей миофибриллярных белков при низкой концентрации соли (1,2%), что перспективно для снижения соли в мясных продуктах [16]. Кроме того, в некоторых исследованиях отмечено, что обработка высоким давлением усиливает восприятие солености мясных продуктов [17]. Обработка высоким давлением обладает отличным потенциалом в качестве дополнительной технологии, чтобы увеличить срок годности мясной продукции с пониженным содержанием соли. O'Flynn и соавт. сравнили эффект воздействия высоко давления до 150 МПа на колбасы из свинины с разным содержанием соли (0,5, 1,0, 1,5, 2,0, и 2,5%). Снижение содержания поваренной соли менее 1,5% оказывало негативное влияние на цвет и консистенцию продукта. Тем не менее, полученные результаты свидетельствуют, что обработка при 150 МПа имеет перспективы для производства сосисок, при условии концентрации соли не менее 2% [18].

Развитие направления использования высокого давления для изготовления мясной продукции с пониженным содержанием хлорида натрия предполагает изучение многофакторного процесса, учитывающего несколько параметров: давление, температура продолжительность, а также дозировка соли и других ингредиентов, влияющих на функциональные свойства мясных продуктов [19, 20]. Исследования, проведенные Villamonte и соавт. установили положительное влияние высокого давления на влагосвязывающую способность, что предполагает возможность снижения не только содержания поваренной соли, но и пищевых фосфатов. Так, Declan J. Troy и соавт. оценивали эффективность использования высокого давления для снижения уровня соли и фосфатов в сосисках для завтрака. Исследователями установлено, что обработка сырого мясного фарша давлением 50, 150 и 300 МПа позволила уменьшить содержание соли в сосисках с 2,5% до 1,5% и фосфатов с 0,5% до 0,25% без ухудшения качества продукта и его микробиологической безопасности, с одновременным снижением потерь при термообработке и увеличением выхода. Обработка под давлением 150 МПа обеспечила максимальную стабильность фаршевой эмульсии, наилучшие показатели влагосвязывающей способности, сочности, консистенции и др. без ухудшения цветовых и вкусовых характеристик, что связано с улучшением функциональных свойств мышечных белков в результате повышения растворимости определённых миофибриллярных белков и улучшения связывания между частицами мяса в мясных продуктах эмульсионного типа [20].

Clariana и соавт. исследовали влияние высокого давления на сыровяленые продукты из мяса и установили, что выраженность соленого вкуса увеличи-

of salt on of myofibrillar protein solubilization by changing the protein spatial structure and favors myofibrillar protein gelation at the low salt concentration (1.2%), which is promising for reducing salt in meat products [16]. In addition, several studies found that high pressure processing enhances the perception of saltiness in meat products [17]. High pressure processing has an excellent potential as an additional technology to extend shelf-life of products with the reduced salt content. O'Flynn et al. compared an effect of pressure (up to 150 MPa) on pork sausages with different salt content (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 2.5%). A reduction in the table salt content less than 1.5% had a negative impact on product color and consistency. Nevertheless, the obtained results suggest that processing at 150 MPa is promising for frankfurter production provided that the salt concentrations is not less than 2% [18].

The development of the direction of using high pressure for manufacturing meat products with reduced salt content involves the study of a multifactorial process that takes into consideration several parameters: pressure, temperature, duration and doses of salt and other ingredients influencing functional properties of meat products [19, 20].

Villamonte et al. established a positive effect of high pressure on water binding capacity, which suggests a possibility to reduce not only the table salt content but also food-grade phosphates. Declan J. Troy et al. assessed the effectiveness of using high pressure for reducing the salt and phosphate levels in frankfurters. The researchers established that high pressure (50, 150 and 300 MPa) processing of raw minced meat made it possible to reduce the salt and phosphate content in frankfurters from 2.5% to 1.5% and from 0.5% to 0.25%, respectively, without impairing product quality and microbiological safety with a simultaneous decrease in cook losses and yield increase. Processing with 150 MPa pressure ensured maximal emulsion stability, the best values of the water binding capacity, juiciness, consistency and so on without deteriorating color and flavor characteristics, which was associated with an improvement in functional properties of muscle proteins as a result of an increase in solubility of certain myofibrillar proteins, as well as an improvement in binding between meat particles in emulsified meat products [20].

Clariana et al. studied an effect of high pressure on dry-cured meat products and established that the intensity of salty taste increased as a result of high pressure



валась в результате применения высокого давления (более 500 МПа). На основании этого, было высказано предположение, что высокое давление изменяет взаимодействие между ионами натрия и белками, высвобождая ионы натрия и повышая их доступность для вкусовых рецепторов. В соответствии с проведенными исследованиями высокое давление способно обеспечить естественное увеличение «солености», тем самым являясь альтернативой для снижения содержания соли [17].

В немецком институте пищевых технологий (DIL) изучалась возможность снижения поваренной соли в вареной ветчине при использовании высокого давления. При проведении исследований производили ветчину по традиционной технологии с содержанием соли 0; 0,95; 1,33 и 1,90 %. Воздействие на продукт давлением 100, 300 и 600 МПа осуществляли на отдельных этапах обработки в течение 5 мин (сырье, после инъектирования, после массажирования и после термообработки). Исследователями установлено, что наиболее целесообразно для снижения содержания соли до 30 % применять высокое давление 100 МПа после массажирования, влагосвязывающая способность при этом увеличивается на 5 % и снижаются потери при варке [21, 22].

Однако при всех положительных моментах использования высокого давления последствия его применения на безопасность пищевых продуктов еще остаются не исследованными, поэтому нельзя исключить возможный токсичный эффект от его использования в пищевой промышленности. Известно, что высокое давление способно изменять активность ферментов и структуру некоторых белков, за счет разрушения водородных и гидрофобных связей [23–25].

За рубежом в качестве альтернативной технологии в процессе посола для снижения нитрита натрия изучались возможности использования воды после плазменной обработки. Oehmigen и соавт. [26] сообщали, что взаимодействие плазмы с жидкостью приводит к формированию активных форм азота, таких как нитрат ( $\text{NO}_3^-$ ) и нитрит ( $\text{NO}_2^-$ ), а также активных форм кислорода, которые приводят к уничтожению микроорганизмов. Таким образом, было сделано предположение, что нитрит, образующийся в воде после ее обработки плазмой, может быть использован в процессе посола мясных продуктов.

Корейские ученые [27] подтвердили, что после плазменной обработки (PTW) дистиллированной воды в течение 60 минут она содержала 50 миллионных долей нитрита. Чтобы оценить влияние PTW на формирование цвета мяса были изготовлены различные образцы мясного фарша в зависимости от рецептуры (контроль — мясной фарш без добавления источника нитрита; мясной фарш с добавлением PTW; мясной фарш с добавлением нитрита натрия). После термической обработки мясного фарша между экспе-

application (more than 500 MPa). Based on these results, it was suggested that high pressure changed the interaction between the sodium ions and proteins, releasing the sodium ions and increasing their accessibility to the taste receptors. According to the performed research, high pressure can provide a natural increase in saltiness, being, therefore, an alternative method for salt reduction [17].

In the German Institute of Food Technologies (DIL), the possibility of a table salt reduction in cooked ham when using high pressure was studied. In the study, ham was produced according to the traditional technology with the salt content of 0; 0.95; 1.33 and 1.90 %. A product was exposed to high pressure (100, 300 and 600 MPa) for 5 min. at different stages of processing (raw material, after injection, after tumbling and after cooking). The researchers established that for salt reduction to 30 %, it is most expedient to use high pressure (100 MPa) after tumbling; the water binding capacity in this case increased by 5 % and cook losses decreased [21, 22].

However, with all positive aspects of the high pressure use, the consequences of its application in terms of food safety are still not fully established; thus, the toxic effect of its use in the food industry cannot be excluded. It is known that high pressure can change enzyme activities and a structure of several proteins due to disruption of the hydrogen and hydrophobic bonds [23–25].

The possibilities to use water after plasma treatment were studied abroad as an alternative technology in the curing process for a sodium nitrite reduction. Oehmigen et al. [26] reported that interaction of plasma with liquids resulted in formation of the reactive nitrogen species such as nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), as well as the reactive oxygen species, which led to the antimicrobial effects. Therefore, it was suggested that nitrite formed in water after plasma treatment can be used in the process of meat product curing.

The Korean researchers [27] confirmed that after plasma treatment of distilled water for 60 min., it contained 50 ppm of nitrite. To assess the effect of plasma-treated water (PTW) on meat color formation, different minced meat samples were produced depending on formulations (control — minced meat without a nitrite source; minced meat with addition of PTW and minced meat with addition of sodium nitrite). After thermal treatment of minced meat,

риментальными группами не было отмечено никакого существенного различия в значениях цветовых характеристик светлоты  $L^*$  и желтизны  $b^*$ . Значения красноты  $a^*$  термически обработанного мясного фарша с РТW были существенно выше по сравнению с контрольной группой. Однако значения  $a^*$  термически обработанного фарша с РТW были ниже, чем у фарша с нитритом натрия. Таким образом, можно заключить, что РТW может использоваться в качестве источника нитрита в процессе посола мясных продуктов.

### *Применение двухфазных эмульсий*

Одним из методов, позволяющих снизить содержание соли в мясных продуктах, является использование двухфазной эмульсии вода-в масле-в воде (W/O/W). Одним из полезных свойств двойных эмульсий является то, что их применение позволяет контролировать высвобождение инкапсулированных ингредиентов (соли), позволяющих усилить вкус вещества при попадании в полость рта. Главный недостаток таких эмульсий — термодинамическая неустойчивость и короткий срок годности. Установлено, что более интенсивное восприятие соли в меньшей концентрации введения в продукт выше в присутствии соли во внутренней водной фазе [28].

Кроме того, Frasch-Melnik и соавт. [28] установили возможность замены соли во внутренней водной фазе хлористым калием, т.к. жировая фаза вокруг внутренней водной фазы позволяет маскировать горький вкус хлорида калия, в то время как хлорид натрия может присутствовать только в наружной водной фазе, что повышает восприятие соленого вкуса продукта. Этот подход имеет большие перспективы, учитывая то, что жировая фаза может нивелировать посторонний привкус, то содержание хлорида калия может быть увеличено, а, значит, содержание поваренной соли может быть сокращено. Однако, при этом следует учитывать, что увеличение содержания калия может спровоцировать проблемы со здоровьем, особенно у лиц с заболеваниями почек.

### **Заключение**

Таким образом, существует несколько способов технологической обработки без использования заменителей хлорида натрия, применение которых в производстве мясной продукции позволит сократить внесение поваренной соли без ухудшения традиционного вкуса и срока годности:

- сокращение размеров кристаллов вносимой поваренной соли до 20 мкм;
- внесение компонентов, усиливающих соленый вкус мясной продукции;
- использование двухфазной эмульсии вода-в масле-в воде;
- обработка мясного сырья высоким давлением.

Однако проблемы в развитии этого направления в промышленных масштабах свидетельствуют о необ-

no significant differences were found between the experimental groups in the lightness ( $L^*$ ) and redness ( $b^*$ ) values. The  $a^*$  values in thermally treated minced meat with РТW were significantly higher compared to that in the control group. However, the  $a^*$  values in thermally treated minced meat with РТW were lower than that in thermally treated minced meat with sodium nitrite. Thus, it can be concluded that РТW can be used as a nitrite source in meat product curing.

### *Use of double emulsions*

One of the methods that enable reducing salt content in meat products is the use of water-in-oil-in-water (w/o/w) double emulsions. One of the beneficial properties of double emulsions is the fact that their use makes it possible to control a release of encapsulated ingredients (salt), which allows enhancing taste of a substance upon its entering the oral cavity. The main disadvantage of such emulsions is their thermodynamic instability and short shelf-life. It was established that upon salt addition into a product in lower concentration, its perception was more intense when salt was present in the internal water phase [28].

Moreover, Frasch-Melnik et al. [28] established the possibility to replace salt in the internal water phase with potassium chloride as the fat phase around the internal water phase enables masking bitter taste of potassium chloride; at the same time, sodium chloride can be present only in the external water phase, which increases a salty taste perception in a product. This approach is very promising. Taking into consideration that the fat phase can neutralize off-flavor, the potassium chloride content can be increased and, consequently, the sodium chloride content can be reduced. However, it is necessary to keep in mind that an increase in the potassium content can cause health problems especially in individuals with kidney diseases.

### **Conclusion**

Therefore, there are several methods of technological processing without using sodium chloride substitutes, which application in meat product manufacture will enable reducing table salt addition without deteriorating the traditional taste and shelf life:

- lowering a crystal size of the added table salt to 20  $\mu\text{m}$ ;
- adding components that enhance salty taste in meat products;
- using water-in-oil-in-water (w/o/w) double emulsions;
- high pressure processing of meat raw material.

However, the problems in the development of this direction at industrial scale indicate a necessity of further



ходимости дальнейших исследований для оптимизации органолептических и технологических свойств готовой продукции. Многие страны мира разработали свои собственные программы снижения потребления соли. Совместная работа научно-исследовательских учреждений и предприятий пищевой промышленности способна принести положительные результаты в направлении снижения поваренной соли в мясной продукции.

investigations to optimize the organoleptic and technological properties of finished products. Many countries in the world have developed their own programs to reduce salt consumption. Cooperative work of research institutes and food industry enterprises can give positive results in the field of table salt reduction in meat products.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- MacGregor, G.A. Salt — overwhelming evidence but still no action: Can a consensus be reached with the food industry? / G.A. MacGregor, P.S. Sever // *BMJ*. — 1996. — Vol. 312. — P. 1287–1289.
- Liem, D.G. Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor/ D.G. Liem, F.Miremedi, R. S. J. Keast // *Nutrients*. — 2011. — Vol. 3. — P. 694–711
- Wallis, K., Chapman S. Food and health innovation service. Current innovations in reducing salt in food products/Gloucestershire: Campden BRI. — [Electronic resource]. — 2012. Retrieved from <http://www.foodhealthinnovation.com>. (access date 29.12.2016)
- Desmond E. Reducing salt: A challenge for the meat industry/ E. Desmond // *Meat Science*. — 2006. — Vol. 74. — P. 188–196.
- Breslin, P.A. Suppression of bitterness by sodium: Variation among bitter taste stimuli / P.A. Breslin, G.K. Beauchamp // *Chem. Senses*. — 1995. — Vol. 20. — P. 609–623.
- Keast, R.S.J. Modifying the bitterness of selected oral pharmaceuticals with cation and anion series of salts/ R.S.J., Keast, P. A.S. Breslin // *Pharm. Res.* — 2002. — Vol. 19. — P. 1019–1026.
- Keast, R.S.J. An overview of binary taste-taste interactions/ R.S.J. Keast, P. A.S. Breslin // *Food Qual. Pref.* — 2003. — Vol. 14. — P. 111–124.
- Bartoshuk, L. M. Sensory analysis of the taste of NaCl// *In Biological and behavioral aspects of salt intake*, edited by M.R. Kare, M. J. Fregly, and R. A. Bernard. — 1980. — New York: Academic Press. — P. 83–98.
- Wallis, K., Chapman S. Food and health innovation service. Current innovations in reducing salt in food products/Gloucestershire: Campden BRI. — [Electronic resource]. — 2012. Retrieved from <http://www.foodhealthinnovation.com>. (access date 29.12.2016)
- McGough M. M. Reducing sodium levels in frankfurters using a natural flavor enhancer/ M.M. McGough, T. Sato, S. A. Rankin, J. J. Sindelar // *Meat Science*. — 2012. — Vol. 91(2). — P. 185–194.
- Rodrigues, F.M. Alternatives to reduce sodium in processed foods and the potential of high pressure technology/ F.M. Rodrigues, A. Rosenthal, J. H. Tiburski, A. Gomes da Cruz // *Food Sci. Technol (Campinas)*. — 2016. Vol. 3. — P. 1–8.
- Johnson, C., Jensen, L. Schilmoeller, Smith, G. Seasoning and method for seasoning a food product utilizing small particle sea salt/United States Patent US № 7923047 (B2). — 12th April 2011.
- Cruz, A.G. High pressure processing and pulsed electric fields: potential use in probiotic dairy foods processing / A.G. Cruz, A.F.J. Faria, S.M.I. Saad, H.M.A Bolini, A.S. Sant'Ana, M. Cristianini // *Trends in Food Science and Technology*. — 2010. — Vol. 21(10). — P. 483–493.
- Vercammen, A. Shelf-life extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives/ A. Vercammen, K. G. A.Vanoirbeek, I. Lurquin, L. Steen, O.Goemaere, S. Szczepaniak, H. Paelinck, M. E. G.Hendrickx, C. W. Michiels // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. — 2011. — Vol. 12(4). — P. 407–415.
- Iwasaki, T. Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty/ T. Iwasaki, K. Noshiroya, N. Saitoh, K.Okano, K. Yamamoto // *Food Chemistry*. — 2006. — Vol. 95(3). — P. 474–483.
- Cheftel, J.C. Effects of High Pressure on Meat: A Review/ J.C.Cheftel, J.Culioli // *Meat Science*. — 1997. — Vol. 46. — P. 211–236.
- Clariana, M. Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed drycured ham. Effects along the storage period/ M. Clariana, L. Guerrero, C. Sárraga, I. Díaz, A. Valero, J.A. García-Regueiro, // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. — 2011. — Vol. 12. — P. 456–465.
- O'Flynn, C. C. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages / C. C. O'Flynn, M. C. Cruz-Romero, D. Troy, A. M. Mullen, J. P. Kerry // *Meat Science*. — 2014. — Vol. , 96(3). — P. 1266–1274.
- Villamonte, G. Functionality of pork meat proteins: impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing / G. Villamonte, H. Simonin, F. Duranton, R. Chéret, de M. Lamballerie // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. — 2013. — Vol. 18. — P. 15–23.
- Troy, D. J. High pressure technology in the manufacture of minimally-processed meat products/ D. J. Troy, C.C. Chem, C. Crehan, A.M. Mullen, E. Desmond // *The National Food Centre, Dun-sinea, Castleknock, Dublin 15*. — 2001. — P. 19.
- Tamm, A. Saltreducing in cooked ham by using high pressure processing/ A. Tamm, T. Bolumar, B. Bajovic, S. Toepfl, V. Heinz // *59th International Congress of Meat Science and Technology*. — 2013. — Izmir, Turkey, — S10A-66.
- Pietrasik, Z. The use of high pressure processing to enhance the quality and shelf life of reduced sodium naturally cured restructured cooked hams / Z. Pietrasik, N.J.Gaudette, S.P. Johnston // *Meat Science*. — June 2016. — Vol. 116. — P. 102–109.
- De Lamballerie-Anton, M. Effect of HPP on the digestibility of meat and soya beans proteins/ M. De Lamballerie-Anton, S. Delepine, N.Chapleau // *In Proceedings XXXIX European High Pressure Research Meeting*, — 16–19 September 2001, — Santander, Spain. — P. 59.
- Balny, C. High pressure and protein oligomeric dissociation // *In Proceedings XXXIX European High Pressure Research Meeting*, — 16–19 September 2001, — Santander, Spain. — P. 37.
- Hugas, M. New mild technologies in meat processing: high pressure as a model technology/ M. Hugas, M. Garriga, J.M. Monfort // *Meat Science*. — 2002. — Vol. 62. — P. 359–371.
- Oehmigen, K. The Role of Acidification for Antimicrobial Activity of Atmospheric Pressure Plasma in Liquids/ K. Oehmigen, M. Hahnel, R. Brandenburg, C. Wilke, K. D. Weltmann, T. von Woedtke // *Plasma Processes and Polymers*. — 2010. — 7. — P. 250–257
- Jung S., The addition of nitrite to processed meats by plasma-treated water/ S. Jung, Joo Kim Hyun, Sanghoo Park, Hae In Yong, Wonho Choe, Cheorun Jo // *61th International Congress of Meat Science and Technology*. — 2015. — Clermont-Ferrand (FRANCE).
- Frasch-Melnik, S. Fat crystal-stabilised w/o emulsions for controlled salt release/ S. Frasc-Melnik, I.T. Norton // *Journal of Engineering*. — 2010. — Vol. 98. — P. 437–442.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

### Принадлежность к организации

**Туниева Елена Карленовна** — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.  
Тел.: 8-495-676-71-11  
E-mail: lenatk@bk.ru

**Горбунова Наталия Анатольевна** — кандидат технических наук, ученый секретарь, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.  
Тел.: 8-495-676-93-17  
E-mail: ngorbunova@vniimp.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 01.03.2017

## AUTHOR INFORMATION

### Affiliation

**Tunieva Elena Karlenovna** — candidate of technical sciences, leading research scientist, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Tel.: 8 -495-676-71-11  
E-mail: lenatk@bk.ru

**Gorbunova Nataliya Anatolyevna** — candidate of technical sciences, Scientific secretary, The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Tel.: 8 -495-676-93-17  
E-mail: ngorbunova@vniimp.ru

### Contribution

Authors in equal shares are related to writing of the manuscript and equally bear responsibility for plagiarism.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 01.03.2017