

INULIN AS A PREBIOTIC AND FAT REPLACER IN MEAT PRODUCTS

ИНУЛИН КАК ПРЕБИОТИК И ЗАМЕНИТЕЛЬ ЖИРА В МЯСНЫХ ПРОДУКТАХ

Vasilev D.¹, Djordjević V.², Karabasil N.¹, Dimitrijević M.¹, Petrović Z.², Velebit B.², Teodorović V.¹

¹ University of Belgrade-Faculty of veterinary medicine, Belgrade, Serbia

² Institute of meat hygiene and technology, Belgrade, Serbia

Ключевые слова: инулин, мясные продукты с низким содержанием жира, пребиотик.

Keywords: inulin, low-fat meat products, fat replacer, prebiotic.

Аннотация

Повышение интереса потребителей к здоровому питанию способствует увеличению спроса на мясную продукцию с пониженным содержанием жира, что ставит сложную задачу перед специалистами мясной промышленности, связанную с важной ролью жировой ткани в формировании потребительских характеристик. В этой связи, особое внимание уделяется веществам, которые могут заменить жировую ткань в мясопродуктах. Инулин является неперевариваемым фруктоолигосахаридом, который с одной стороны представляет собой пребиотик, а с другой — обладает технологическими свойствами, которые позволяют имитировать жир в продукте. При гидратации инулин формирует гель, имеющий структуру, схожую с жирами, он имеет нейтральный вкус и запах, и не оказывает влияния на аромат мясопродуктов. Инулин вносят при изготовлении мясной продукции в форме порошка или в предварительно гидратированном виде. Ферментированные колбасы с пониженным содержанием жира, изготовленные с добавлением инулина, имеют более низкие уровни pH и активности воды (a_w), и содержат больше молочнокислых бактерий по сравнению с традиционными продуктами. В термообработанных колбасах, инулин улучшает влагоудерживающую способность и стабильность мясного фарша, что позволяет сократить потери при термообработке и не ухудшить органолептические свойства продукта с низким содержанием жира. Но вместе с тем, существуют особенности, которые необходимо принимать во внимание в случае использования инулина — это его количество, добавляемое в продукт и степень полимеризации. Избыточное количество инулина может оказать негативное влияние на сенсорные свойства продукта, а также привести к проблемам с пищеварением.

Abstract

Fat reduction in meat products is demanded by consumers concerning health issues but represents a serious challenge for meat industry as fatty tissue plays an important role for the products properties. Because of that, a special attention is paid to the substances that could replace fatty tissue in meat products. Inulin represents a non digestible fructooligosaccharide that on the one hand represents a good prebiotic substance and from the other hand possesses such technological properties that make it a good fat replacer. In aqueous systems inulin forms a gel having a structure similar to fats, it has neutral taste and smell and has no impact on the aroma of meat products. Inulin could be added to meat products in form of powder as well as a water suspension. Low fat fermented sausages with good sensory quality could be produced with the addition of inulin as a fat replacer, and such products have a bit lower pH- and a_w -value and contain a higher number of lactic acid bacteria than conventional products. In heat treated sausages, inulin improves water holding capacity and stability of the low fat meat batter, which reduces cooking loss and shows no adverse effect on the sensory properties of the low fat product. But, there are also certain limitations because it should be paid attention to the degree of polymerization as well as the amount of inulin added to the product. Otherwise, on the one hand there could be some adverse effects on sensory properties of the product and from the other hand an excessive amount of inulin could lead to digestive problems by consumers.

Введение

В последние годы отмечается тенденция к снижению содержания жира и соли в мясной продукции, а также оптимизации жирнокислотного состава. Мясопродукты характеризуются относительно высоким содержанием животного жира (до 44%) и хлорида натрия (более 4% — для многих видов мясопродуктов), являются источником насыщенных жирных кислот в рационе человека, имеют высокую энергетическую ценность (около 2000 кДж/100г) [1, 2], что нередко приводит к сердечно-сосудистым заболева-

Introduction

In recent years meat products are subject to many investigations in terms of composition changes in order to get healthier properties, especially regarding the fat content, fatty acid profile, energy value and salt content. Meat products are characterized by relatively high animal fat content (up to 44%), being an extensive source of saturated fatty acids in human nutrition, high energy value (about 2000 kJ/100g), as well as sodium chloride content (often more than 4% depending on the type of the product) [1, 2], which is often connected to the cardiovascular

ниям, ожирению, диабету и гипертонии [3, 4]. Особое внимание уделяется снижению жира и соли, а также обогащению продуктов некоторыми ингредиентами, которые обладают функциональными свойствами: пробиотики, пребиотики, диетическая клетчатка, ненасыщенные жирные кислоты, витамины, минеральные вещества, натуральные антиоксиданты и т.д., что представляет собой концепцию функциональных пищевых продуктов [2, 5, 6, 7, 8, 9]. Разработка функциональных мясопродуктов должна соответствовать семи технологическим принципам: необходимо учитывать содержание ингредиентов, которые являются дефицитными нутриентами в определенных географических регионах; массовое потребление продуктов; сохранение сенсорных свойств продуктов в неизменном виде; положительное взаимодействие между ингредиентами; содержание микронутриентов должно обеспечивать 30–50% суточной потребности (в соответствии с критериями Всемирной организацией здравоохранения); естественное содержание использованных ингредиентов в продукте; содержание добавленного ингредиента должно быть указано на упаковке продукта [10]. Указание ингредиентов на упаковке, а также заявления о питательных свойствах должны соответствовать нормативным документам, чтобы не вводить потребителей в заблуждение [11]. Учитывая, что сенсорные свойства мясопродуктов в большой степени зависят от его состава, то снижение жира и одновременное добавление функциональных ингредиентов должно обеспечивать сохранение сенсорных свойств продукта в неизменном виде [8]. Существуют различные подходы к замене жира в мясопродуктах. Например, использование эмульгированных растительных масел, основной проблемой которых является склонность растительных полиненасыщенных жирных кислот к окислению [3, 4]. В мясной промышленности широко используются некоторые гидроколлоиды (каррагинаны, камеди, альгинат и т.д.) в качестве заменителей жира, желирующих веществ и загустителей [12], но некоторые исследования указывают на возможное неблагоприятное влияние каррагинанов [13] и некоторых камедей [14] на здоровье лабораторных животных, что вызывает беспокойство в отношении их возможного эффекта на людей. В этом отношении, особое внимание уделяется инулину, который благодаря своему составу, технологическим и сенсорным свойствам рассматривается как ценный пребиотик и в то же время как заменитель жира. Кроме того, цена на инулин на рынке невысока, что положительно сказывается на себестоимости конечного продукта [15]. Целью данной работы было обсуждение пребиотических и жирозаменяющих свойств инулина, а также возможностей его использования в ферментированных и термообработанных колбасах.

diseases, obesity, diabetes and hypertension by consumers [3, 4]. A special attention is paid to the fat and salt reduction, but also to the product's enrichment with some ingredients being capable to provide some additional health improving effects (functional properties), such as probiotics, prebiotics, dietary fibers, unsaturated fatty acids, vitamins, minerals, natural antioxidants etc., which is indicated as functional food concept [2, 5, 6, 7, 8, 9]. Designing of functional meat products should follow seven technological principles, such as to contain ingredients that are nutritional deficient in certain geographical areas, mass consumption of products, sensory properties of the products should not be changed, positive interaction between ingredients, in accordance to World Health Organization criteria the content of micronutrients should satisfy 30–50% of daily demand by usual consumption of the product, natural content of used ingredient in the product should be taken into account, the content of added ingredient should be labeled on the product's package [10]. The adequate labeling of ingredients as well nutritive claims should be in accordance with the regulations in order not to mislead the consumers [11]. As the sensory properties of meat products strongly depend on its composition, the fat reduction and simultaneous addition of functional ingredients should be conducted in such manner to provide the sensory properties of the product being mainly unchanged [8]. There are different approaches to animal fat replacement in meat products. Often are used pre-emulsified plant oils but the main problem is the proneness of plant polyunsaturated fatty acids to lipid oxidation [3, 4]. Some hydrocolloids (carrageenans, gums, alginate etc.) are widely used in meat industry as fat replacers, gelling agents and thickeners [12] but there are some studies indicating possible harmful impact of carrageenans [13] and some gums [14] in laboratory animals, indicating a concern about their possible influence on humans. With respect to this, a special attention is paid to inulin, which is thanks to its composition, technological and sensory properties recognized as a valuable prebiotic and at the same time fat replacer. Even more, the price of inulin on the market is not too high which is important for calculating the price of the final product that is also important both for the consumers and the producers [15]. The aim of this paper is to discuss prebiotic and fat replacing properties of inulin, as well as the possibilities for the use of inulin in fermented and heat treated sausages.

Пребиотические свойства инулина

Пребиотики являются неперевариваемыми (имеют незначительную энергетическую ценность) пищевыми ингредиентами, которые могут проявлять полезные свойства для здоровья человека, за счет изменения кишечной микрофлоры в направлении стимулирования полезных бактерий и ингибирования вредных бактерий. Были выявлены различные положительные свойства инулина, хотя еще не полностью верифицированные, такие как предотвращение кишечной инфекции, стимулирование иммунной реакции, предотвращение колоректального рака, снижение уровней холестерина в крови и увеличение биодоступности нутриентов. Сообщается, что олигосахариды и диетическая клетчатка часто используются в пищевых продуктах [6, 8, 16].

Среди олигосахаридов, инулин и олигофруктоза соответствуют многим требованиям, предъявляемым к пребиотикам. Инулин получают из цикория обыкновенного (*Cichorium intybus*) и он состоит из 10–60 молекул фруктозы, в то время как олигофруктозу получают путем гидролиза инулина, и она состоит только из 4 молекул фруктозы. Неперевариваемость зависит от β -(2-1) связей между молекулами фруктозы, которые устойчивы к ферментам пищеварительного тракта человека [17]. Поскольку полезные бифидобактерии и лактобациллы способны вырабатывать фермент 2, 1- β -D-фруктан-фруктангидролазу, что не наблюдается в случае вредных бактерий, то они используют молекулы инулина и олигофруктозы как источник энергии, что оказывает прямое положительное влияние на их рост в кишечнике [5, 7]. Rao [18] сообщает, что потребление 5 г инулина в течение 11 дней приводит к более высокому количеству бифидобактерий у людей, что не происходит в случае дисахаридов, таких как сахароза. Более того, Lopez-Molina [7] заявляют, что ферментация инулина до лактата и короткоцепочечной карбоновой кислоты под действием молочнокислых бактерий в толстой кишке приводит к значительному снижению уровня pH, что в сочетании с выработкой бактериоцинов этими бактериями, обеспечивает неблагоприятные условия для вредных бактерий.

Для инулина не предусмотрено ограничение уровня ежедневного потребления, но некоторые авторы обсуждают количества инулина, способные улучшить здоровье человека. В соответствии с Causey [5] ежедневное потребление нескольких граммов (4 г или более) фруктанов, может быть достаточным для значительного увеличения количества бифидобактерий в толстой кишке. Более того, потребление 20 г инулина в день существенно снижает содержание триглицеридов в сыворотке у людей с гиперхолестеринемией, стимулирует моторику кишечника и улучшает здоровье пищеварительной системы. Roberfroid [17] установил, что ежедневное потребление 15 г олигофруктозы или

Prebiotic properties of inulin

Prebiotics are indigestible (poor source of energy) food ingredients that could show beneficial effects on consumer's health being capable of changing the intestinal flora towards beneficial bacteria stimulation and harmful bacteria inhibition. Different beneficial effects are observed, although not yet completely verified, such as prevention of intestinal infection, immune response stimulation, colorectal cancer prevention, blood cholesterol levels reduction and increasing of nutrient's bioavailability. Oligosaccharides and dietary fibers are reported to be the frequently used in foodstuffs [6, 8, 16].

Among oligosaccharides, inulin and oligofructose meet many of the requirements attributed to prebiotics. Inulin is produced from artichoke (*Cichorium intybus*) and consists of 10 to 60 fructose molecules chain, while oligofructose is obtained by inulin hydrolysis and consists only about 4 fructose molecules. The indigestibility relies on β -(2-1) bonds between fructose molecules, which are resistant to human digestive enzymes [17]. As the useful bifidobacteria and lactobacilli are capable of producing 2, 1- β -D-fructan-fructanhydrolase enzyme, which is not the case with harmful bacteria, they use the inulin and oligofructose molecules as a source of energy which directly favors their growth in the gut [5, 7]. Rao [18] reports that intake of 5g inulin during 11 days results in higher number of bifidobacteria in humans, which is not the case with disaccharides such as saccharose. Even more, Lopez-Molina [7] claims that inulin fermentation to the lactate and short chain carboxylic acid by lactic acid bacteria in colon leads to the significant pH-value lowering, which supported by bacteriocins production by these bacteria provides an unfavorable environment for harmful bacteria.

There is no defined daily intake for inulin, but some authors discuss inulin quantities capable of improving human's health. According to Causey [5] daily intake of a few grams (4 g or more) fructans daily, could be sufficient to significantly increase the number of bifidobacteria in the colon. Even more, ingestion of 20 g inulin per day substantially reduces the content of serum triglyceride in humans with hypercholesterolemia, and stimulates intestinal motility and improves the health of digestive system. Roberfroid [17] found that intake of 15 g oligofructose or 40 g

40 г инулина улучшает абсорбцию кальция из пищевых продуктов до 58% , что важно для определенных категорий потребителей. Jackson [19] заявляет, что ежедневное потребление 9–10 г инулина в течение 8 недель может снизить количество триглицеридов в сыворотке у людей с нормальным содержанием липидов в крови, в то время как ежедневное потребление 20 г существенно снижает содержание триглицеридов у людей с более высокими уровнями холестерина. Однако Nitsch [20] заявляет, что помимо благоприятных эффектов на здоровье человека, инулин может оказывать неблагоприятное влияние при потреблении в избыточных количествах. Поскольку у человека нет фермента инулиназы, разрушение инулина зависит только от активности кишечной микрофлоры, поэтому не рекомендуется потреблять более 4 г инулина/порцию, и более 8 г/день, так как более высокие количества этого пребиотика могут привести к метеоризму и диарее [20, 21]. В некоторых других исследованиях сообщается, что для здоровых потребителей целесообразно потребление инулина в количестве 5 г в день [22].

Свойства инулина как заменителя жира

Инулин представлен на рынке в форме порошка, умеренно растворимого в воде, белого цвета и с нейтральным вкусом [16]. Инулин широко используется как заменитель жира, в основном в таких пищевых продуктах, как торты, шоколад, спреды [23], молочные продукты [24]; однако, что касается мясных продуктов, то его применение находится на уровне экспериментальных исследований. Jánváry [25] заявляет, что инулин может успешно заменять жир в мясопродуктах за счет его технологических свойств. В частности, при гидратации инулин формирует гель, имеющий структуру, схожую с жирами, он имеет нейтральный вкус и запах, и не оказывает влияния на аромат мясопродуктов. Так как инулин умеренно растворим в воде, то необходимо использовать нагретую воду (свыше 50 °С) для повышения его растворимости [26]. Гели, полученные из инулина, растворенного в водной среде, имеют кремовую структуру, консистенция которой зависит от концентрации инулина. Уровень pH не оказывает влияния на стабильность инулиновых гелей [27], что важно для его использования в ферментированных продуктах (ферментированных колбасах и т.д.), которые характеризуются более низкими уровнями pH. Более того, будучи неперевариваемым, инулин обладает незначительной энергетической ценностью (только 1 ккал/г) [28], что делает инулин прекрасным ингредиентом для мясопродуктов с пониженной калорийностью. В соответствии с Shoaib et al. [16], энергетическая ценность инулина составляет только 25–30% от этого показателя у перевариваемых углеводов, кроме того инулин обладает эле различимым сладким вкусом, так как содержит только 10% сахарозы.

inulin daily improves calcium absorption from food up to 58%, which is important for certain categories of consumers. Jackson [19] claims that daily intake of inulin from 9 to 10g in a period of 8 weeks could reduce serum triglycerides in people with normal blood lipid content, while days intake of 20 grams a day significantly reduces the content of triglycerides in people with higher cholesterol levels. However, Nitsch [20] states that in addition to beneficial effects on human health, inulin can act unfavorably if ingested in excessive amounts. As humans do not possess an enzyme inulinase, and the inulin decomposition depends solely on the activity of intestinal microflora, an intake of more than 4g inulin per serving, as well as more than 8g per day is not recommended, because higher amounts of these prebiotic could lead to meteorism and diarrhea [20, 21]. Some other studies report that inulin intake in the amount of 5g daily is appropriate for healthy consumers [22].

Properties of inulin as a fat replacer

Inulin is put on the market in form of powder, moderately soluble in water, white in color and neutral taste [16]. Inulin is widely used as a fat substitute, mostly in foods such as cakes, chocolate, spreads [23], milk products [24], but as for meat products, it is mostly on an experimental level. Jánváry [25] states that inulin could be successfully used as a fat replacer in meat products too, because of its good technological properties. Namely, in aqueous systems inulin forms a gel having a structure similar to fats, it has a neutral taste and smell and has no impact on the aroma of meat products. As inulin is moderately soluble in water, it is necessary to use the heated water (above 50 °C) to increase its solubility [26]. Gels achieved from inulin dissolved in the aqueous medium has a creamy structure which hardness depends on the concentration of inulin. The stability of inulin gels is not influenced by pH value [27], which is important for its use in fermented products (fermented sausages etc.) characterized by lower pH values. Even more, being indigestible, inulin has a low energy value of only 1kcal per gram [28] which makes inulin a great ingredient for low energy meat products. According to Shoaib et al. [16], inulin provides only 25–30% of energy comparing to digestible carbohydrates, and that its sweetness is hard to detect being only about 10% of the sucrose.

Применение инулина в ферментированных колбасах

Ферментированные колбасы являются зачастую объектом научных исследований как функциональные продукты [2, 9, 23, 29, 30]. С одной стороны ферментированные колбасы не подвергаются термической обработке во время переработки и, таким образом, большинство ценных нутриентов мяса остаются неизменными, а с другой стороны, поскольку ферментация включает активность молочнокислых бактерий, эти колбасы являются хорошим источником пробиотических бактерий [29, 31]. Однако одним из наиболее сложных вопросов при разработке ферментированных колбас как функциональных пищевых продуктов является снижение жира [23], так как жировая ткань в этих колбасах играет важную роль в формировании текстуры и запаха [32]. Ферментированные колбасы, вырабатываемые с пониженным содержанием жировой ткани (6, 3 и 12, 5% в фарше), имеют более плотную консистенцию, и недостаточную упругость, их поверхность становится сморщенной [2, 23, 33]. В связи с этим, необходимо обеспечить адекватную замену жировой ткани; при этом инулин может быть использован в качестве заменителя жира из-за его вышеупомянутых технологических свойств. В ферментированных колбасах инулин может добавляться как порошок или в предварительно гидратированном виде [23, 30, 34].

Инулин в виде порошка, удобно использовать, добавляя непосредственно в мясной фарш во время процесса изготовления фарша [29, 30]. При этом оптимальными являются короткоцепочечные полимеры инулина, так как они более растворимые и лучше связываются с фаршем. Недостаток этого способа заключается в том, что только не более 2% инулина позволит не ухудшить сенсорные свойства продукта, и избежать избыточного потребления инулина [20, 21]. Ферментированные колбасы, выработанные с 2% порошка инулина, имеют более низкие уровни pH (4,77) по сравнению с контрольными колбасами (5,2) после 21 дня производства, что является следствием микробной ферментации инулина, доступного для молочнокислых бактерий. Данный факт подтверждается большим количеством молочнокислых бактерий и пробиотических *Lactobacillus casei* LC 01 после 7 и 14 дня производства (до 9,0 log КОЕ/г) в колбасах, содержащих порошок инулина по сравнению с контрольными колбасами (8,0 КОЕ/г) [27]. Pennachia и др., [35] сообщили, что все штаммы из группы *Lactobacillus paracasei* способны ферментировать инулин. Такие результаты говорят о том, что применение порошка инулина в ферментированных колбасах может способствовать росту штаммов пробиотических бактерий в ферментированных колбасах и увеличивать их функциональный потенциал, что соответствует четвертому технологиче-

Use of inulin in fermented sausages

Fermented sausages are frequently investigated meat product from a functional food point of view [2, 9, 23, 29, 30]. From the one hand, fermented sausages are not heat treated during processing, so the most valuable nutrients from meat stay unchanged, and from the other hand, as fermentation includes the activity of lactic acid bacteria, these sausages could be a good carrier of probiotic bacteria [29, 31]. But one of the most challenging issue in designing fermented sausages as functional food is the fat reduction [23] because fatty tissue in these sausages plays an important role in texture and flavor development [32]. Fermented sausages produced with a reduced content of fatty tissue (6, 3 and 12, 5% in stuffing) have more intensive hardness, gumminess, and chewiness, and inadequate elasticity and adhesiveness and their surface become wrinkled [2, 23, 33]. Because of that, it is necessary to provide an adequate substitute for fatty tissue, where inulin could play a distinguishable role because of its technological properties mentioned above. In fermented sausages inulin could be added as a powder or as a water suspension [23, 30, 34].

Inulin as the powder is easy to use, by adding directly in meat batter during the stuffing manufacturing process [29, 30] and the most suitable for such purpose are short-chain inulin polymers because they are more soluble and better react with the stuffing. The limitation of such method is that only up to 2% inulin could be added to the stuffing (and only 2% of fatty tissue be replaced) without negative influence on the sensory properties, and to avoid excessive intake of inulin which could be inconvenient to the consumer [20, 21]. Fermented sausages produced with 2% inulin powder have lower pH-value (4,77) than the control sausage (5,2) after 21. day of production., which is a consequence of microbial fermentation of inulin powder being available to lactic acid bacteria in the stuffing. Such statement is supported by a higher number of lactic acid bacteria and probiotic *Lactobacillus casei* LC 01 after 7th and 14th day of production (up to 9,0 log CFU/g) in inulin powder containing sausages comparing to the control sausage (8,0 CFU/g) [27]. Pennachia et al., [35] reported that the strains of *Lactobacillus paracasei* group are all capable of fermenting inulin. Such results suggest that the use of inulin powder in fermented sausages could also serve to support the growth of probiotic bacteria strains in fermented sausages and increase their functional potential, which is

скому принципу создания функциональных пищевых продуктов в соответствии с Kaltovich and Dymar [10]. Более того, ферментированные колбасы с 2% порошка инулина показали более быструю динамику снижения a_w по сравнению с контролем как следствие более быстрого снижения pH [29, 30], что ускоряет процесс сушки [32]. Такие изменения сокращают процесс производства, делая его менее дорогостоящим и, в то же время, вносят вклад в безопасность продукта. Авторы установили [2, 30, 31], что для достижения уровня a_w ниже 0,92 в традиционной ферментированной колбасе, формованной в оболочку диаметром 50 мм, процесс высушивания должен длиться 21 день, а в колбасах, содержащих инулин в разных количествах (2% порошка инулина, 4% суспензии инулина или 8% суспензии инулина), уровень a_w ниже 0,92 достигался после 14 дней. Помимо уже упомянутого влияния более низких уровней pH на потерю влаги во время сушки, в соответствии с January [25, 28], диетическая клетчатка формирует своего рода трехмерную сеть в колбасном фарше, что способствует более равномерной диффузии воды из внутреннего слоя на поверхностные участки колбасы, что ускоряет сушку.

Суспензию инулина в воде несколько сложнее использовать по сравнению с порошком инулина, так как ее сначала нужно предварительно приготовить, но, несмотря на это, использование инулина в гидратированном виде имеет ряд преимуществ. Для приготовления суспензии инулина оптимальным является использование его длинноцепочечных полимеров. Приготовление суспензии инулина заключается в перемешивании порошка инулина с теплой водой (приблизительно 75 °C) в куттере в соотношении 1:1 [2, 9]. После перемешивания суспензия жидкая и может быть легко перенесена в другую емкость; во время охлаждения она приобретает плотную консистенцию. После этого, суспензия инулина должна быть заморожена (от -12 °C до -18 °C), что делает ее пригодной для тонкого измельчения в куттере во время приготовления колбас. Важным преимуществом использования суспензии инулина является то, что она может добавляться до 8% в колбасный фарш, заменяя 1/3 жировой ткани, что дает существенное снижение жира и энергетической ценности (на 32% меньше по сравнению с колбасами с рынка), не оказывая неблагоприятного влияния на сенсорные свойства продукта [2, 30].

Тонко измельченные частицы суспензии инулина имитируют частицы жировой ткани в колбасе, таким образом, она сохраняет мозаичный внешний вид на поперечном срезе колбасы. Кроме того, такие частицы суспензии инулина также обладают амортизирующим эффектом во время процесса сушки, так что поверхность колбас с пониженным содержанием жира не сморщивается, что является основной проблемой производства колбас с пониженным содержанием жира [2, 23, 33].

in accordance with the fourth technological principle for functional food creation according to Kaltovich and Dymar [10]. Even more, fermented sausages with 2% inulin powder showed a faster a_w -value decrease compared to the control, as a consequence of faster pH-lowering [29, 30], which favors water release and accelerates drying process [32]. Such changes shorten the production process making it cheaper and at the same time contribute to the product safety. We observed [2, 30, 31] that in order to reach the a_w value below 0,92 by conventional fermented sausage stuffed in 50mm diameter casings the drying process should last 21 day, and by sausages containing inulin in different amounts (2% inulin powder, 4% inulin suspension or 8% inulin suspension) the a_w value below 0,92 is reached after 14 days. Apart from the already mentioned influence of lower pH-values on water release from sausage during drying, according to January [25, 28] dietary fiber form a sort of three-dimensional net in the sausage stuffing which contributes to more even water diffusion from the inner to the surface parts of the sausage which makes drying easier

Inulin suspension with water is a bit more complicated for use comparing to inulin powder because it should be firstly prepared before adding to the sausage batter, but despite that, it has a number of advantages concerning sausage quality. For inulin suspension preparation, the most suitable are inulin consisted of long chain polymers, because they form more stable gels than short-chain polymers. Preparation of inulin suspension is quite simple, and consists of mixing inulin powder with warmed water (about 75 °C), ratio 1:1, in a bowl cutter [2, 9]. After mixing it is still liquid so it could be easily transmitted to a container and during cooling, it takes a firm consistency. Afterward it should be frozen (-12 °C to -18 °C) which makes it suitable for fine grinding in a bowl cutter during sausage preparation. An important advantage of the use of inulin suspension is that it could be added up to 8% in sausage batter, replacing 1/3 of fatty tissue which provides a significant fat and energy reduction (32% less energy compared to the sausages from the market), without affecting sensory properties of the product [2, 30]. Finely grounded particles of inulin suspension imitate particles of fatty tissue in sausage, so it retains the mosaic appearance of the sausage cross cut. Even more, such inulin suspension particles also provide an amortization effect during the drying process, so the surface of the fat reduced sausages doesn't get wrinkled, which is the main problem in fat reduced sausage production [2, 23, 33].

Интересно отметить, что хотя суспензия инулина содержит большое количество воды, она не оказывает влияния на количество связанной влаги в продукте из-за влагосвязывающей способности инулина. Например, активность воды суспензии инулина, содержащей 30% инулина и 70% воды, составляет 0,926 [36]. Активность воды ферментированных колбас, выработанных с 4 и 8% суспензии, инулина (1:1), составляет 0,89–0,90 [2], что достаточно для обеспечения безопасности продукта и соответствует этому показателю в сухих ферментированных колбасах [32]. Уровень pH ферментированных колбас, содержащих 4 и 8% суспензии инулина, находится в диапазоне от 4,87 до 4,93, что соответственно, выше, чем в колбасах с порошком инулина (4,77), но ниже по сравнению с традиционными колбасами (5,18). Несколько более высокий уровень pH в колбасах с суспензией инулина по сравнению с колбасами с порошком инулина объясняется его меньшей доступностью в виде частиц суспензии для молочнокислых бактерий по сравнению с порошком инулина, который тщательно перемешан с фаршем [2]. Количество пробиотических молочнокислых бактерий было выше в ферментированных колбасах с 4 и 8% суспензии инулина по сравнению с традиционными колбасами [30].

Использование инулина в термообработанных колбасах

Термообработанные колбасы включают ряд продуктов, таких как колбаски типа франкфуртских (тонко измельченные), вареные колбасы грубого измельчения, ливерные колбасы, кровяные колбасы и т.д. [37]. Поскольку они подвергаются термической обработке, то использовать в их составе пробиотики не целесообразно. В связи с этим снижение жира и обогащение пребиотиками — основные задачи в рамках концепции функциональных пищевых продуктов [30]. Учитывая, что инулин остается стабильным во время термообработки [38], он может обладать большим потенциалом как заменитель жира, а также для обогащения пребиотиками термообработанных колбас. Более того, поскольку мясной фарш с низким содержанием жира теряет воду во время термообработки, приводя к более высоким потерям массы, при одновременном влиянии на сенсорные свойства [39], то необходимо использовать заменители жира, такие как инулин, который может улучшить стабильность колбасного фарша. В этом типе колбас, инулин может использоваться в виде порошка или водной суспензии [30, 38, 40].

В форме порошка инулин добавляется в мясной фарш вместе с жировой тканью и льдом, с последующими измельчением, перемешиванием, формованием в оболочку и термообработкой. По сравнению с традиционными колбасами, продукты, содержащие порошок инулина, характеризуются меньшими термическими потерями и несколько менее сочные из-за влагоудер-

Interestingly, although the inulin suspension contains a high amount of water, it does not affect the water activity of the product, because of the strong water binding capacity of inulin. For example, the water activity of inulin suspension containing 30% inulin and 70% water is 0,926 [36]. The water activity of fermented sausages produced with 4 and 8% inulin suspension (1:1) is 0,89–0,90 [2] which is sufficient to provide the safety of the product and commensurate to dry fermented sausages [32]. The pH-value of fermented sausages containing 4 and 8% inulin suspension ranges from 4,87 to 4,93 respectively, which is higher than sausages with inulin powder (4,77), but less than conventional sausages (5,18). A bit higher pH-value of sausages with inulin suspension than sausages with inulin powder is explained by the lower availability of inulin in suspension particles to the lactic acid bacteria compared to inulin powder being thoroughly mixed with the stuffing [2]. The number of probiotic lactic acid bacteria was higher in fermented sausages with 4 and 8% inulin suspension compared to the conventional sausage [30].

Use of inulin in heat treated sausages

Heat treated sausages include a variety of products like frankfurter type sausages (finely grounded), coarsely grounded cooked sausages, liver sausages, blood sausages etc. [37]. As they are heat treated, there is no possibility of probiotic's use in these types of sausages, so the fat reduction and prebiotic enrichment is the main point within the functional food concept [30]. As inulin remains stable during the heat treatment [38] it could have a great potential as a fat replacer as well as a prebiotic enrichment for heat treated sausages. Even more, as the low-fat meat batter tends to lose water during the heat treatment, resulting in higher cooking loss and affects the sensory properties [39], it is necessary to provide some fat replacer like inulin that would improve the sausage stuffing stability. In this type of sausages, inulin could be used in form of powder or water suspension [30, 38, 40].

In the form of powder, inulin is added to the meat batter together with fatty tissue and ice, followed by further chopping and mixing with subsequent filling into casings and heat treatment. Compared to conventional sausages, products containing inulin powder show decreased cook loss and are a bit less juicy, because of good water

живающей способности инулина, а также имеют более высокую жесткость из-за более прочных связей между ингредиентами фарша. Влияние инулина на текстуру колбас зависит от растворимости самого инулина (короткоцепочечные молекулы более растворимы), поэтому использование 9% инулина (степень полимеризации $-DP < 10$) не оказывает неблагоприятного влияния на консистенцию продукта [38].

Суспензия инулина в воде может быть приготовлена аналогично тому, как описано для ферментированных колбас, но без замораживания и с другим соотношением инулин-вода, например 30% [2] или 35% [40] гидратированного инулина. Суспензия готовится путем перемешивания порошка инулина с нагретой водой при 75 °C или 85 °C, соответственно. Alvarez и др., [40] также использовали β -глюкановый гель, который готовят путем растворения 10% β -глюкана в воде с последующим нагреванием до кипения. Суспензия инулина обычно добавляется в мясной фарш с жировой тканью с последующим измельчением и перемешиванием. Во время термообработки, суспензия инулина реагирует с мясными белками, приводя к образованию плотной матрицы. По сравнению с порошком инулина, суспензия инулина обладает меньшей способностью удерживать влагу в мясном фарше, но это можно улучшить одновременным введением β -глюканового геля (0,3–0,6%) с суспензией инулина (3–6%), что может приводить к получению колбас с низким содержанием жира с хорошими сенсорными свойствами [40]. В соответствии с Vasilev и др., [2] в вареных колбасах, выработанных с 52,5% мяса, 22,5% воды (льда) и 25% жировой ткани, взамен 8 % жировой ткани можно использовать суспензию инулина (соотношение инулин:вода 1:3), при этом получить продукт, который содержит на 3% больше воды по сравнению с контролем (хорошая влагосвязывающая способность) и с достаточно приемлемыми органолептическими свойствами. Более того, ливерные колбасы с 4% суспензии инулина и 1% клетчатки гороха имели лучшие сенсорные характеристики по сравнению с контрольными колбасами.

Выводы

Инулин представляет собой неперевариваемый фруктоолигосахарид, который, с одной стороны, представляет собой хороший пребиотик, а, с другой стороны, обладает технологическими свойствами, которые позволяют имитировать жир в продукте. При гидратации инулин формирует гель, имеющий структуру, схожую с жирами, обладает нейтральным вкусом и запахом, и не оказывает влияния на аромат мясосопродуктов. Инулин можно вносить в состав мясных продуктов в форме порошка или в предварительно гидратированном виде. Ферментированные колбасы с низким содержанием жира с хорошими органолептическими свойствами, изготовленные с добавлени-

binding capacity of inulin, and higher hardness because of strengthening the connections between stuffing ingredients. The influence of inulin on the sausage texture depends on the solubility of the inulin itself (short chain molecules are more soluble), so the use of 9% inulin (degree of polymerization- $DP < 10$) in the stuffing does not have a negative impact on the product texture [38].

Inulin suspension in water could be prepared similarly as described by fermented sausages, but without freezing and in the different inulin-water ratio, which means 30% [2] or 35% [40] inulin in water. The suspension is prepared by mixing the inulin powder with warmed water at 75°C or 85°C, respectively. Alvarez et al., [40] used also a β -glucan gel, which is prepared by dissolving 10% β -glucan in water with consequent heating until boiling. Inulin suspension is usually added in meat batter with fatty tissue followed by chopping and mixing till the final stuffing is obtained. During the heat treatment, inulin suspension reacts with meat proteins giving a compact matrix. Compared to inulin powder, inulin suspension is less capable of holding water in meat batter but this could be improved by the simultaneous addition of β -glucan gel (0,3–0,6%) with inulin suspension (3–6%) which could result in obtaining of low-fat sausages with good sensory properties [40]. According to Vasilev et al., [2] in cooked sausage produced with 52,5% meat, 22,5% water (ice) and 25% fatty tissue, inulin suspension (inulin:water ratio 1:3) could replace up to 32% of fatty tissue (8% inulin gel and 17% fatty tissue in the stuffing), giving a product that contains 3% more water than the control (good water binding capacity) and with quite acceptable sensory properties. Even more, liver sausages with 4% inulin suspension and 1% pea fiber, showed a better sensory quality than the control sausage.

Conclusions

Inulin represents a non-digestible fructooligosaccharide that on the one hand represents a good prebiotic substance and from the other hand possesses such technological properties that make it a good fat replacer. In aqueous systems inulin forms a gel having a structure similar to fats, it has a neutral taste and smell and has no impact on the aroma of meat products. Inulin could be added to meat products in form of powder as well as a water suspension. Low fat fermented sausages with good sensory quality could be produced with the addition of inulin as a fat replacer, and such products have a bit lower pH- and a_w -value and

ем инулина в качестве заменителя жира, имеют более низкие значения рН и активности воды, содержат больше молочнокислых бактерий по сравнению с традиционными продуктами. Более ускоренное снижение рН и активности воды в ферментированных колбасах, обогащенных инулином, позволяет сократить продолжительность процесса производства. В термообработанных колбасах, инулин улучшает влагоудерживающую способность и стабильность мясного фарша, что позволяет уменьшить термопотери и не оказывает неблагоприятного влияния на органолептические свойства продукта с пониженным содержанием жира. Однако существует ряд особенностей, которые необходимо принимать во внимание в случае использования инулина — это его количество, добавляемое в продукт и степень полимеризации. В противном случае, избыточное количество инулина может оказать негативное влияние на сенсорные свойства продукта, а также привести к проблемам с пищеварением.

Благодарности

Данная статья является результатом работы в рамках исследовательских проектов No III46009 и TR31034, финансируемых Министерством образования, науки и технологического развития Республики Сербия.

contain a higher number of lactic acid bacteria than conventional products. As the pH- and a_w -value drop faster in inulin enriched fermented sausages, this could be used as an advantage in terms of the shortening of usual duration of the production process. In heat treated sausages, inulin improves water holding capacity and stability of the low-fat meat batter, which reduces cooking loss and shows no adverse effect on the sensory properties of the low-fat product. But, there are also certain limitations because it should be paid attention to the degree of polymerization as well as the amount of inulin added the product. Otherwise, on the one hand, there could be some adverse effects on sensory properties of the product and from the other hand, an excessive amount of inulin could lead to digestive problems by consumers.

Acknowledgements

This paper is a result of the work on the research projects No III46009 and TR31034 funded by the Ministry of education, science and technological development of the Republic of Serbia.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Saicic, S. Fatty acids and cholesterol content in certain meat products from the national market/ S. Saicic, D. Trbovic, D. Vranic, S. Jankovic, S. Stefanovic, R. Petronijevic // *Meat Technology*. — 2010. — V. 51. — № 1. — P. 52-59.
- Vasilev, D. Qualität und Nährwert von mit Inulin und Erbsenfasern als Fettgewebe-Ersatzstoffe hergestellten Rohwürsten / D. Vasilev, S. Saicic, N. Vasiljevic // *Fleischwirtschaft*. — 2013. — V. 93. — № 3. — P. 123-127.
- Jimenez-Colmenero, F. Healthier meat and meat products: their role as functional foods/ F. Jimenez-Colmenero, J. Carballo, S. Cofrades // *Meat Science*. — 2001. — V. 59. — № 1. — P. 5-13.
- Jimenez-Colmenero, F. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats/ F. Jimenez-Colmenero // *Trends in Food Science and Technology*. — 2007. — V. 18. — P. 567-578.
- Casey, J.L. Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men / J.L. Casey, J.M. Feirtag, D.D. Gallaher, B.C. Tungland, J.L. Slavin // *Nutrition Research*. — 2000. — V. 20. — № 2. — P. 191-201.
- Holzappel, W.H. Introduction to pre- and probiotics / W. H. Holzappel, U. Schillinger // *Food Research International*. — 2002. — V. 35. — P. 109-116.
- Lopez-Molina, D. Molecular properties and probiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.) / D. Lopez-Molina, M.D. Navarro-Martinez, F.R. Melgarejo, A.N.P. Hiner, S. Chazarra, J.N. Rodriguez-Lopez // *Phytochemistry*. — 2005. — Vol. 66. — P. 1476-1484.
- Arihara, K. Strategies for designing novel functional meat products / K. Arihara // *Meat Science*. — 2006. — V. 74. — P. 219-229.
- Vasilev, D. Qualität und Mikrofiora von funktionellen Rohwürsten, Untersuchung von Würsten, die mit KCl und CaCl₂ als Kochsalz-Ersatzstoffe hergestellt und mit dem Probiotikum L. Casei LC01 sowie einem Präbiotikum angereichertwordensind / D. Vasilev, M. Jovetic, D. Vranic, V. Tomovic, M. Jokanovic, M. Dimitrijevic, N. Karabasil, N. Vasiljevic // *Fleischwirtschaft*. — 2016. — V. 96. — № 2. — P. 96-102.
- Kaltovich I.V., Dymar O.V. New meat products with immunomodulatory effect creation method. Theory and practice of meat processing. 2016;1(4):28-42. DOI:10.21323/2414-438X-2016-1-4-28-42
- Henderikx F. Labeling of food: a challenge for many // *Veterinar-ski Glasnik*, online first edition, DOI: 10.2298/VETGL170214001H — [electronic resource]. — 2017. — access mode: <https://doi.org/10.2298/VETGL170214001H>
- Li J. M. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods / J. M. Li, S. P. Nie // *Food Hydrocolloids*. — 2016. — V. 53. — P. 46-61.
- Tobacman J. K. Review of harmful gastrointestinal effects of carrageenan in animal experiments // *Environ Health Perspect*. — 2001. — V. 109. — №10. — P. 983-994.
- Tetsuguchi M. Effects of curdlan and gellan gum on the surface structure of intestinal mucosa in rats / M. Tetsuguchi, S. Nomura, M. Katayama, Y. Sugawa-Katayama // *J Nutr Sci Vitaminol*. — 1997. — V. 43. — №5. — P. 515-27.
- Neburchilova N. F., Petrunina I. V. Principles of determination of value in use for meat and meat products based on quality indicators — the coefficients of consumer properties. Theory and practice of meat processing. 2016;1(3):81-95. DOI:10.21323/2414-438X-2016-1-3-81-95
- Shoab, M. Inulin: Properties, health benefits, and food applications/ M. Shoab, A. Shehzada, M. Omar, A. Rakhaa, H. Razaa, H. Rizwan Sharif, A. Shakeela, A. Ansaria, S. Niazia // *Carbohydrate Polymers*. — 2016. — V. 147. — P. 444-454.
- Roberfroid, M. Functional food concept and its application to prebiotics / M. Roberfroid // *Digestive and Liver Disease*. — 2002. — V. 34. — № Suppl. 2. — S. 105-110.
- Rao, V.A. The prebiotic properties of oligofructose at low intake levels / V. A. Rao // *Nutrition Research*. — 2001. — V. 21. — № 6. — P. 843-848.
- Jackson, K.G. The effect of the daily intake of inulin on fasting lipid, insulin and glucose concentrations in middle-aged men and women / K.G. Jackson, G.R.J. Taylor, A.M. Clohessy, C. MWilliams // *British Journal of Nutrition*. — 1999. — V. 82. — № 1. — P. 23-30.
- Nitsch, P. Sensorische Qualität beibehalten / P. Nitsch // *Fleischwirtschaft*. — 2006. — V. 86. — № 11. — P. 41-46.
- Bonnema, A.L. Gastrointestinal tolerance of chicory inulin products / A.L. Bonnema, L.W. Kolberg, W. Thomas, J.L. Slavin // *Journal of the American Dietetic Association*. — 2010. — V. 110. — № 6. — P. 865-868.
- Ripoll, C. Gastrointestinal tolerance to an inulin-rich soluble roasted chicory extract after consumption in healthy subjects / C. Ripoll, B. Flourie, S. Megnien, O. Hermand, M. Janssens // *Nutrition*. — 2010. — V. 26. — № 7-8. — P. 799-803.
- Mendoza, E. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages / E. Mendoza, M.L. Garcia, C. Casas, M.D. Selgas // *Meat Science*. — 2001. — Vol. 57. — № 4. — P. 387-393.
- Modzelewska-Kapitula, M. Investigation of the potential for using inulin HPX as a fat replacer in yogurt production / M. Modzelewska-Kapitula, L. Klebukowska // *International Journal of Dairy Technology*. — 2009. — V. 62. — № 2. — P. 209-214.

25. January, L. Ballaststoff als Fettersatz, Mit Inulin werden Wurst und Fleischwaren fit für den Wellnesstrend / L. Jänvåry // *Fleischwirtschaft*. — 2005. — V. 85. — № 2. — P. 22–23.
26. Kalyani Nair, K. Inulin dietary fiber with functional and health attributes — a review / K. Kalyani Nair, S. Kharb, D. K. Thompkinson // *Food Reviews International*. — 2010. — V. 26. — № 2. — P. 189–203.
27. Imeson A. Food stabilisers, thickeners and gelling agents. Oxford, UK; Blackwell — 2010. — Publishing Ltd.
28. January, L. Fleischerzeugnisse mit Mehrwert / L. Jänvåry // *Fleischwirtschaft*. — 2006. — V. 86. — № 11. — P. 51–54.
29. Müller, W. D. Funktionelle Fleischerzeugnisse — Rohwürste // *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach*. — 2006. — V. 45. — P. 185–191.
30. Vasilev, D. Some quality parameters of functional fermented, cooked and liver sausages / D. Vasilev, I. Vukovic, S. Saicic // *Meat Technology*. — 2011. — V. 52. — № 1. — P. 141–153.
31. Vasilev, D. Some important physical, physico-chemical and sensory properties of functional fermented sausages / D. Vasilev, I. Vukovic, V. Tomovic, M. Jokanovic, N. Vasiljevic, M. Milanovic-Stevanovic, M. Tubic // *Meat Technology*. — 2009. — V. 50. — № 5–6. — P. 342–350.
32. Leistner, L. Allgemeines über Rohwurst / L. Leistner // *Fleischwirtschaft*. — 1986. — V. 66. — № 3. — P. 290–300.
33. Muguerza, E. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages / E. Muguerza, G. Fista, D. Ansorena, I. Astiasaran, J. G. Bloukas // *Meat Science*. — 2002. — V. 61. — № 4. — P. 397–404.
34. Vasilev, D. The composition and significant changes in fats of functional fermented sausage / D. Vasilev, I. Vukovic, S. Saicic,

- N. Vasiljevic, M. Milanovic-Stevanovic, M. Tubic // *Meat Technology*. — 2010. — V. 51. — № 1. — P. 27–35.
35. Pennacchia, C. Potential probiotic *Lactobacillus* strains from fermented sausages: Further investigations on their probiotic properties / C. Pennacchia, E.E. Vaughan, F. Villani // *Meat Science*. — 2006. — V. 73. — № 1. — P. 90–101.
36. Smits G., Daenekindt L., Booten K. Fraktionierte, polydisperse Zusammensetzungen, Patent DE69512071T2 // *Google Patents* — [Electronic resource]. — 2000. — access mode: <http://google.com/patents/DE69512071T2?cl=tr>
37. Mohan A. Basics of sausage making, Formulation, Processing and safety // UGA Extension Bulletin 1437. University of Georgia and Fort Valley State University, the U. S. — 2014. — P. 5–8. Available from: <http://efsonline.uga.edu/wp-content/uploads/2016/08/Basics-of-Sausage-Making.pdf>
38. Keenan, D.F. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach / D.F. Keenan, V.C. Resconi, J.P. Kerry, R.M. Hamill // *Meat Science*. — 2014. — V. 96. — № 3. — P. 1384–1394.
39. Honikel K. O., Hamm R. Measurement of water-holding capacity and juiciness. In Pearson A. M., Dutson T. R. (Eds.). *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. London: Chapman & Hall. — 1994. — P. 125–161.
40. Álvarez, D. Effect of inulin, β -Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters / D. Álvarez, S. Barbut // *Meat Science*. — 2013. — V. 94. — № 3. — P. 320–327.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Василев Драган — адъюнкт-профессор, Белградский Университет — Факультет ветеринарной медицины.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: vasilevd@vet.bg.ac.rs

Джёрджевич Весна — старший научный сотрудник, Институт гигиены и технологии мяса.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: vesna.djordjevic@inmes.rs

Карабасил Неджелко — адъюнкт-профессор, Белградский Университет — Факультет ветеринарной медицины.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: nedja@vet.bg.ac.rs

Димитриевић Мирьяна — адъюнкт-профессор, Белградский Университет — Факультет ветеринарной медицины.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: mirjana@vet.bg.ac.rs

Петрович Зоран — научный сотрудник, Институт гигиены и технологии мяса.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: zoran.petrovic@inmes.rs

Велебит Бранко — Старший научный сотрудник, Институт гигиены и технологии мяса.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: branko.velebit@inmes.rs

Теодорович Владо — профессор, Белградский Университет — Факультет ветеринарной медицины.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: vteodorovic@vet.bg.ac.rs

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 07.04.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Vasilev Dragan — Associate professor, University of Belgrade- Faculty of veterinary medicine.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: vasilevd@vet.bg.ac.rs

Djordjević Vesna — Senior Research Associate, Institute of meat hygiene and technology.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: vesna.djordjevic@inmes.rs

Karabasil Nedjeljko — Associate professor, University of Belgrade- Faculty of veterinary medicine.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: nedja@vet.bg.ac.rs

Dimitrijević Mirjana — Associate professor, University of Belgrade- Faculty of veterinary medicine.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: mirjana@vet.bg.ac.rs

Petrović Zoran — Research Associate, Institute of meat hygiene and technology.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: zoran.petrovic@inmes.rs

Velebit Branko — Senior Research Associate, Institute of meat hygiene and technology.
Kačanskog 13, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2650-722
E-mail: branko.velebit@inmes.rs

Teodorović Vlado — Full professor, University of Belgrade- Faculty of veterinary medicine.
Bulevar oslobođenja 18, 11000, Belgrade, Serbia
Tel.: +381-11-2685-653
E-mail: vteodorovic@vet.bg.ac.rs

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 07.04.2017