

УДК 664.93

DOI: [https://doi.org/10.14258/zosh\(2023\)1.19](https://doi.org/10.14258/zosh(2023)1.19)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЯСНЫХ ПАШТЕТОВ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖИРА

Момчилова Мария Мариановна

главный ассистент, кандидат наук, департамент пищевых технологий. Институт сохранения и качества пищевых продуктов, Пловдив, Болгария.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0328-6844>. E-mail: masha821982@abv.bg

INFLUENCE OF DIFFERENT STERILIZATION REGIMES ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF MEAT PÂTÉS WITH REDUCED FAT CONTENT

Momchilova Maria Marianovna

Assistant, PhD, Division of Food Technology. Institute of Food Preservation and Quality, Bulgaria.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0328-6844>.

E-mail: masha821982@abv.bg

Аннотация. В настоящей работе рассматривается возможность получения паштета из мяса птицы, обогащенного функциональными ингредиентами и улучшенного химического состава.

Цель работы: Целью этого исследования было оценить влияние термической обработки на текстуру, цветовые характеристики, стабильность эмульсии и окислительные изменения в липидной фракции мясных паштетов с пониженным содержанием жира.

Материал и методы исследования: Инулин Orafti®HPX (Beneo-Orafti Ltd., Бельгия) используется в виде геля, полученного гидратацией в соотношении 1: 4 (w/v), и добавляется в процессе резки. Термообработка паштетов проводилась в пяти режимах стерилизации. Образцы паштетов оценивали на текстуру, цвет, стабильность эмульсии и изменения липидной фракции после стерилизации.

Результаты исследования. Наблюдалась прямая зависимость проводимых режимов термообработки от исследуемых параметров. Наименьшая стабильность эмульсии была получена у образца с самым длительным режимом стерилизации и максимальной температурой обработки - у образца 4 (98.94%). Установлено, что существует взаимосвязь между твердостью ($p < 0.05$) и режимами стерилизации, а также между применяемой температурой и образованием первичных и вторичных продуктов перекисного окисления липидов.

Выводы. Было обнаружено, что применяемые термообработки влияют на текстуру, цвет, стабильность эмульсии и окислительные изменения липидной фракции паштетов. Добавление инулина и чечевичной муки может быть успешно использовано для улучшения пищевых, оздоровительных и технологических свойств получаемых паштетов.

Ключевые слова: заменитель жира, инулин, текстура, стабильность эмульсии, окисление липидов, термообработка

Annotation. In this paper, we consider the possibility of obtaining a poultry meat pate enriched with functional ingredients and improved chemical composition. **Objective:** The aim of this research was to evaluate the effect of heat treatment on textural, colour parameters, emulsion stability and lipid content in the lipid fraction of low-fat meat pates.

Materials and research methods. Inulin Orafti®HPX (Beneo-Orafti Ltd., Belgium) was used in the form of a gel obtained by hydration in proportion 1:4 (w/v) and was added during the cutting process. The heat treatment of the pâtés was performed by five sterilization modes. Samples of pâtés were evaluated for texture, colour, emulsion stability and changes in lipid fraction after sterilization.

The results of the study. Direct relationship between the conducted modes of heat treatment and the studied parameters was observed. The lowest emulsion stability was obtained in the sample with the longest sterilization regime and the highest processing temperature - sample 4 (98.94%). It was found that there is a relationship between hardness ($p < 0.05$) and sterilization regimes, as well as between the applied temperature and the formation of primary and secondary products of lipid peroxidation.

Conclusions. It was found that the applied heat treatments affect the texture, colour, emulsion stability and oxidative changes in the lipid fraction of the pastes. The addition of inulin and lentil flour can be successfully used to improve the nutritional, health and technological properties of the resulting pâtés.

Key words: fat replacer, inulin, texture, emulsion stability, lipid oxidation, heat treatment

Введение. Консервирование пищевых продуктов путем стерилизации заключается в том, что продукт нагревается при определенной температуре в течение определенного времени (Stoforos, 2015). На качественные характеристики консервов влияют температура, время обработки и содержание жира. Слишком тяжелая термообработка может привести к денатурации белков, изменению внешнего вида продукта, текстуры, вкуса, снижению задержки воды (Pena-Ramos et al., 2002). Мясные паштеты - это мясные продукты эмульсионного типа с высоким содержанием жира (Rezler et al., 2020). Паштеты являются доступными мясными продуктами, их производят из мяса птицы, говядины или свинины, печени, диафрагмы, легких, почек, мясной обрезки и мягкого жира свинины, поскольку эти ингредиенты являются источником насыщенных жирных кислот, имеют более высокое содержание энергии и холестерина (Özvural et al., 2008; Lorenzo et al., 2014; Bayana et al., 2020). Жиры - один из основных компонентов мясных продуктов, от которых зависит их текстура и вкус (Tobin et al., 2013). Они оказывают стабилизирующее действие на эмульсию, образованную экстрагированными мясными белками, тем самым способствуя улучшенной консистенции и сочности (Morin et al., 2004) и конечные вкусовые характеристики продукта (Santhia et al., 2017). Подтверждена их положительная роль в снижении сжатия белковой сети при тепловой обработке мясной массы (Feiner, 2006). Снижение уровня жира без каких-либо добавок приводит к несвязанной воде в системе (Kim et al., 2018). По этой причине, убавление жира предполагает технологические и коммерческие проблемы в производстве мясных продуктов с измененной формулировкой и

органолептическими характеристиками (García et al., 2006). Подавляющее большинство ингредиентов, используемых в качестве полных или частичных заменителей жира, можно классифицировать как заменители белка, синтетические соединения на основе жиров и углеводов (Varga-Visi et al., 2017). Белки соединительной ткани являются заменителями белков и жиров (Lee et al., 2016). Не мясные добавки, используемые в качестве заменителей жира, включают пшеничную муку - в куриных укусах (Tamsen et al., 2018), соевую муку - в говяжьих колбасах (Behailu and Abebe, 2020), нерастворимые пищевые волокна (Bis-Souza et al., 2018), соевые белки (Ulca et al., 2014), или концентрат сывороточного протеина - в колбасах (Abdolghafour & Saghir, 2014). Пребиотик инулин - это функциональная добавка к пищевым продуктам, у которой есть будущее в этом отношении (Shoib et al., 2016; Souza et al., 2019). Функциональность заменителей жира на основе углеводов установлена в зависимости от их способности увеличивать вязкость, образовывать гели, обеспечивать ощущение во рту и текстуру, а также увеличивать водоудерживающую способность. Способность образовывать гель имеет решающее значение для его использования в качестве заменителя жира в мясных продуктах (Hennelly et al., 2006; Kipet et al., 2006; Rodriguez Furlán et al., 2011). Добавление инулина увеличило содержание пищевых волокон в продукте, улучшив профиль питательных веществ. Следовательно, пищевые волокна могут быть добавлены в эмульгированные мясные продукты с низким содержанием жира, чтобы компенсировать неприятный вкус, вызванный пониженным содержанием жира, уменьшить потери при варке и

улучшить характеристики текстуры и аромата, тем самым улучшая качество эмульгированных мясных продуктов с низким содержанием жира (Zhang et al., 2020). Как натуральное растворимое пищевое волокно, инулин обладает способностью контролировать липиды в крови, улучшать функцию кишечника, способствовать всасыванию минералов и другим функциям, а также может повышать чувство сытости человеческого тела (Meuer et al., 2011). Инулин цикория представляет собой белый порошок без запаха и вкуса, который химически стабилен в нейтральной и щелочной среде, независимо от времени и температуры нагревания (Glibowski and Bukowska, 2011), но его стабильность снижается в кислой среде при $pH \leq 4$. Согласно с Barclay et al. (2010), инулин обладает способностью снижать риск сердечно-сосудистых заболеваний, благотворно влияет на уровень холестерина и глюкозы в плазме. Al-Sheraji et al. (2013) отметил, что многочисленные исследования на животных и людях были проведены в отношении возможной непереносимости, вызванной инулином и олигофруктозой, и что единственные наблюдаемые биологические эффекты связаны с их действием в виде неперевариваемых ферментируемых углеводов, вызывающих желудочно-кишечные расстройства (Bosscher et al., 2006). Согласно (Bodner and Sieg, 2009) использование инулина в мясных продуктах должно быть в количестве до 4g/100g продукта, так как более высокое содержание может привести к образованию неприятных газов.

Инулин - это хорошо известный и успешный пищевой ингредиент в мясной промышленности благодаря его уникальной способности улучшать вкус и текстуру различных мясных продуктов (Fahimeh et al., 2019). Прямое влияние препаратов инулина на компоненты текстурного профиля (Alvarez & Barbut, 2013; Cegiela and Tambor, 2012) вместе с растущим потребительским спросом на более полезные мясные продукты открывают интересную возможность для улучшения питательного профиля мясных продуктов. С другой стороны, бобовые, в том числе чечевица, считаются хорошими источниками белка, медленно

высвобождаемых углеводов, пищевых волокон, минералов и витаминов. Чечевица - хороший источник минералов. Калий (K) это элемент с наибольшим содержанием в нем - со средним значением 1055.1 мг/100г. Количество кальция (Ca) из 48.4 до 190.1 мг/100г; меди (Cu) - от 0.8 до 2.3 мг/100г и из железа (Fe) - от 6.6 до 9.8 мг/100г. Магний (Mg) колеблется от 121.5 до 167.1 мг/100г; марганец (Mn) - от 1.2 до 3.4 мг/100г; фосфор (P) - от 282.9 до 725.8 мг/100г и цинк (Zn) - от 2.9 до 6.1 мг/100г (Iqbal et al., 2006; Wang et al., 2006; Dev et al., 2010). Чечевица - отличный источник витаминов А, В, железа и клетчатки. В отличие от мяса, птицы, рыбы и яиц, чечевица не содержит холестерина и почти не содержит жира. Чечевица успешно используется в качестве связующего в обезжиренных фрикадельках и бургерах из говядины Serdaroglu et al. (2005) и в пастеризованных паштетах Antipova et al. (2016). Замена жира инулином и чечевичной мукой оказывает сильное влияние на текстуру паштета. Это особенно актуально для стерилизованных мясных паштетов, где влияние высокотемпературной обработки на эмульгирующую способность модифицированного состава мясной матрицы изучено недостаточно.

Цель работы: Целью работы является изучение влияния термической обработки (стерилизации) на текстурные, цветовые параметры, стабильность эмульсии и окислительные изменения липидной фракции нежирных мясных паштетов.

Методы исследования

Для производства мясного паштета использовались следующие ингредиенты: мясо индейки без костей - 30%; куриная печень - 10%; яичный меланж - 18%; инулин - 12.5%; мягкий жир свиной - 11.25%; кукурузный крахмал - 2%; чечевичная мука - 1.25%; поваренная соль - 1.5%; нитрат натрия - 0.005%; полифосфаты - 0.2%; черный перец - 0.3%; мускатный орех - 0.05%; кориандр - 0.15% и питьевая вода - 15%. Инулин Orafti@HPX, (Beneo-Orafti Ltd., Belgium) был использован в форме геля, полученного гидратацией, как описано Latoch et al. (2016), и был добавлен в процессе резки. Опытные паштеты готовили из размороженного и нарезанного мяса птицы измельчением в куттере (Fimar CL/5)

и с добавлением печени птицы. Во время нарезки добавляли соли, полифосфаты, яичный меланж, специи, инулин и чечевичную муку. Во время резки, воды добавляли до 15% по массе мяса. Приготовленную мелкую и однородную мясную смесь нагревали до 70 °С и разливали вручную в банки размером Н=26.5 mm и D=99 mm. Банки закрывались укупорочной машиной (Lanico Maschinenbau, Otto Niemsch KG, Braunschweig) и стерилизованы в лабораторном автоклаве при пяти различных режимах стерилизации (Таблица 1). Для определения стабильности эмульсии метод, описанный (Ockerman, 1985; Zorbaet al., 1993) был использован.

Анализ профиля текстуры (ТРА) готового продукта (Bourne, 1978) был выполнен с использованием анализатора текстуры TA-XT.Plus (Stable Micro Systems, Surrey, GB), применяя цилиндр в трубчатой конфигурации диаметром 30,37 mm и высотой 51,75 mm. Он был заполнен 30 g образца до высоты 40 mm. Образцы сжимали дважды со скоростью 2 mm s⁻¹ до 20 mm деформации. Время релаксации между

двумя сжатиями было установлено на 5 s. Твердость, адгезия, гомогенность и рыхлость были рассчитаны для дальнейшего анализа (Bourne, 1978; Bourne, 2002). Цветовые параметры определяли спектрофотометрически, методом Minolta Chroma meter (model CR 410, Osaka, Japan) под системой CIELab.

Перекисное число определяли спектрофотометрически по описанной методике (Hornero-Méndez et al., 2001). Для определения веществ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (TBARS), использовали метод, описанный по (Sørensen and Jørgensen, 1996). Статистическую обработку, полученных данных, производили с использованием программных систем Statgraphics 16. Эксперименты проводились с трехкратной повторностью, а данные в таблицах и графиках являются средними арифметическими измеряемых показателей. Статистически значимые различия были обнаружены с вероятностью менее 0.05.

Результаты

Таблица 1

Данные по перекисному числу, тиобарбитуровое число для паштетов с низким содержанием жира, стерилизованных в различных режимах

| Показатель | Образец | | | | |
|--|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Температура, (°C) | 111 | 121 | 111 | 121 | 116 |
| Время выдержки (min) | 24 | 24 | 70 | 70 | 47 |
| Смертельный эффект (min) | 2.57 min | 24.79 min | 6.52 min | 55.51 min | 15.74 min |
| Тиобарбитуровое число, mg MDA kg ⁻¹ | 1.27±0.02 ^a | 1.32±0.03 ^b | 1.33±0.02 ^b | 1.54±0.02 ^d | 1.48±0.02 ^c |
| Пероксидное число (%) | 0.18±0.01 ^a | 0.22±0.01 ^{ab} | 0.4±0.00 ^c | 0.43±0.05 ^c | 0.23±0.02 ^b |

Значения для соответствующей выборки являются средним арифметическим трех измерений для данного показателя

^{a-d} - значения в одном столбце с общим верхним индексом статистически не различались ($p < 0.05$)

Таблица 2

Данные по стабильности эмульсии, текстуре, цветовым показателям для нежирных паштетов, стерилизованных при различных режимах

| Показатель | Образец | | | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Стабильность эмульсии (%) | 99.79±0.02 ^d | 99.97±0.02 ^e | 99.66±0.02 ^c | 98.94±0.02 ^a | 99.51±0.02 ^b |

| Цветовые параметры | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| (L*) | 57.10+0.60 ^c | 56.49+0.24 ^b | 56.23+0.24 ^b | 52.50+0.43 ^a | 56.31+0.36 ^b |
| (a*) | 4.99+0.29 ^b | 4.31+0.1 ^a | 4.99+0.14 ^b | 5.78+0.06 ^c | 5.02+0.1 ^b |
| (b*) | 11.61+0.35 ^a | 12.75+0.15 ^b | 11.9+0.2 ^a | 12.64+0.94 ^b | 12.61+0.19 ^b |
| (C) | 12.64+0.42 ^a | 13.46+0.13 ^{bc} | 12.91+0.15 ^{ab} | 13.9+0.88 ^c | 13.37+0.2 ^c |
| (h) | 66.75+0.75 ^b | 71.33+0.54 ^d | 67.24+0.86 ^{bc} | 65.36+1.36 ^a | 68.3+0.36 ^c |
| (ΔE) | 1.36+0.01 ^d | 0.83+0.01 ^b | 0.69+0.01 ^a | 1.36+0.01 ^d | 1.29+0.01 ^c |
| Анализ профиля текстуры (ТРА) | | | | | |
| Твердость, N | 62.02±3.78 ^d | 33.84±1.41 ^{bc} | 30.3±3.06 ^b | 23.91±1.96 ^a | 34.26±3.47 ^c |
| Адгезия (клейковистость) Nmm | 48.57±4.46 ^b | 27.53±7.8 ^a | 26.61±7.03 ^a | 19.82±3.36 ^a | 24.54±5.05 ^a |
| Гомогенность | 0.25±0.03 ^a | 0.25±0.03 ^a | 0.27±0.04 ^a | 0.22±0.03 ^a | 0.25±0.06 ^a |
| Рыхлость, N | 15.19±1.47 ^c | 8.56±0.71 ^b | 8.1±1.62 ^b | 5.36±0.95 ^a | 8.38±1.32 ^b |

Значения для соответствующей выборки являются средним арифметическим трех измерений для данного показателя

^{a-d} - значения в одном столбце с общим верхним индексом статистически не различались ($P < 0.05$)

Дискуссия

В таблице 1 приведены средние значения для веществ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой. Было обнаружено, что наименьшее количество мг MDA kg⁻¹ было накоплено в пробе 1 (1.27 mg MDA/kg⁻¹). Наибольшее накопление мг MDA kg⁻¹ наблюдается на образцах 4 (1.54 mg MDA/kg⁻¹), где режим стерилизации дольше и температура выше (121 °C). Аналогичные результаты были получены и из Al-Abdullah et al. (2011). По мнению некоторых авторов, (Joo et al., 1999; Sasaki et al., 2001; Estévez et al., 2003; Lorenzo et al., 2014), более высокое содержание жира приводит к большему количеству продуктов реакции окисления. В этих образцах более легко окисляемые мышечные фосфолипиды остаются более уязвимыми для процессов окисления, происходящих во время термической обработки.

Экспериментальные данные, полученные при текстурном анализе (Таблица 2), показали, что по показателю твердость были выявлены значительные различия между отдельными образцами. По мнению некоторых авторов, твердость мясных продуктов связана с содержанием жира. Ряд авторов (Ventanas et al., 2010; Segielka and Tambor, 2012) обнаружили, что уменьшение содержания жиров в мясных продуктах приводит к снижению твердости, а также других параметров текстуры. В наших образцах наибольшая твердость

обнаружена в образце 1, который был изготовлен в кратчайшем режиме термообработки и статистически отличался от всех остальных образцов ($p < 0.05$). Наименьшее заявленное значение параметра твердости было получено в образце 4, уменьшение твердости было обратно пропорционально режиму стерилизации, т.е. более высокая температура и более длительное время стерилизации приводят к продукту с более низкой твердостью, например, результаты также коррелируют с результатами по стабильности эмульсии. Для параметра адгезивности наибольшее значение получено для образца 1 ($p < 0.05$), который статистически различим. Рыхлость, как текстурный параметр, носит комплексный характер, что дает обобщенное представление о структурно-механических свойствах исследуемого продукта, влияющих на его поведение при потреблении. По параметру рыхлость было выявлено, что потребление образца 1 связано с наибольшим требуемым усилием жевания. Это более высокое значение было ожидаемым, учитывая получение более высоких значений индекса твердости того же образца. Образцы 1 и 4 статистически различались ($p < 0.05$) от других образцов, и эта разница коррелировала с показателем твердости.

Самым низким является значение стабильности эмульсии образца 4 (98.94 %)

которые имели наибольшее время стерилизации и самую высокую температуру обработки, которая статистически отличается ($p < 0.05$) из всех остальных образцов.

Наилучшая стабильность эмульсии зафиксирована в образцах 2 (99.97%), где время стерилизации было намного короче. Согласно с (Kim et al., 2001; Santhia et al., 2017; Glorieux et al., 2019), на образование стабильного геля и стабильной мясной эмульсии влияет ряд факторов, таких как температура и время термообработки, активная кислотность среды и т.д. Возможно, термическая обработка повлияла на структуру углеродных цепей, образованных чечевичной мукой и добавлением геля инулина, следовательно, на их способность стабилизировать мясные эмульсии (Fuentes et al., 2010; Varbut and Youssef, 2016).

Используемые режимы стерилизации статистически значимо влияют на значение L^* , наибольшее значение наблюдается в образце 1 ($p < 0.05$) - 57.10, и самое низкое зарегистрированное значение - в образце 4, который статистически различим ($p < 0.05$) из других образцов. Согласно с (Ganhão et al., 2010; Andrés-Bello et al., 2013) более длительное время термообработки и более высокая температура приводят к увеличению окисления липидов и пигментов миоглобина, что снижает значения цветовых параметров. Составляющая красного цвета вместе с яркостью были важнейшими показателями цветовых характеристик мясных продуктов. Более высокие значения a^* выражались в более красном цвете продукта, что имело большое значение для его восприятия потребителем Andrés-Bello et al. (2013). Наибольшее значение было зарегистрировано в образце 4, который был статистически различимым ($p < 0.05$) среди

других образцов, а самое низкое значение было зарегистрировано в образце 2.

Значения красного компонента следовали тенденции к увеличению с увеличением времени стерилизации и температуры. Более высокое значение насыщенности цвета (C) означает более высокую насыщенность измеряемого цвета. Наивысшая степень насыщенности цвета измерена в образце 4, который статистически отличался ($p < 0.05$) от других образцов, следующие более высокие значения были измерены в образцах 5 и 2, которые статистически отличаются ($P < 0.05$) друг от друга.

Цветовые данные тона (h) показывают статистически значимую разницу ($p < 0.05$) между отдельными образцами, и на этот показатель влияет время стерилизации. Значения ΔE на 2-м часу показывают стабильность цвета при воздействии света и кислорода. Меньшие полученные значения указывают на более стабильный продукт. Полученные значения дают основание утверждать, что использование двух функциональных добавок - инулина и чечевичной муки в сочетании с применением различных режимов стерилизации влияет на цветовые параметры мясных паштетов. Согласно с Jiménez-Colmenero et al. (2010) нежирные мясные продукты имеют более высокие показатели яркости из-за большего светорассеяния. С другой стороны, Cáceres et al. (2004) сообщил, что инулин, добавленный в мясные продукты, успешно имитирует гляцевые свойства, аналогичные свойствам жиров. Согласно с Jaeger et al. (2010) темный цвет продуктов получается из-за продолжающейся реакция Майярда между восстанавливающими сахарами и аминокислотами, которая часто встречается в пищевых продуктах, подвергнутых термической обработке.

Выводы (рекомендации).

1. В результате анализа полученных результатов было установлено, что более длительный режим стерилизации приводит к лучшим текстурным показателям в образце 4 по сравнению с самым коротким режимом в образце 1.

2. Установлено, что термическая обработка влияет на тиобарбитуровое

число и перекисное число, а более длительные режимы при более высоких температурах приводят к накоплению более высоких mg MDA kg^{-1} и более высокое перекисное число.

3. Что касается параметров цвета и стабильности цвета, видно, что более короткий режим при более низкой

температуре оказывает наименьшее влияние на цветовые показатели и стабильность цветов.

4. Анализ результатов выявил, что более интенсивные режимы стерилизации приводят к более низким значениям стабильности эмульсии, на которую более существенно влияет время выдержки. Добавление инулина и чечевичной муки может успешно использоваться для

улучшения питательных, полезных и технологических свойств производимых паштетов.

5. Были удовлетворены одни из наиболее распространенных тенденций в создании функциональных мясных продуктов и требования потребительского спроса на производство современных здоровых мясных продуктов, связанных со снижением содержания жира.

REFERENCES

- Antipova L.V., A.A. Mishchenko (2016). Development of meat pates of increased nutritional and biological value using sprouted lentils. *Bulletin of VSUIT*, No. 4, pp. 115-120
- Abdolghafour, B and Saghir, A. (2014). Effect of whey protein concentrate on quality and shelf life of buffalo meat emulsion sausage. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 1 (4), 201–210.
- Al-Abdullah, B and Al-Majali, A. (2011). Effects of fat content and heat treatment on the chemical and sensory characteristics of canned luncheon meat. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 173 (799), 1-18.
- Al-Sheraji S.H., A. Ismail, M.Y. Manap, S. Mustafa, R.M. Yusof, F.A. Hassan (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5 (4), 1542-1553. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.009>
- Álvarez, D and Barbut, S. (2013). Effect of inulin, β -glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. *Meat Science*, 94 (3), 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.02.011>
- Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V., García-Segovia, P., Mir-Bel, J., Martínez-Monzó, J. Effect of pH on color and texture of food products. *Food Engineering Reviews*, 2013, 5 (3), 158-170. <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9067-2>
- Antipova, L.V., Mihtenko, A. A. (2016). Development of meat pates of increased nutritional and biological value using germinated lentil grain. *Bulletin VGUIT*, 4, pp. 115-120. (In Russian)
- Barbut, S and Youssef, M. (2016). Effect of gradual heating and fat/oil type on fat stability, texture, color, and microstructure of meat batters. *Journal of Food Science*, 81, 2199-2205. doi: 10.1111/1750-3841.13420
- Barclay T., M. Ginic-Markovic, P. Cooper, N. Petrovsky (2010). Inulin: A versatile polysaccharide with multipl pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 1, 27-50.
- Bayana, B., Sesegma, Z., Yuliya, Z., Alexander, G., & Natalya, Z. (2020). Effects of lingonberry extract on the antioxidant capacity of meat paste. *Foods and Raw materials*, 8(2). <https://cyberleninka.ru/article/n/effects-of-lingonberry-extract-on-the-antioxidant-capacity-of-meat-paste>
- Behailu, B and Abebe, M. (2020). Effect of soybean and finger millet flours on the physicochemical and sensory quality of beef meat sausage. *Asian Journal of Chemical Sciences*, 7 (1), 6–14.

- Bis-Souza, C. V., Henck, J. M. M and Barretto, A. C. D. S. (2018). Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. *Food Science and Technology*, 38 (3), 522–529. <https://doi.org/10.1590/fst.09217>
- Bodner J.M., J. Sieg (2009). Fiber. In: *Ingredients in meat products*. Springer, New York, NY, pp. 83-109.
- Bosscher D., J. van Loo, A. Franck (2006). Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. *International Dairy Journal*, 16 (9), 1092-1097. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.028>
- Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement* (2nd ed.). New York: Academic Press.
- Bourne, M.C. (1978) Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66.
- Cáceres E., M.L. Garcia, J. Toro, M.D. Selgas (2004). The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. *Meat science*, 68 (1), 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.02.008>
- Cegielka, A and Tambor, K. (2012). Effect of inulin on the physical, chemical and sensory quality attributes of polish chicken burgers. *Journal of Food Research*, 1(1), 169-178. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n1p169>
- Dev S.R., Y. Garipey, V.G. Raghavan, V. Orsat, S. Prakash (2010). Effect of thermal processes on the anti-nutritional factors of red lentils. In: 2010 Pittsburgh, Pennsylvania, American Society of Agricultural and Biological Engineers, p. 1.
- Estévez, M., Morcuende, D., Ventanas, S and Cava, R. (2003). Analysis of volatiles in meat from Iberian pigs and lean pigs after refrigeration and cooking by using SPME-GC-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (11), 3429-3435. <https://doi.org/10.1021/jf026218h>
- Fahimeh, S., Khadijeh, A., Karimian, K. N., Hedayat, H and Mojtaba, J. (2019). Optimisation of functional sausage formulation with konjac and inulin: using D-Optimal mixture design. *Foods and Raw materials*, 7 (1). <https://cyberleninka.ru/article/n/optimisation-of-functional-sausage-formulation-with-konjac-and-inulin-using-d-optimal-mixture-design>
- Feiner, G. (2006). *Meat Products Handbook: Practical Science and Technology*. Chapter: Cooked sausages, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp. 239–285.
- Fuentes, V., Ventanas, J., Morcuende, D., Estévez, M and Ventanas, S. (2010). Lipid and pro-teín oxidation and sensory properties of vacuum-packaged dry-cured ham subjected to high hydrostatic pressure. *Meat Science*, 85 (3), 506–514. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.024>
- Ganhão, R., Morcuende, D and Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science*, 85 (3), 402–409. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.008>
- García L. M., E. Cáceres, M. Dolores Selgas (2006). Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product. *International Journal of Food Science and Technology*, 41 (10), 1207-1215. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01186.x>
- Glibowski P., A. Bukowska (2011). The effect of pH, temperature and heating time on inulin chemical stability. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 10 (2), 189-196.

- Glorieux, S., Steen, L., Walle, D., Dewettinck, K., Foubert, I and Fraeye I. (2019). Effect of Meat Type, Animal Fat Type and Cooking Temperature on Microstructural and Macroscopic Properties of Cooked Sausages. *Food and Bioprocess Technology*, 12 (1), 16-26. <http://doi.org/10.1007/s1147-018-2190-6>
- Hennelly, P. J., Dunne, P. G., O'Sullivan, M and O'Riordan, E. D. (2006). Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *Journal of Food Engineering*, 75, 388–395. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.023>
- Hornero-Méndez D., A. Pérez-Gálvez, M.I. Mínguez-Mosquera (2001). A rapid spectrophotometric method for the determination of peroxide value in food lipids with high carotenoid content. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78 (11), 1151-1155. <https://doi.org/10.1007/s11746-001-0404-y>
- Iqbal A., I.A. Khalil, N. Ateeq, M.S. Khan (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97 (2), 331-335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011>
- Jaeger, H., Janositz, A and Knorr, D. (2010). The Maillard reaction and its control during food processing. The potential of emerging technologies. *Pathologie biologique*, 58 (3), 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2009.09.016>
- Jiménez-Colmenero F., F.J. Sánchez-Muniz, B. Olmedilla-Alonso (2010). Design and development of meat-based functional foods with walnut: Technological, nutritional and health impact. *Food Chemistry*, 123 (4), 959-967. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.104>
- Joo, S.T., Kauffman, R.G., Kim, B.C and Park, G.B. (1999). The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Science*, 52 (3), 291-297. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00005-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00005-4)
- Kim Y., Faqih, M.N and Wang, S.S. (2001). Factors affecting gel formation of inulin. *Carbohydrate Polymers*, 46 (2), 135-145. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(00\)00296-4](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(00)00296-4)
- Kim, G. D., Hur, S. J., Park, T. S and Jin, S. K. (2018). Quality characteristics of fat-reduced emulsion-type pork sausage by partial substitution of sodium chloride with calcium chloride, potassium chloride and magnesium chloride. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.033>
- Kip, P., Meyer, D and Jellema, R. H. (2006). Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *International Dairy Journal*, 16, 1098–1103. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.011>
- Latoch, A., Glibowski, P and Libera, J. (2016). The effect of replacing pork fat of inulin on the physicochemical and sensory quality of guinea fowl pate. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 15 (3), 311-320. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.30>
- Lee, C. H and Chin, K. B. (2016). Effects of pork gelatin levels on the physicochemical and textural properties of model sausages at different fat levels. *LWT-Food Science and Technology*, 74, 325–330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.032>
- Lorenzo, J. M., Pateiro, M., García Fontán, M. C and Carballo J. (2014). Effect of fat content on physical, microbial, lipid and protein changes during chill storage of foal liverpâté. *Food Chemistry*, 155, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.038>

- Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A and Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25 (8), 1881–1890. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.04.012>
- Morin, L. A., Temelli, F and McMullen, L. (2004). Interactions between meat proteins and barley (*Hordeum spp.*) β -glucan within a reduced-fat breakfast sausage system. *Meat Science*, 68 (3), 419-430. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.04.009>
- Ockerman, H.W. (1985). Quality control of post-mortem muscle tissue. Dept. of Animal Science, Ohio State University.
- Özvural E.B., H. Vural (2008). Utilization of interesterified oil blends in the production of frankfurters. *Meat Science*, 78 (3), 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.012>
- Pena-Ramos, E.A. and Xiong, Y.L. 2002. Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties. *Meat Science*, 64, 259–263. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00187-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00187-0)
- Rezler, R., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., & Piątek, M. (2020). The Influence of the substitution of fat with modified starch on the quality of pork liver pâtés. *LWT*, 110264. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110264>
- Rodriguez Furlán, L. T., Pérez Padilla, A., & Campderrós, M. E. (2011). Assessment of functional properties of bovine plasma proteins compared with other protein concentrates, application in a hamburger formulation. *American Journal of Food Technology*, 6 (9), 717–729.
- Santhia, D., Kalaikannana, A., & Sureshkumara S. (2017). Factors Influencing Meat Emulsion Properties and Product Texture: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (10), 2021-2027. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.858027>
- Sasaki, K., Mitsumoto, M and Kawabata, K. (2001). Relationship between lipid peroxidation and fat content in Japanese Black beef *Longissimus* muscle during storage. *Meat Science*, 59 (4), 407-410. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00093-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00093-6)
- Serdaroglu, M., Yildiz Turp, G., Abrodimov, K. Quality of low-fat meatballs containing legume flours as extenders. *Meat Science*, 2005, 70, 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.12.015>
- Shoab, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H., Shakeel, A., Ansari, A., Niazi, S. Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 2016, 147, 444-454. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020>
- Sørensen G., S.S. Jørgensen (1996). A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 202 (3), 205-210. <https://doi.org/10.1007/BF01263541>
- Souza, C., Bellucci, E., Lorenzo, J and Barretto, A. (2019). Low-fat Brazilian cooked sausage-Paio – with added oat fiber and inulin as a fat substitute: effect on the technological properties and sensory acceptance. *Food Science and Technology (Campinas)*. 39 (1), 295-303. <https://doi.org/10.1590/fst.03618>
- Stoforos, N. G. (2015). 2 Thermal Processing. *Handbook of Food Processing: Food Preservation*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 27-56.

- Tamsen, M., Shekarchizadeh, H and Soltanizadeh, N. (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT-Food Science and Technology*, 91, 580–587. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.001>
- Tobin, B. D., O’Sullivan, M. G., Hamill, R. M and Kerry, J. P. (2013). The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages. *Meat Science*, 93 (2), 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.008>
- Ulca, P., Balta, H and Senyuva, H. Z. (2014). A survey of the use of soy in processed Turkish meat products and detection of genetic modification. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 7 (4), 261–266. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.908960>
- Varga-Visi, E and Toxanbayeva, B. (2017). Application of fat replacers and their effect on quality of comminuted meat products with low lipid content: A review. *Acta Alimentaria*, 46 (2), 181–186. <https://doi.org/10.1556/066.2016.0008>
- Ventanas, S., Puolanne, E., Tuorila, H. (2010). Temporal changes of flavour and texture in cooked bologna type sausages as affected by fat and salt content. *Meat Science*, 85 (3), 410-419. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.009>
- Wang N., J.K. Daun (2006). Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 95 (3), 493-502. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.001>
- Zhang, Y., Dong, M., Zhang, X., Hu, Y., Han, M., Xu, X and Zhou, G. (2020). Effects of inulin on the gel properties and molecular structure of porcine myosin: A underlying mechanisms study. *Food Hydrocolloids*, 105974. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105974>
- Zorba, O., Gokalp, H.Y., Yetim, H., Ockerman, H.W. (1993). Salt, phosphate and oil temperature effects on emulsion capacity of fresh or frozen meat and sheep tail fat. *Journal of Food Science*, 58 (3), 492-496. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb04308.x>