

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИНГЕРОЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ И АНТИОКСИДАНТНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А.А. Валишев, С.В. Мурашев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

Гингерол – химическое соединение растительного происхождения, которое содержится в корне и в надземной части растения имбирь (*Zingiber officinale*). Содержание гингерола в корневище составляет 10–15 % от сухого вещества, а в пищевых продуктах 1–5 % от их массы. Он входит в группу растительных алкалоидов. Являясь биоактивным компонентом, оказывает широкое воздействие на организм человека. Он устраняет воспалительные процессы, обладает обезболивающим действием, а также ускоряет обменные процессы [1]. В мышечной и жировой тканях он ингибирует образование малонового диальдегида (МДА), образующегося в результате перекисного окисления липидов, повышает активность супероксиддисмутазы (СОД) и эффективно влияет на активность каталазы. Кроме того, он активизирует $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATP}$ -азу и снижает проницаемость клеточной мембраны. К числу его достоинств относится способность улучшать метаболизм ишемических органов, уменьшать содержание молочной кислоты и, следовательно, предупреждать метаболический ацидоз, его суточная норма рассчитывается исходя из веса человека – на 1 кг достаточно 0,2 г гингерола [2].

Необходимо отметить, что гингерол оказывает ингибирующее влияние на жизнеспособность микроорганизмов, он замедляет синтез ДНК в клетках *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, подавляет рост грамположительной и грамотрицательной микрофлоры. Гингерол является активным фитонутриентом, оказывая бактерицидное действие путем апоптоза и аутофагоцитоза; ингибирует клеточную адгезию, инвазию, подвижность и активность клеток. Добавление гингерола снижает pH среды, что способствует снижению обсемененности продукции патогенной микрофлорой и является важным для мясной промышленности [3]. Следует подчеркнуть, что термическая обработка не влияет на антибактериальную способность гингерола.

Гингерол применяется в различных формах: экстракта; капсул; эфирного масла; порошка.

Гингерол придает имбирю специфический мятно-горьковатый привкус. Именно поэтому мы ограничили содержание гингерола в готовых колбасных изделиях величиной 2,0 %, предотвратив этим ухудшение органолептических показателей, что подтверждается проведенными исследованиями.

Гингерол улучшает функционально-технологические характеристики фарша, прежде всего такие важнейшие из них, как влагосвязывающая, влагоудерживающая и жирудерживающая способности, что обусловлено особенностями структуры его молекулы. Влагосвязывающая способность увеличивается во всех модельных фаршах при добавлении гингерола более 1,0 %, что связано с его эмульгирующим действием на фарш [4].

Применение наноземлюльсий и наночастиц усиливает антабактериальный эффект. Эфирное масло на основе гингерола использовалось для получения наноземлюльсионного покрытия, что значительно увеличивало антибактериальный потенциал активной защиты. Такие съедобные содержащие гингерол наноземлюльсионные покрытия значительно снижали общее количество аэробных психрофильных бактерий в охлажденном курином филе в течение 12 дней [5].

Установлен синергетический антимикробный эффект от действия гингерола и наночастиц серебра. Показано, что экстракт имбиря может использоваться в биоразлагаемых нанокompозитных упаковочных пленках, которые обладают антимикробной активностью в отношении таких распространенных пищевых патогенов как *Salmonella typhimurium* и *Staphylococcus aureus*, при наличии превосходных механических свойств, водо- и светонепроницаемости по сравнению с контрольными пленками [6].

Целью исследования было изучить влияние гингерола на микробиологические, антиоксидантные и физико-химические показатели вареных колбасных изделий и рассмотреть возможность его использования в качестве регулятора стабильности мясных продуктов.

Объектами исследований являлись вареные колбасные изделия, изготовленные из куриного фарша, согласно разработанной рецептуре в соответствии с ГОСТ Р 52196–2011 «Изделия колбасные вареные. Технические условия» [7]. В качестве сырья использовали мясо цыплят-бройлеров. Гингерол перед использованием смешивали с водой в соотношении 1:10 (вода: гингерол).

В куриный фарш раствор добавляли небольшими порциями, постоянно перемешивая. Фарш наполняли в коллагеновую оболочку при помощи шприцовочного аппарата. Затем получившиеся изделия подвергали осадке и термической обработке, согласно технологической инструкции. После термической обработки следовало охлаждение. Контрольный образец не содержал гингерола, а в опытные образцы добавляли гингерол в количестве 1,0, 1,5 и 2,0 % к массе фарша. Готовые образцы хранили в холодильной камере в течение 14 суток при температуре +2...+4 °С.

Микробиологическое исследование осуществляли методом десятикратных разведений, с посевом на жидкие и плотные селективные агаризированные и на биохимические среды. Антиоксидантное действие гингерола проверяли определяя перекисное и тиобарбитуровое числа, согласно стандартным методикам [8, 9], а также феррициадным способом [10].

Для проведения микробиологического исследования делали десятикратные разведения продукта, которые потом сеяли на селективные жидкие питательные среды. Первое разведение высевали на ГМФ-агар для выявления КМАФАнМ и агар Сабуро для выявления дрожжей. Посевы делали через контрольные промежутки времени на протяжении всей продолжительности хранения. Все посевы выдерживали в термостате при 37 °С 24 часа.

Поскольку главным органолептическими показателями для потребителей вареных колбасных изделий являются цвет и вкус, то в нашей исследовательской работе мы проверили при какой концентрации гингерола происходит изменение вкуса и цвета вареных колбасных изделий. Выяснилось, что при превышении концентрации гингерола 2,0 % к массе мясного сырья появляется специфический жгучий мятно-горьковатый привкус, а цвет приобретает желтоватый оттенок. Именно по данной причине было решено ограничить концентрацию гингерола 2,0 %.

Органолептическая оценка всех образцов вареных колбасных изделий проводилась согласно методикам по ГОСТ 9959–2015 [11] и в соответствии с нормативными данными по ГОСТ Р 52196–2011 [7].

В течение всего времени хранения осуществлялись органолептическое и микробиологическое исследования, а также исследование антиоксидантной активности, на основании которых выявлялась оптимальная концентрация гингерола с наибольшей эффективностью действия.

Органолептические исследования позволяют рекомендовать к использованию концентрацию гингерола 1,5...2,0 % к массе фарша. Превышение этой концентрации приводит к ухудшению прежде всего вкусо-ароматических показателей.

После обработки результатов органолептических исследований были построены профилограммы, отражающие среднее значение наиболее важных показателей, которые представлены на рисунке 1.

Параллельно с органолептическими проводились микробиологические исследования. Сразу после изготовления вареных колбасных изделий было проведено исследование с целью проверки качества термической обработки. Результаты дальнейших микробиологических исследований, полученных в ходе хранения продукции, считаются достоверными, поскольку исследования, проведенные сразу же после термической обработки, не показали рост микроорганизмов.

Микробиологическое исследование на третьи сутки хранения доказало, что добавление гингерола способствует ингибированию роста бактерий группы кишечной палочки и *Bacillus cereus*. Так при посеве контрольного образца обнаружены колонии, характерные для роста БГКП в количестве 50 КОЕ/г и *Bacillus cereus* в количестве 10 КОЕ/г. Это свидетельствует о начале микробиологической порчи. При пересеве образца с 1,0 % гингерола обнаружены колонии лактозонегативных энтеробактерий в количестве 20 КОЕ/г и 7 КОЕ/г *Bacillus cereus*. Это свидетельствует о том, что при незначительной концентрации гингерола ингибируется рост *Bacillus cereus* и БГКП. При посеве образцов с 1,5 % гингерола обнаружили только колонии *Bacillus cereus* в количестве 4 КОЕ/г, что показывает полное ингибирование роста бактерий группы кишечной палочки в мясных изделиях. При пересеве разведений образцов с 2,0 % гингерола не обнаружилось признаков роста колоний. Роста колоний, характерных для дрожжей, кокковой микрофлоры и бактерий рода *Salmonella* не было обнаружено ни в одном исследуемом образце. Эти данные позволяют сделать вывод, что с увеличением концентрации гингерола снижается количество колоний микроорганизмов, т. е. ингибируется их рост и развитие, что отражается на качестве и сроках хранения продукта.

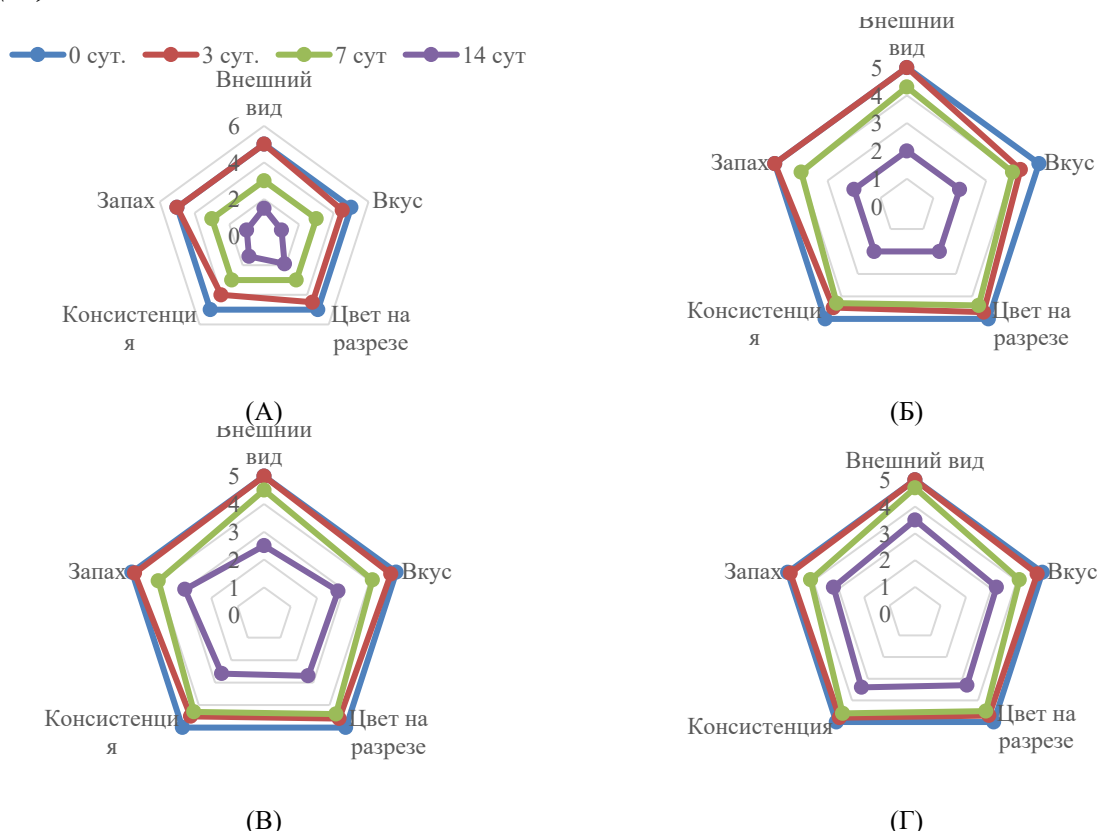


Рис. 1. Профилограммы изменений органолептических показателей образцов вареных колбасных изделий: А) контроль; Б) с добавлением 1,0 % гингерола; В) с добавлением 1,5 % гингерола Г) с добавлением 2,0 % гингерола на протяжении 14 суток хранения

Микробиологическое исследование показало, что при посеве разведений с образцов вареных колбасных изделий с гингеролом выросло меньшее число колоний, а также что это были колонии микроорганизмов, не относящихся к исследованным группам микроорганизмов. В контрольном образце после 7 суток хранения были обнаружены колонии *Bacillus cereus* и *Bac. subtilis* в количестве 160 КОЕ/г, колонии бактерий группы кишечной палочки в количестве 100 КОЕ/г, колонии энтеробактерий, подобным бактериям рода *Salmonella* в количестве 30 КОЕ/г, колонии атипичной кокковой микрофлоры в количестве 30 КОЕ/г и колонии дрожжей в количестве 21 КОЕ/г. При посеве образцов с 1,0 % гингерола колоний выросло в 1,5–3 раза меньше, чем при посеве контрольного образца. При посевах образцов вареных колбасных изделий с 1,5 % гингерола выросли колонии бактерий рода *Yersinia*. При посевах образцов с 2,0 % гингерола выросла только колония *Bac. subtilis*. Это является ярким свидетельством того, что с увеличением содержания гингерола уменьшается количество колоний или же они не растут вовсе.

Микробиологическое исследование на 14 сутки показало, что ингибирующее действие гингерола на микроорганизмы стало снижаться. Контрольный образец был обсеменен наибольшим количеством микроорганизмов. При посеве образцов с 1,0 и 1,5 % гингерола колоний в 10 раз меньше, чем в контрольном образце. Однако у образцов с 2,0 % количество колоний было более чем в 100 раз меньше в сравнении с контрольным образцом и в 1,5–2 раза меньше чем у образцов с 1,5 и 1,0 %, соответственно. Т.е. образцы вареных колбасных изделий с содержанием гингерола 2,0 % были стабильными с микробиологической точки зрения и могли храниться дольше образцов с меньшим содержанием гингерола и гораздо дольше контрольного образца.

Количество колоний микроорганизмов измеряли путем прямого подсчета.

Антиоксидантные свойства проявились во всех образцах вареных колбасных изделий с добавлением гингерола, что было показано в ходе исследования антиоксидантных свойств изделий с его добавлением. Процесс окисления липидов в вареных колбасных изделиях начинается с образования перекисей.

Окислительные и гидролитические превращения липидов неизбежны при хранении любого продукта питания. Они приводят к значительному ухудшению органолептических свойств вареных колбас, снижают их пищевую ценность. В условиях длительного хранения термически обработанных продуктов появляются прогорклый вкус или запах и вкус осаливания. Окислительные изменения продукта происходят за счет изменения химического состава липидов [12].

В вареных колбасных изделиях без гингерола в процессе хранения перекисное число возросло в 3,56 раза, а в образцах с содержанием гингерола 1,0 %, 1,5 % и 2,0 % оно выросло соответственно в 2,23 раза, в 1,8 и в 1,63 раза по сравнению с начальным этапом хранения каждого из образцов (0 суток). Через 7 суток хранения в опытных образцах вареных колбасных изделий перекисное число было во всех случаях меньше, чем в контрольном образце, причем с увеличением содержания гингерола его величина уменьшалась по сравнению с контрольным образцом. Так при 1,0 % гингерола перекисное число было в 1,14 раза меньше, при 1,5 % гингерола оно было уже в 1,48 раза меньше, а в образце вареных колбасных изделий с 2,0 % гингерола оно оказалось наименьшим, а именно оно было в 2 раза меньше, чем в контрольном образце.

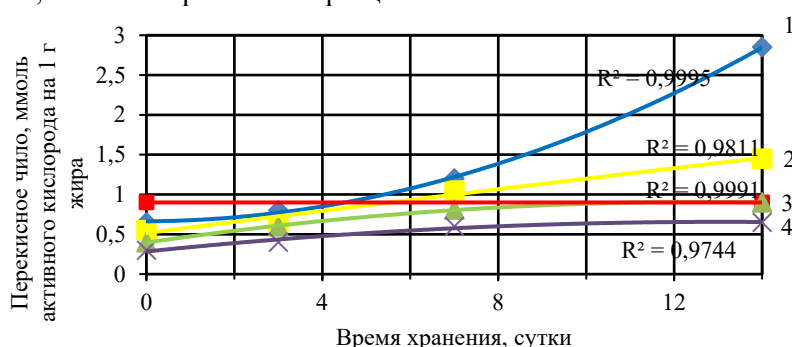


Рис. 2. Зависимость изменения перекисного числа от длительности хранения: 1 – контроль; 2 – образец с 1,0 % гингерола; 3 – образец с 1,5 % гингерола; 4 – образец с 2,0 % гингерола. Красная линия – ПДК для несвежего жира

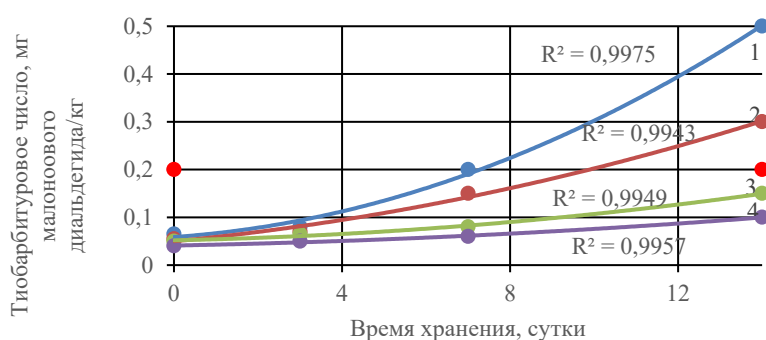


Рис. 3. Зависимость изменения тиобарбитурового числа от длительности хранения: 1 – контроль; 2 – образец с 1,0 % гингерола; 3 – образец с 1,5 % гингерола; 4 – образец с 2,0 % гингерола. Красная линия ПДК для несвежего жира

Результаты исследования тиобарбитурового числа – миллиграмм малонового диальдегида (МДА) на килограмм продукта – оказались следующими. В контрольном образце в начале хранения уровень тиобарбитурового числа составлял 0,065 мг МДА/кг, а в конце хранения 0,5 мг МДА/кг. Таким образом, за время хранения тиобарбитуровое число в контрольном образце увеличилось в 7,7 раз. В образце вареных колбасных изделий с содержанием гингерола 1,0 % начальный уровень тиобарбитурового числа составлял 0,055 мг МДА/кг, а на 14-е сутки хранения 0,3 мг МДА/кг, т. е. тиобарбитуровое число увеличилось за время хранения в 5,45 раз. В образце вареных колбасных изделий с содержанием гингерола 1,5 % начальный уровень тиобарбитурового числа составлял 0,05 мг МДА/кг, а на 14-е сутки хранения 0,15 мг МДА/кг, т. е. тиобарбитуровое число увеличилось за время хранения в 3 раза. В образце вареных колбасных изделий с содержанием гингерола 2,0 % начальный уровень тиобарбитурового числа составлял 0,04 мг МДА/кг, а на 14-е сутки хранения 0,1 мг МДА/кг, т. е. тиобарбитуровое число увеличилось за время хранения в 2,5 раза.

Показатели антиоксидантной активности, определенные на основании измерения перекисного и тиобарбитурового чисел в вареных колбасных изделиях с гингеролом в процессе хранения при +2...+4 °С были меньше значений, установленных в соответствии с Правилами в области ветеринарии по проведению ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и других продуктов убоя (Минсельхоз от 22.03.2017) [13].

Полученные результаты подтвердили, что как водные, так и спиртовые экстракты гингерола обладают антиоксидантными свойствами. Их антиоксидантная активность обусловлена тем, что молекулы гингерола могут служить донорами электронов, что способствует инактивации свободных радикалов, предотвращая тем самым их разрушающее действие. Более ярко выраженную антиоксидантную активность показал водный экстракт. Действие экстракта гингерола происходит по следующему механизму [14]: $H \rightarrow H^+ + e^-$ $R^{++} + e^- \rightarrow R$

В результате этого процесса происходит понижение pH, что ингибирует рост и развитию микрофлоры, и генерируются электроны, препятствующие окислению липидов и возникновению свободных радикалов. Т.е. происходит микробиологическая и антиоксидантная стабилизация вареных колбасных изделий и увеличение срока хранения.

Результаты наших экспериментов по влиянию гингерола на качественные показатели мяса и мясных продуктов, подтверждаются результатами других исследований [15–17], в ходе которых в мясные полуфабрикаты добавлялся гингерол в порошкообразной форме.

Проведенные исследования позволили выявить следующее. Гингерол обладает положительным влиянием на микробиологическую стабильность вареных колбасных изделий, он позволяет увеличить сроки хранения вареных колбасных изделий до 2х раз по сравнению с контрольным образцом при концентрации гингерола 2,0 % с сохранением органолептических показателей. Гингерол ингибирует рост широкого спектра микроорганизмов. Таким образом, образец вареных колбасных изделий с 2,0 % гингерола показал максимальную микробиологическую стабильность при хранении с наличием приятной органолептики.

Гингерол обладает антиоксидантным действием, что показали измерения перекисного и тиобарбитурового чисел. Степень окисления жиров была наименьшей в образцах вареных колбас с содержанием гингерола 2,0 %.

Таким образом, гингерол можно использовать в качестве многофункциональной добавки для улучшения микробиологических, антиоксидантных, физико-химических и органолептических показателей вареных колбасных изделий и продления их срока годности.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://biohimik.net/aktivnye-soedineniya-imbirya-i-ikh-terapevticheskoe-primeneniye-v-kachestve-dopolnitelnogo-lekarstva>
2. : <https://www.kleo.ru/items/zdorovie/poleznie-svoistva-imdirya.shtml>
3. http://www.rusnauka.com/6_PNI_2018/Agricole/4_234042.doc.htm
4. Soheila Noori, Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets // *Food Control*, Volume 84, February 2018, P. 312–320
5. Shiji Mathew, Biodegradable and active nanocomposite pouches reinforced with silver nanoparticles for improved packaging of chicken sausages // *Food Packaging and Shelf Life*, Vol. 19, 2019, P. 155–166
6. Yumin Cao, Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage // *Food Chemistry*, Vol. 141, Issue 3, 2013, P. 1655–1660
7. ГОСТ Р 52196–2011. Изделия колбасные вареные. Технические условия
8. ГОСТ 34118–2017. Мясо и мясные продукты. Метод определения и измерения перекисного числа
9. ГОСТ Р 55810–2013 Мясо и мясные продукты. Метод определения тиобарбитурового числа
10. ГОСТ 9959–2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки
11. Артемьева В.А и др.. Исследование антиоксидантных свойств пряностей, зира, имбирь и кардамон // *Пищевые инновации и биотехнологии материалы IV Международной научной конференции*, 2016, с. 18–19
12. Гоноцкий В.А., Гоноцкая В.А., Красюков Ю.Н., Филиппова Г.В. Обеспечение химической стабильности рубленых полуфабрикатов из мяса индейки // *Птица и птицепродукты*, выпуск № 3, 2016, с. 22–24
13. Правила в области ветеринарии по проведению ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и других продуктов убой (Минсельхоз от 22.03.2017)
14. Мурашев С.В., Воробьев С.А., Жемчужникова М.Е. Влияние обработки охлажденного мяса на корреляцию между pH и красным цветом // *Все о мясе – теория и практика переработки мяса* № 3, июнь 2012, с. 38–41
15. Simone Mancini, Gisella Paci, Filippo Fratini and others Improving pork burgers quality using *Zingiber officinale* Roscoe powder (ginger) // *Meat Science*, Vol. 129, 2017, Pages 161–168
16. Wenhui Si, Yan Ping Chen, Jianhao Zhang, Zhen-Yu Chen, Hau Yin Chung Antioxidant activities of ginger extract and its constituents toward lipids // *Food Chemistry* Vol. 239, 2018, Pages 1117–1125
17. Blessing OM, Oyedemi E.M, Kotsia, Paul D. Stapleton Simon Gibbons Capsaicin and gingerol analogues inhibit the growth of efflux-multidrug resistant bacteria and R-plasmids conjugal transfer // *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 245, 2019.