تأثیر پوشش کیتوزان همراه با اسانس باریجه (*Ferula gummosa Boiss*) بر خواص کیفی سینه مرغ

آرمان بیاتی کلیمانی[a*]

[a] *استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۰۷

DOI: 10.30495/jftn.2023.74403.11267

چکیده

مقدمه: استفاده از پوشش‌های خوراکی حاوی اسانس‌های روغنی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد باکتریایی به افزایش ماندگاری فرآورده‌های گوشتی کمک می‌کند. در این مطالعه تاثیر پوشش کیتوزان با غلظت‌های مختلف اسانس باریجه (۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) بر کیفیت سینه مرغ طی ۱۲ روز نگهداری سرد بررسی شد.

مواد و روش‌ها: ابتدا، خواص آنتی‌باکتریال اسانس باریجه سنجیده شد. پس از پوشش‌دهی سینه‌های مرغ، از نظر خواص بیوشیمیایی، یافت، شاخص‌های رنگی، باکتریولوژیکی و ویژگی پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اسانس باریجه روی باکتری *باسیلوس سرئوس* موثرتر از *اشرشیاکلی* بود ($p<0.05$). پوشش‌دهی نمونه‌ها بطور معناداری ویژگی‌های رطوبت، pH نمونه‌های سینه مرغ را بهبود بخشید ($p<0.05$). پوشش اکسیداسیون لیپید و تشکیل ترکیبات ازت فرار در نمونه‌ها را به تاخیر انداخت ($p<0.05$). همچنین سبب حفظ سفتی بافت نمونه‌ها شد ($p<0.05$). با افزایش غلظت اسانس باریجه ویژگی‌های شیمیایی، یافت و تآخیر در فساد لیپیدی نمونه‌ها بهبود یافت ($p<0.05$). بررسی شاخص رنگی نشان داد استفاده از پوشش‌ها سبب کاهش شاخص L* و a* شد درحالیه شاخص b* افزایش نشان داد ($p<0.05$). فساد میکروبی در نمونه‌های پوشش‌دهی شده به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت ($p<0.05$). نمونه‌های حاوی ۲ درصد اسانس باریجه در تمام آزمایش‌ها نتایج بهتری نسبت به سایر تیمارها داشت ($p<0.05$). امتیاز حسی تیمار حاوی ۱ و ۲ درصد اسانس یکسان و بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<0.05$).

نتیجه‌گیری: در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از کیتوزان با اسانس روغنی باریجه به عنوان یک نگهدارنده طبیعی باعث افزایش ماندگاری فرآورده‌های گوشتی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: *اسانس، پوشش خوراکی، کیتوزان، مدت زمان نگهداری، سینه مرغ، Ferula gummosa Boiss*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: arman.bayati74@gmail.com

مقدمه

مصرف گوشت مرغ در چند سال گذشته به دلیل محتوای کم چربی، ارزش غذایی بالا، طعم متمایز و هزینه تولید نسبتاً پایین نسبت به سایر فرآورده‌های گوشتی افزایش یافته است. گوشت مرغ در برابر رشد فساد، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و واکنش‌های اکسیداتیو بسیار حساس است و ماندگاری بسیار کوتاهی دارد. محتوای پروتئین بالا، سطح رطوبت بالا و مقدار pH نسبتاً بالا منجر به فساد میکروبی گوشت می‌شود، درحالی‌که شرایط هوازی باعث اکسیداسیون لیپید و پروتئین می‌شود (Hashemi *et al*., 2022). علاوه بر این، باکتری‌های بیماری‌زا (مانند *سالمونلا*، *کمپیلوباکتر ژژونی* و *لیستریا مونوسیتوژنز*) می‌توانند انواع مختلفی از بیماری‌های ناشی از غذا را ایجاد کنند و بار سلامت عمومی، اقتصادی و اجتماعی زیادی را در سراسر جهان به همراه داشته باشند (Zheng *et al*., 2023). باتوجه به گرایش مصرف کننده به سبک زندگی سالم، گرایشی به سمت استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و عوامل ضد میکروبی به عنوان جایگزینی برای افزودنی‌های شیمیایی مواد غذایی وجود دارد، زیرا تصور می‌شود که کیفیت گوشت را بدون عوارض جانبی بهبود می‌بخشند (El Bayomi *et al*., 2023). بنابراین، یک روش بالقوه برای غلبه بر این چالش‌ها مورد نیاز است، فیلم‌های خوراکی و تکنیک‌های پوشش که از مواد شیمیایی زیست فعال در برابر واکنش‌های نامطلوب محافظت می‌کنند و واکنش احتمالی آنها را با مواد مغذی محدود می‌کنند، که در نتیجه پایداری غذا در طول ذخیره‌سازی و پردازش بهبود می‌یابد (Hashemi *et al*., 2022).

کیتوزان (پلی‌ساکارید کاتیونی) یکی از پوشش‌های خوراکی است که به دلیل ویژگی‌های زیست فعال آن از جمله فعالیت‌های ضد قارچی، ضد باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی در صنایع غذایی استفاده می‌شود .بطورکلی، کیتوزان یک پلیمر زیستی طبیعی است که از پوسته خرچنگ و میگو به دست می‌آید و به عنوان ایمن (GRAS) طبقه‌بندی شده است. پوشش‌های کیتوزان فعالیت ضد باکتریایی در برابر باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت از خود نشان دادند. فعالیت ضد میکروبی آنها را می‌توان از طریق برخی رویکردها به عنوان مثال ترکیب با اسانس‌های گیاهی بهبود بخشید (Farokhzad *et al*., 2023). اسانس باریجه (*Ferula gummosa Boiss*) متعلق به خانواده *Umbelliferae* است که به دلیل محتوی بالای اجزای فنلی مانند سابینن، α-پینن و β-پینن درای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی شناخته شده است (Heydari-Majd *et al*., 2019). مطالعات متعددی در مورد خواص گیاه باریجه و و اسانس آن انجام شده است. Sanseverino و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند لیمونن جدا شده از گیاه باریجه ترکیب معطر اصلی این گیاه است. همچنین Sayyah و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند که مونوترپن‌ها حدود ۷۹ درصد از ترکیبات اسانس باریجه را تشکیل می‌دهند. بنابراین، به نظر می‌رسد پوشش کیتوزان فعال یک استراتژی کارآمد برای حفظ کیفیت گوشت و افزایش ماندگاری آن با جلوگیری از رشد باکتری‌ها در سطح گوشت است. اگرچه کیتوزان اخیراً، به ویژه به دلیل خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی آن در سیستم‌های گوشتی، چه به تنهایی یا در ترکیب با اسانس‌های مختلف، مورد بررسی قرار گرفته است (Abdalbeygi *et al*., 2022; Fattahian *et al*., 2022). با این حال گزارش‌های محدودی در مورد کاربرد پوشش غذایی فعال در انواع خاصی از گوشت و فرآورده‌های گوشتی وجود دارد. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی پوشش کیتوزان/اسانس باریجه بر ماندگاری سینه مرغ یخچالی انجام شد. علاوه بر این، تأثیر پوشش کیتوزان با اسانس باریجه بر رنگ، اکسیداسیون لیپیدی، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ویژگی‌های حسی (پذیرش کلی) فیله‌های سینه مرغ نیز در طول نگهداری در یخچال تعیین شد.

مواد و روش‌ها

گیاه باریجه از استان خراسان روضوی، شهرستان کاشمر تهیه شد. پودر کیتوزان از شرکت Sigma-Alderich (آلمان)، مواد شیمیایی مورد استفاده در تحقیق از شرکت Merck (آلمان) و محیط‌های کشت مورد نیاز از شرکت Q-Lab (کانادا) خریداری شدند.

- استخراج اسانس روغنی از گیاه باریجه

پس از جمع‌آوری اندام‌های هوایی گیاه باریجه، جهت رفع گرد و غبار موجود، شسته و آبکشی شدند. سپس در دمای

محیط ۳۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. جهت استخراج اسانس، ۱۰۰ گرم از پودر خشک شده به دستگاه کلونجر (ایران دستگاه- ایران) که اساس کار آن تقطیر آبی است منتقل شد و به مدت ۷ ساعت اسانس موجود استخراج و جمع‌آوری گردید، آبگیری از اسانس روغنی با سولفات سدیم انجام شد. اسانس بدست آمده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Fazeli-Nasab *et al.*, 2021).

- تهیه پوشش‌های خوراکی

جهت تهیه محلول کیتوزان، پودر کیتوزان (۱ درصد وزنی/حجمی) در آب مقطر حاوی (۱ درصد وزنی/حجمی اسید استیک) به تدریج تحت هم زدن مغناطیسی (EZDO- کره) با سرعت ۲۰۰ دور در حل شد. جهت تهیه پوشش‌های کیتوزان، اسانس باریجه، تهیه شده در غلظت نهایی ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد (وزنی/وزنی) به آرامی به محلول کیتوزان اضافه شدند. سپس، Tween 80 (۰/۰۲ درصد وزنی/وزنی) به عنوان امولسفایر محلول پوشش‌دهی اضافه شد. مخلوط دو فازی به‌دست‌آمده با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق هم زده شد تا محلول پوششی همگن به‌دست آید (Wang *et al.*, 2021).

- پوشش‌دهی سینه‌های مرغ

سینه‌های مرغ بدون استخوان و بدون پوست (حاوی ۱/۵۵ درصد چربی و ۲۱/۹۶ درصد پروتین) با استفاده از چاقوی استریل به مربع‌های مناسب ۲ × ۲ × ۱ سانتی متر مکعب (تقریباً ۴ گرم) بریده شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۳ دقیقه به صورت جداگانه در ۳۰۰ میلی‌لیتر محلول پوششی تازه تهیه شده غوطه‌ور شدند. پس از حذف از محلول‌های پوشش‌دهی، نمونه های مرغ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط خشک شدند. نمونه‌های بدون تیمار پوشش به عنوان شاهد منفی انتخاب شدند. پس از آن، نمونه‌ها به صورت جداگانه در کیسه‌های پلی اتیلن (۱۲۰ میلی‌متر × ۱۸۰ میلی‌متر) بسته‌بندی شدند و در دمای ۴ درجه سانتی گراد برای مدت زمان مشخص نگهداری شدند. فیله‌های مرغ هر ۳ روز یکبار در مدت نگهداری ۱۲ روزه برای سنجش کیفیت مورد بررسی قرار گرفتند (Wang *et al.*, 2021).

- آزمون‌ها

- آزمون فعالیت آنتی‌باکتریال اسانس روغنی باریجه

برای تعیین فعالیت ضد میکروبی اسانس روغنی باریجه در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی، از روش دیسک دیفیوژن استفاده شد دیسک‌ها به قطعات ۱۰ میلی‌متری بریده شدند و پس از آغشته شدن به اسانس (۰/۴، ۰/۸، ۱/۶، ۳/۲، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ mg/ml) روی پلیت‌های مولر هینتون آگار (MHA) که قبلاً با کلنی‌های CFU/ml $۱/۵ \times ۱۰^{۸}$ *باسیلوس سرئوس* (PTCC 1154) و *اشرشیاکلی* (ATCC 11775) آغشته شده بود، قرار داده گرفتند و سپس در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شد (Ansarifar and Moradinezhad, 2022).

- آزمون اندازه‌گیری رطوبت

ابتدا پلیت (حاوی ۲۰ تا ۲۵ گرم شن) و میله شیشه‌ای (m_0) به مدت نیم ساعت در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. پس از سرد شدن در دسیکاتور و توزین، حدود ۵ تا ۸ گرم نمونه به آن منتقل و مجدد توزین شد (m_1).

جدول ۱- تیمارهای تحقیق

Table 1- Research treatments

Treatment Code	Formulation
Co	Control (Chicken breast meat)
T_1	Chicken breast meat +chitosan
T_2	Chicken breast meat +chitosan + 0.25 % Essential oil
T_3	Chicken breast meat +chitosan + 0. 5 % Essential oil
T_4	Chicken breast meat +chitosan + 1 % Essential oil
T_5	Chicken breast meat +chitosan + 2 % Essential oil

پلیت حاوی نمونه به مدت ۲ ساعت درون آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. در نهایت پلیت‌ها در دسیکاتور تا رسیدن به دمای اتاق خنک و وزن شدند (m_2). میزان رطوبت نمونه‌ها از رابطه زیر محاسبه و گزارش شد

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{m2-m1}{m1-m0} \times ۱۰۰$$

- آزمون اندازه‌گیری pH

نمونه‌های سینه مرغ (۱۰ گرم) در هر گروه چرخ شده و با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر همگن شدند. سپس PH هموژنه هر نمونه با استفاده از PH متر دیجیتال (INESA- چین) در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت سه بار اندازه‌گیری شد (Kang *et al*., 2019).

- آزمون اندازه‌گیری رنگ

تغییرات در پارامترهای رنگ نمونه ها با استفاده از مختصات CIE LAB (L*، a* و b*) با رنگ سنج Konica Minolta (Tokyo- ژاپن) ارزیابی شد (Xiang et al., 2020).

- اندازه‌گیری اکسیداسیون لیپیدی (TBARS)

حدود ۱۰ گرم از نمونه سینه مرغ وزن شده و با ۱ میلی‌لیتر از BHT[1] (۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و ۳۵ میلی‌لیتر از تری کلرو استیک اسید (۵ درصد) هموژن شدند. محلول هموژن به دست آمده به یک فلاسک انتقال و سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب مقطر اضافه و تقطیر گردید. بعد از جمع آوری ۵۰ میلی‌لیتر از محلول تقطیر شده (عصاره)، محلول از طریق یک کاغذ صافی (واتمن شماره یک) فیلتر شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول فیلتر شده با ۵ میلی‌لیتر از محلول تیوباربیتوریک اسید (۰/۰۲ مولار) ترکیب و در حمام آب دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه قرار گرفتند. بعد از سرد کردن، جذب در ۵۳۲ نانومتر در برابر آب، به عنوان شاهد، اندازه‌گیری شد. مقدار TBARS بر اساس اکی والان میلی‌گرم مالون آلدئید بر یک کیلوگرم نمونه بیان شد (Zheng *et al*., 2023).

- اندازه‌گیری ترکیبات ازت فرار (TVB-N) فیله‌های مرغ

ترکیبات نیتروژنی فرار، به روش کجلدال، از طریق تقطیر مستقیم گوشت هموژن شده بعد از اضافه کردن منیزیم اکسید اندازه‌گیری شد. تقطیر حاصل در یک فلاسک که دارای محلول آبی بوریک اسید ۲ درصد، مخلوطی از شناساگرهای متیل قرمز و بروموکراسول سبز (هر کدام ۰/۱ درصد) اتانول، جمع آوری شد. سپس محلول بوریک اسید با سولفوریک اسید ۰/۱ نرمال تیتر شد. مقدار نیتروژن کل فرار بازی (میلی‌گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم گوشت) بر اساس مصرف اسید سولفوریک محاسبه شد (Wang *et al*., 2021).

- آزمون بافت

سفتی بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت سنج (Brookfield-آمریکا) ارزیابی شد. برای این منظور، قطعه‌ای از فیله مرغ برش داده (۲×۲ × ۱ سانتی‌متر مربع) و زیر یک پروب استوانه‌ای به قطر ۳۶ میلی متر قرار داده شد که با سرعت ثابت ۳میلی‌متر در ثانیه، سرعت آزمون ۱ میلی‌متر در ثانیه، و سرعت پس از آزمون ۳ میلی‌متر در ثانیه حرکت می‌کند. بالاترین نیرو (N) در حداکثر فشرده‌سازی (۳۰ درصد ضخامت نمونه) تعیین شد و به عنوان سفتی نمونه گزارش شد (Kiarsi *et al*., 2020).[2]

- اندازه‌گیری فعالیت میکروبی

تجزیه و تحلیل میکروبیولوژی در روزهای ۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ نگهداری سرد انجام شد. فیله‌های سینه مرغ (تقریباً ۱۲ گرم) با ۱۰۸ میلی لیتر محلول نمکی (۰/۸۵ درصد) به مدت ۲ دقیقه همگن شدند. پس از رقت‌سازی مناسب، مقادیر ۱۰۰ میکرولیتر بر روی پلیت‌های حاوی محیط کشت تریپتون سوی آگار (TSA) پخش شد. پلیت‌ها در ۳۷ درجه سانتی‌گراد برای شمارش کل باکتری‌های زنده و در ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای سودموناس به مدت ۴۸ ساعت انکوبه شدند. پس از انکوباسیون، کلنی‌های باکتری شمارش و به صورت log CFU/g گزارش شد (Zheng *et al*., 2023).

- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی پذیرش کلی سینه مرغ در طول نگهداری در

[1] Butylated hydroxytoluene

یخچال توسط ارزیابان آموزش دیده ۱۵ نفره (۸ مرد و ۷ زن بین ۲۰ تا ۵۳ سال) شامل رنگ، ظاهر، بو، بافت و مقبولیت کلی انجام شد. بر اساس مقیاس هدونیک ۵ امتیازی انجام شد (Kang *et al*., 2019).

- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده در آزمایشات برای داده‌های تجربی (آزمایشی) به صورت میانگین ± انحراف معیار در سه بار تکرار بیان شدند. واحدهای تشکیل دهنده کلونی (CFUs) در تمامی آزمایشات به مقادیر لگاریتمی آن‌ها قبل از تجزیه و تحلیل آماری تبدیل شد. داده‌های آزمایشات با تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) مقایسه و تفاوت‌های معنی‌دار آماری بین مقادیر میانگین‌ها (در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار باشد) با استفاده از آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن تعیین شدند. نتایج آزمون‌های آماری به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSSنسخه ۲۶ انجام شد.

یافته‌ها

- بررسی خاصیت آنتی‌باکتریال اسانس روغن باریجه

جدول ۲ خاصیت آنتی‌باکتریال اسانس روغنی باریجه را بر روی دو باکتری‌های *باسیلوس سرئوس* (گرم مثبت) و *اشرشیاکلی* (گرم منفی) را نشان می‌دهد. نتایج نشان دهنده تأثر معنادار اسانس باریجه بر روی هر دو باکتری مورد بررسی بود ($p<0.05$). در مقایسه بین باکتری‌ها مشاهده شد باکتری *باسیلوس سرئوس* حساسیت بیتشری نسبیت به اسانس باریجه نشان داد ($p<0.05$).

- بررسی محتوی رطوبت فیله‌های مرغ طی زمان نگهداری

شکل ۱ تغییرات محتوی رطوبت سینه‌های مرغ طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج، در روز اول محتوی رطوبتی تیمارهای پوشش داده شده یکسان (میانگین ۷۳/۶۰ درصد) و بدون تفاوت آماری معنادار گزارش شد ($p<0.05$). تیمار پوشش داده نشده کمترین محتوی رطوبت (۷۳/۱۲ درصد) را داشت ($p<0.05$). روند کاهش معنادار محتوی رطوبتی طی ۱۲ روز نگهداری در تمام تیمارهای مورد بررسی گزارش شد ($p<0.05$). پوشش‌دهی سینه‌های مرغ بطورمعناداری از کاهش رطوبت نمونه‌ها جلوگیری کرد ($p<0.05$). استفاده از پوشش کیتوزان همراه با ۰/۲۵ درصد اسانس روغنی (تیمار T_2) تفاوت آماری معنادار از لحاظ محتوی رطوبتی با نمونه T_1 نداشتند ($p>0.05$). با این حال افزایش درصد اسانس روغنی باریجه در پوشش کیتوزان بطورمعناداری رطوبت نمونه‌ها را حفظ کرد ($p<0.05$). در تمام مدت زمان بررسی تیمارهای T_4 و T_5 بالاترین محتوی رطوبت و نمونه شاهد (Co) کمترین محتوی رطوبت را داشت ($p<0.05$).

- بررسی محتوی PH فیله‌های مرغ طی زمان نگهداری

نتایج تغییرات pH سینه‌های مرغ طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق با نتایج در روز اول تفاوت آماری معنادار بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد گزارش نشد ($p>0.05$) و میانگین pH تیمارها برابر با ۵/۸۵ بود. در تمام گروه‌های مورد بررسی، افزایش معنادار pH سینه‌های مرغ در طی ۱۲ روز نگهداری مشاهده شد ($p<0.05$). پوشش‌دهی سینه‌های مرغ با کیتوزان و کیتوزان/ اسانس باریجه بطورمعناداری از روند افزایشی pH سینه‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری جلوگیری کرد ($p<0.05$). درمقایسه بین تیمارهای پوشش‌دهی شده تفاوت آماری معنادار بین تیمار T_1 و T_2 طی ۹ روز نگهداری، مشاهده نشد ($p>0.05$) افزایش درصد اسانس روغنی باریجه تأثیر معنادار در جلوگیری سرعت افزایش رشد pH سینه‌های مرغ مشاهده شد ($p<0.05$). کمترین روند افزایشی pH در نمونه T_5 و به دنبال آن در نمونه T_4 مشاهده شد ($p<0.05$).

جدول ۲- نتایج میانگین قطر عدم هاله رشد اسانس روغنی باریجه

Table 2- The mean zone of inhibition of *Barij* Essential oil

Mean zone of inhibition (mm)		
Bacillus cereus	***Escherichia coli***	***Barij* Essential oil**
9.33 ± 1.70^{A}	7.33 ± 1.25^{B}	

* Differences in capital letters indicate a significant difference in the Line ($p<0.05$).

* تفاوت در حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنادار در سطر می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

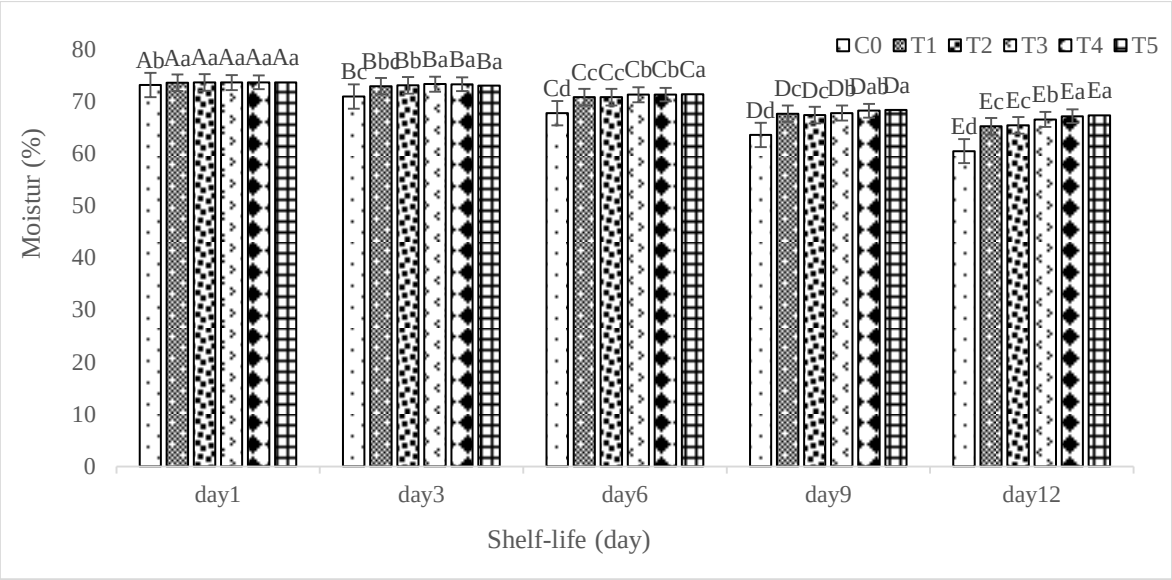

Figure 1- Moisture changes of breast chicken coated with chitosan/ Barij essence during storage.

شکل ۱ - تغییرات رطوبت سینه‌های مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس باریجه.

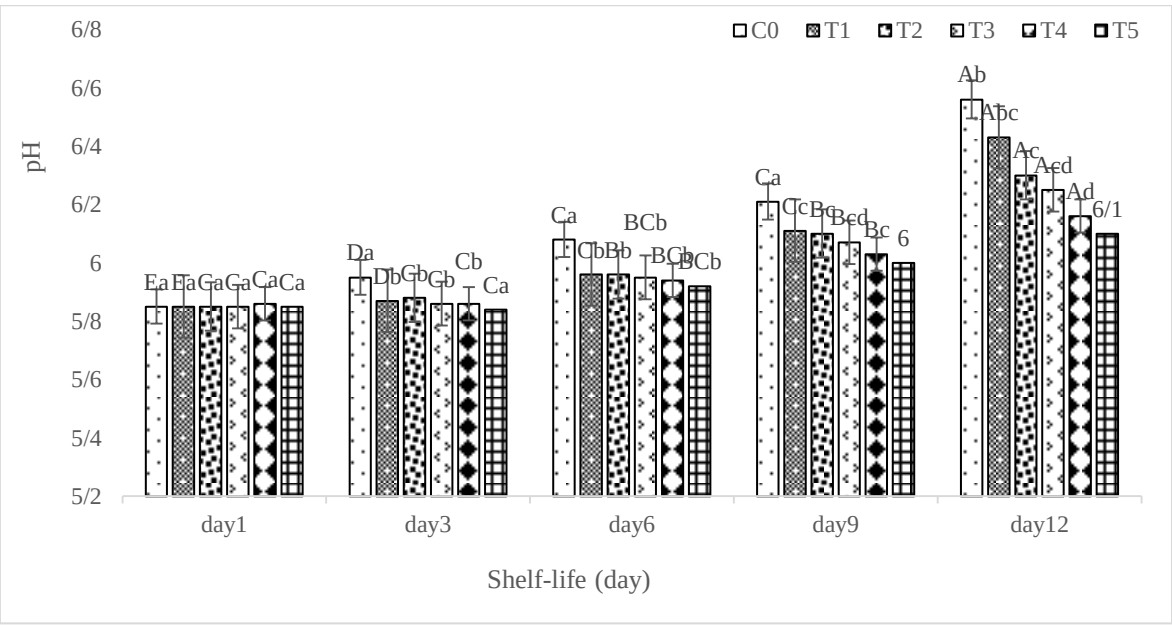

Figure 2- pH changes of breast chicken coated with chitosan/ Barij essence during storage.

شکل ۲- تغییرات pH سینه‌های مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس باریجه.

- بررسی محتوی تیوباربیتوریک اسید (TBRA) فیله‌های مرغ طی زمان نگهداری

تغییرات میزان TBRA نمونه‌های سینه مرغ طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال در جدول ۲ نشان داده شده است. در روز اول تفاوت آماری معنادار (میانگین mg/kg MDA ۰/۲۶) بین محتوی TBRA نمونه‌ها مشاهده نشد ($p>0.05$). با این حال از روز سوم تا روز ۱۲ نگهداری افزایش معنادار محتوی TBRA در تمام نمونه‌های پوشش داده شده و نمونه کنترل مشاهده شد ($p<0.05$). بیشترین روند افزایشی در نمونه کنترل مشاهده شد. بطوریکه از mg/kg MDA ۰/۲۶ در روز اول به mg/kg MDA ۲/۴۵ در روز ۱۲ رسید ($p<0.05$). پوشش‌دهی سینه‌های مرغ با کیتوزان و کیتوزان/ اسانس باریجه بطورمعناداری اکسیداسیون لیپیدی در نمونه‌ها سینه مرغ را مهار کرد و TBRA با روند کُندتری افزایش نشان دادند ($p<0.05$). ادغام اسانس باریجه تا ۰/۲۵ درصد (تیمار T_2) تأثیر

معناداری با پوشش‌دهی سینه‌های مرغ با کیتوزان (تیمار T_1) نشان نداد ($p>0.05$). افزایش درصد اسانس باریجه در فرمولاسیون پوشش‌ها تأثیر معناداری بر افزایش TBRA نمونه‌های سینه مرغ داشت ($p<0.05$).

– بررسی محتوی ترکیبات ازت فرار (TVB-N) فیله‌های مرغ طی زمان نگهداری

نمودار ۳ تغییرات میزان TVB-N نمونه‌های سینه مرغ طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال را نشان می‌دهد. در روز اول بین نمونه‌های تیمار شده و شاهد تفاوت آماری معنادار مشاهده شد. نمونه شاهد (۱/۱۴۱ mg/100g) میزان TVB-N را داشت. پوشش‌دهی نمونه‌ها بطورمعناداری میزان TVB-N سینه‌های مرغ را کاهش داد ($p<0.05$). با این حال در روز اول تفاوت آماری معنادار بین محتوی TVB-Nنمونه‌های پوشش‌داده شده مشاهده نشد ($p>0.05$). روز سوم تا روز۱۲ نگهداری افزایش معنادار محتوی TVB-N در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$). پوشش‌دهی نمونه‌های سینه مرغ با کیتوزان و کیتوزان/ اسانس باریجه بطور معناداری روند افزایش میزان TVB-N در نمونه‌ها را کاهش داد ($p<0.05$). افزایش درصد اسانس باریجه در پوشش کیتوزان کاهش معنادارتر میزان TVB-N را کاهش داد ($p<0.05$). بطوریکه در طول ۱۲ روز نگهداری کمترین میزان TVB-N در نمونه T_5 مشاهده شد ($p<0.05$).

جدول ۲- تغییرات تیوباربیتوریک اسید (برحسب mg/kg MDA) سینه‌های مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس باریجه

Table 2. Thiobarbituric acid (mg/kg MDA) changes of breast chicken coated with chitosan/ Barij essence during storage

Treatment / Day	Co	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Day 1	0.26 ± 0.01^{Ea}	0.28 ± 0.00^{Ea}	0.26 ± 0.01^{Ea}	0.26 ± 0.01^{Ea}	0.27 ± 0.01^{Ea}	0.25 ± 0.01^{Ea}
Day 3	0.63 ± 0.00^{Da}	0.60 ± 0.02^{Dab}	0.60 ± 0.00^{Dab}	0.58 ± 0.01^{Db}	0.54 ± 0.01^{Db}	0.51 ± 0.01^{Db}
Day 6	1.01 ± 0.02^{Ca}	0.93 ± 0.04^{Cb}	0.92 ± 0.02^{Cb}	0.88 ± 0.01^{Cb}	0.80 ± 0.01^{Cb}	0.77 ± 0.02^{Cb}
Day 9	1.73 ± 0.02^{Ba}	1.38 ± 0.00^{Bb}	1.33 ± 0.02^{Bb}	1.26 ± 0.01^{Bc}	1.10 ± 0.05^{Bcd}	1.00 ± 0.03^{Bd}
Day 12	2.45 ± 0.02^{Aa}	2.23 ± 0.02^{Ab}	1.93 ± 0.02^{Ac}	1.71 ± 0.02^{Ad}	1.42 ± 0.02^{Ae}	1.30 ± 0.02^{Af}

*Differences in lowercase letters indicate a significant difference between treatments and uppercase letters indicate a significant difference between days ($p<0.05$).

تفاوت در حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنادار بین تیمارها و حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنادار بین روزها می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

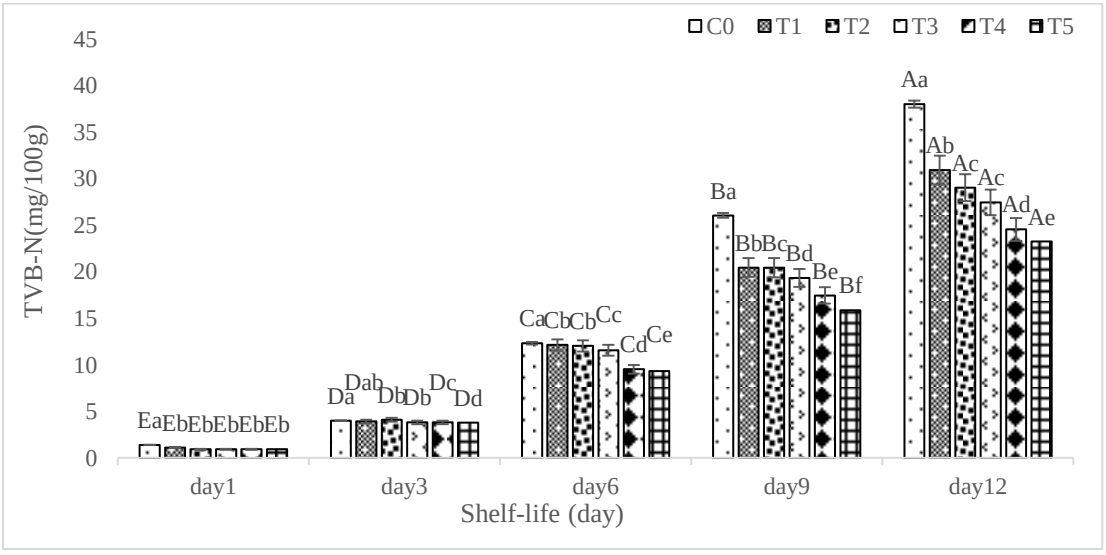

Figure 3- Volatile nitrogen compounds changes of breast chicken coated with chitosan/ Barij essence during storage.

شکل۳ - تغییرات ترکیبات ازت فرار (برحسب mg/100g) سینه‌های مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس باریجه.

- بررسی سفتی بافت فیله‌های مرغ طی زمان نگهداری

بررسی تغییرات سفتی بافت نمونه‌های سینه مرغ طی ۱۲ روز نگهداری در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق نتایج ارائه شده، در روز اول تفاوت آماری معناداری در سفتی بافت نمونه‌های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه کنترل مشاهده شد($p<0.05$). روند کاهش معنادار سفتی بافت از روز سوم نگهداری در تمام تیمارهای گروه بررسی مشاهده شد ($p<0.05$). پوشش‌دهی بطورمعناداری سفتی بافت نمونه‌ها را حفظ کرد ($p<0.05$). ادغام اسانس روغنی بادنجوبه در پوشش کیتوزان بطور معناداری در حفظ سفتی بافت تأثیر معناداری داشت($p<0.05$) این امر با افزایش درصد اسانس معنادارتر بود ($p<0.05$).

- بررسی تغییرات رنگی فیله‌های مرغ طی زمان نگهداری

بررسی تغییرات رنگ (L*، a* و b*) سینه‌های مرغ طی ۱۲ روز نگهداری در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان دهنده تأثیر معنادار تیمار و زمان نگهداری بر پارامترهای رنگی نمونه‌ها بود ($p<0.05$). بر اساس نتایج در روز اول میزان شاخص روشنایی (L*) در نمونه شاهد بطور معناداری بالاتر از نمونه‌های پوشش داده شده بود ($p<0.05$). اما در بین تیمارهای پوشش داده شده تفاوت آماری معنادار مشاهده نشد ($p>0.05$). طی ۱۲ روز نگهداری روند کاهش معنادار شاخص روشنایی در تمام تیمارهای مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$). بیشترین روند کاهش روشنایی در نمونه شاهد مشاهده شد (از ۶۴/۷۱ روز اول به ۵۸/۵۶ در روز ۱۲ رسید) ($p<0.05$). پوشش‌دهی بطورمعناداری از کاهش شاخص روشنایی در تمیارها جلوگیری کرد ($p<0.05$). ادغام اسانس باریجه در پوشش کیتوزان بطور معنادارتری در مقایسه با پوشش کیتوزان به تنهایی موثر تر بود ($p<0.05$).

بررسی شاخص قرمزی (a*) تفاوت آماری معنادار بین شاخص‌های قرمزی نمونه‌ها را نشان نداد ($p>0.05$) بطورکلی روند کاهش شاخص قرمزی طی مدت زمان نگهداری در تمام نمونه‌ها مشاهده شد ($p<0.05$). پوشش‌دهی نمونه‌ها بطور معناداری این روند کاهشی را کُند کرد ($p<0.05$). این کاهش با افزودن اسانس باریجه و افزایش درصد استفاده از آن در پوشش معنادار بود ($p<0.05$). بطوریکه در روز ۱۲ کمترین شاخص قرمزی در نمونه شاهد (۲/۷۰) و بیشترین در نمونه T_5 (۵/۱۰) مشاهده شد ($p<0.05$).

بررسی شاخص زردی (b*) نیز روند مشابهی با شاخص قرمزی نشان داد ($p<0.05$). در روز اول بیشترین شاخص زردی مربوط به نمونه شاهد بود ($p<0.05$). بین تیمارهای پوشش داده شده تفاوت آماری معنادار مشاهده نشد ($p>0.05$). با این حال، افزایش شاخص زردی طی ۱۲ روز در نمونه شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده گزارش شد ($p<0.05$). در روز ۱۲ بیشترین شاخص زردی در نمونه شاهد (۱۱/۳۸) و کمترین آن مربوط به نمونه T_5 (۸/۳۰) بود. که تأثیر معنادار پوشش کیتوزان/اسانس باریجه بر رومد کاهشی، افزایش شاخص زردی را نشان می‌دهد ($p<0.05$).

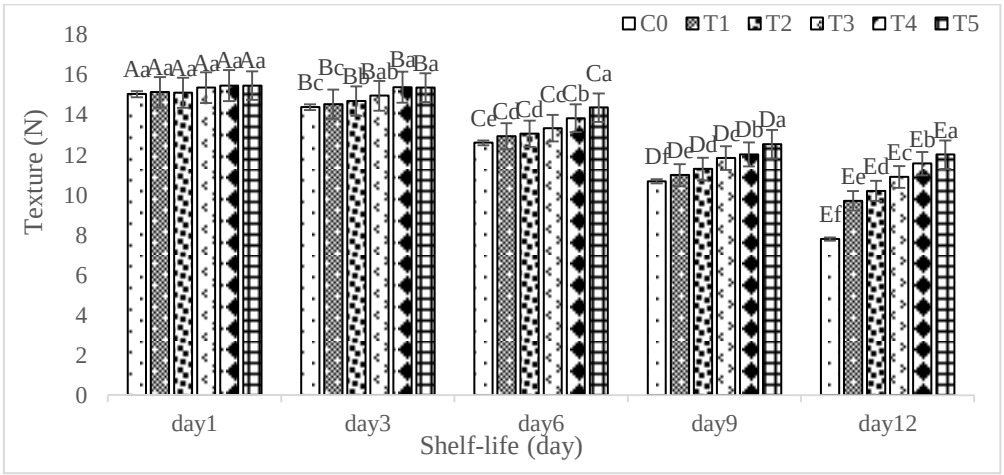

Figure 4- Hard texture (N) changes of breast chicken coated with chitosan/ Barij essence during storage

شکل ۴- تغییرات سفتی بافت (برحسب N) سینه‌های مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس باریجه

جدول ۳- تغییرات رنگ (L*، a* و b*) سینه‌های مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس باریجه

Table 3. Color (L*, a* and b*) changes of breast chicken coated with chitosan/ Barij essence during storage

Color	Treatment/Day	Co	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
L*	Day 1	64.71 ± 0.49 ^{Aa}	63.85 ± 0.42 ^{Ab}	63.23 ± 0.31 ^{Ab}	63.55 ± 0.21 ^{Ab}	63.09 ± 0.29 ^{Ab}	62.85 ± 0.35 ^{Ab}
	Day 3	63.65 ± 0.32 ^{Bab}	64.85 ± 0.36 ^{Aa}	63.22 ± 0.33 ^{Bb}	63.21 ± 0.49 ^{Ab}	62.37 ± 0.33 ^{Bc}	61.84 ± 0.41 ^{Bd}
	Day 6	62.24 ± 0.48 ^{Ca}	61.49 ± 0.21 ^{Bb}	61.16 ± 0.66 ^{Cc}	61.88 ± 0.33 ^{Bb}	61.80 ± 0.26 ^{Cb}	61.37 ± 0.52 ^{Cc}
	Day 9	60.36 ± 0.56 ^{Dd}	60.78 ± 0.44 ^{Cc}	61.24 ± 0.41 ^{Da}	61.06 ± 0.63^{Cb}	61.00 ± 0.25 ^{Db}	61.01 ± 0.33 ^{Db}
	Day 12	58.56 ± 0.25 ^{Eb}	60.32 ± 0.62 ^{Dd}	60.21 ± 0.52 ^{Ec}	60.65 ± 0.58 ^{Dd}	60.76 ± 0.82 ^{Ee}	60.91 ± 0.42 ^{Ef}
a*	Day 1	6.73 ± 0.23 ^{Aa}	6.44 ± 0.25 ^{Aa}	6.54 ± 0.04 ^{Aa}	6.50 ± 0.14 ^{Aa}	6.65 ± 0.02 ^{Aa}	6.77 ± 0.12 ^{Aa}
	Day 3	5.34 ± 0.36 ^{Be}	5.48 ± 0.38 ^{Bd}	5.54 ± 0.36 ^{Bc}	5.65 ± 0.08 ^{Bc}	6.09 ± 0.18 ^{Bb}	6.26 ± 0.13 ^{Ba}
	Day 6	4.17 ± 0.33 ^{Cd}	4.77 ± 0.09 ^{Cc}	4.75 ± 0.13 ^{BCc}	5.62 ± 0.11 ^{Bb}	5.53 ± 0.09 ^{Cab}	5.78 ± 0.06 ^{Ca}
	Day 9	3.22 ± 0.09 ^{Dd}	3.56 ± 0.12 ^{Dc}	4.24 ± 0.02 ^{Cb}	4.84 ± 0.15 ^{Cab}	4.94 ± 0.15 ^{Db}	5.15 ± 0.11 ^{CDa}
	Day 12	2.70 ± 0.03 ^{Ee}	3.51 ± 0.14 ^{Dd}	4.20 ± 0.08 ^{Cc}	4.63 ± 0.08 ^{Cb}	4.74 ± 0.11 ^{Db}	5.10 ± 0.09 ^{Da}
b*	Day 1	5.63 ± 0.06 ^{Ea}	6.65 ± 0.27 ^{Eb}	6.67 ± 0.22 ^{Eb}	6.54 ± 0.12 ^{Eb}	6.64 ± 0.24 ^{Eb}	6.65 ± 0.01 ^{Eb}
	Day 3	7.71 ± 0.00 ^{Da}	7.60 ± 0.02 ^{Dab}	7.06 ± 0.00 ^{Dbc}	6.98 ± 0.01 ^{Dcd}	6.84 ± 0.01 ^{Dd}	6.84 ± 0.01 ^{Dd}
	Day 6	9.12 ± 0.30 ^{Ca}	8.93 ± 0.08 ^{Cb}	7.77 ± 0.20 ^{Cc}	7.52 ± 0.32 ^{Ccd}	7.36 ± 0.31 ^{Cd}	7.27 ± 0.02 ^{Ce}
	Day 9	11.92 ± 0.03 ^{Ba}	10.44 ± 0.13 ^{Bb}	9.53 ± 0.33 ^{Bc}	8.44 ± 0.17 ^{Bd}	7.93 ± 0.15 ^{Be}	7.87 ± 0.03 ^{Bf}
	Day 12	13.28 ± 0.19 ^{Aa}	11.80 ± 0.20 ^{Ab}	10.48 ± 0.14 ^{Ac}	9.34 ± 0.31 ^{Ad}	8.91 ± 0.12 ^{Ae}	8.30 ± 0.02 ^{Af}

* Differences in lowercase letters indicate a significant difference between treatments and uppercase letters indicate a significant difference between days ($p < 0.05$).

تفاوت در حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنادار بین تیمارها و حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنادار بین روزها می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵).

- بررسی تغییرات میکروبی فیله‌های مرغ طی زمان نگهداری

در جدول ۴، روند تغییرات باکتری‌های زنده کل و *سودموناس* نمونه‌های سینه مرغ نگهداری شده در یخچال طی ۱۲ روز را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج ارائه شده تأثیر معنادار زمان نگهداری و تیمار بر جمعیت باکتری‌های زنده کل و سودموناس معنادار بود ($P<0.05$).

در روز اول بین جمعیت باکتری زنده کل مشاهده شد نمونه کنترل بالاترین بار میکروبی را داشت ($P<0.05$). درحالیکه تفاوت آماری معنادار در گروه‌های پوشش‌دار مورد بررسی مشاهده نشد ($P>0.05$). از روز سوم افزایش معنادار جمعیت باکتری زنده کل در تیمارهای مورد بررسی مشاهده شد ($P<0.05$). بیشترین روند افزایشی باکتری در نمونه شاهد مشاهده شد ($P<0.05$). پوشش‌دهی با کیتوزان و کیتوزان/اسانس باریجه بطور معنادار از رشد باکتری‌های زنده کل جلوگیری کرد ($P<0.05$). ادغام اسانس باریجه در پوشش‌های کیتوزان بوطرمعناداری رشد باکتری‌های کل را مهار کرد ($P<0.05$) این مهار وابسته با درصد اسانس باریجه مورد استفاده در پوشش‌ها بود ($P<0.05$).

بررسی باکتری *سودموناس* نشان داد در روز اول در هیچ گروه از تیمارها رشد *سودموناس* مشاهده نشد ($P>0.05$). از روز سوم، افزایش بامتری *سودموناس* روی تیمارها (به استثناو تیمارهای T_4 و T_5 گزارش شد ($P<0.05$). روند افزایشی معنادار باکتری *سودموناس* طی ۱۲ روز نگهداری از روز ۷ آزمایش در تمام گروه‌های مورد بررسی گزارش شد ($P<0.05$). تأثیر معنادار پوشش‌دهی در مهار رشد باکتری *سودموناس* نمونه‌های سینه مرغ در مقایسه با نمونه کنترل نیز گزارش شد ($P<0.05$). ادغام اسانس باریجه و درصد بالاتر ادغام در پوشش کیتوزان بطور قابل توجهی از رشد باکتری *سودموناس* جلوگیری کرد ($P<0.05$). بطوریکه کمترین میزان باکتری سودموناس در نمونه T_5 در روز ۱۲ مشاهده شد ($P<0.05$).

- بررسی تغییرات ارزیابی حسی پذیرش کلی فیله‌های مرغ طی زمان نگهداری

شکل ۵، نتایج پوشش‌دهی سینه‌های مرغ با کیتوزان و کیتوزان/اسانس باریجه در مقایسه با نمونه کنترل طی ۱۲ روز نگهداری در دمای یخچال را نشان می‌دهد. در روز اول تفاوت آماری معنادار در میزان امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها گزارش نشد ($p<0.05$). روند کاهش معنادار امتیاز پذیرش

کلی در تمام گروه‌های مورد بررسی از روز سوم آزمایش در تمام تیمارها گزارش شد ($p<0.05$). بیشترین اُفت امتیاز در نمونه کنترل و به دنبال آن در نمونه T_1 مشاهده شد ($p<0.05$). استفاده از اسانس باریجه در پوشش کیتوزان بطورمعنادار مقبولیت کلی نمونه‌ها را افزایش داد ($p<0.05$). نمونه‌های T_4 و T_5 در روز ۶ بالاترین امتیاز را داشتند که طی ۹ روز این امتیاز را حفظ کردند ($p<0.05$).

جدول ۴- تغییرات باکتری‌های زنده کل و سودموناس (برحسب Log cfu/g) سینه‌های مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس باریجه

Table 4. Total count and *Pseudomonas* bacteria (Log cfu/g) changes of breast chicken coated with chitosan/ Barij essence during storage

Color	Treatment / Day	Co	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Total count	Day 1	4.39 ± 0.01^{Ea}	3.26 ± 0.01^{Eb}	3.25 ± 0.01^{Eb}	3.28 ± 0.00^{Eb}	3.22 ± 0.00^{Eb}	3.24 ± 0.00^{Eb}
	Day 3	5.69 ± 0.01^{Da}	4.26 ± 0.01^{Db}	4.33 ± 0.02^{Db}	4.23 ± 0.02^{Dc}	4.07 ± 0.02^{Dd}	4.05 ± 0.01^{Dd}
	Day 6	6.17 ± 0.02^{Ca}	4.98 ± 0.02^{Cb}	4.86 ± 0.02^{Cc}	4.67 ± 0.04^{Cd}	4.39 ± 0.01^{Ce}	4.36 ± 0.01^{Ce}
	Day 9	8.36 ± 0.01^{Ba}	6.15 ± 0.01^{Bb}	6.72 ± 0.03^{Bc}	6.63 ± 0.03^{Bd}	6.15 ± 0.00^{Be}	6.01 ± 0.01^{Bf}
	Day 12	10.35 ± 0.01^{Aa}	9.05 ± 0.01^{Ab}	8.91 ± 0.05^{Ac}	8.68 ± 0.08^{Ad}	7.01 ± 0.06^{Ae}	6.88 ± 0.04^{Af}
Pseudomonas	Day 1	0.00 ± 0.00^{Ea}	0.00 ± 0.00^{Ea}	0.00 ± 0.00^{Ea}	0.00 ± 0.00^{Ea}	0.00 ± 0.00^{Da}	0.00 ± 0.00^{Da}
	Day 3	3.08 ± 0.01^{Da}	2.67 ± 0.02^{Db}	2.65 ± 0.01^{Db}	2.61 ± 0.11^{Dc}	0.00 ± 0.00^{Dd}	0.00 ± 0.00^{Dd}
	Day 6	4.22 ± 0.01^{Ca}	3.07 ± 0.02^{Cb}	3.05 ± 0.02^{Cb}	2.98 ± 0.01^{Cc}	2.77 ± 0.02^{Cd}	2.65 ± 0.02^{Ce}
	Day 9	5.34 ± 0.01^{Ba}	3.96 ± 0.01^{Bb}	3.91 ± 0.01^{Bc}	3.84 ± 0.02^{Bd}	3.62 ± 0.03^{Be}	3.55 ± 0.05^{Bf}
	Day 12	6.28 ± 0.02^{Aa}	5.01 ± 0.02^{Ab}	4.98 ± 0.01^{Ac}	4.89 ± 0.01^{Ad}	4.75 ± 0.04^{Ae}	4.50 ± 0.05^{Af}

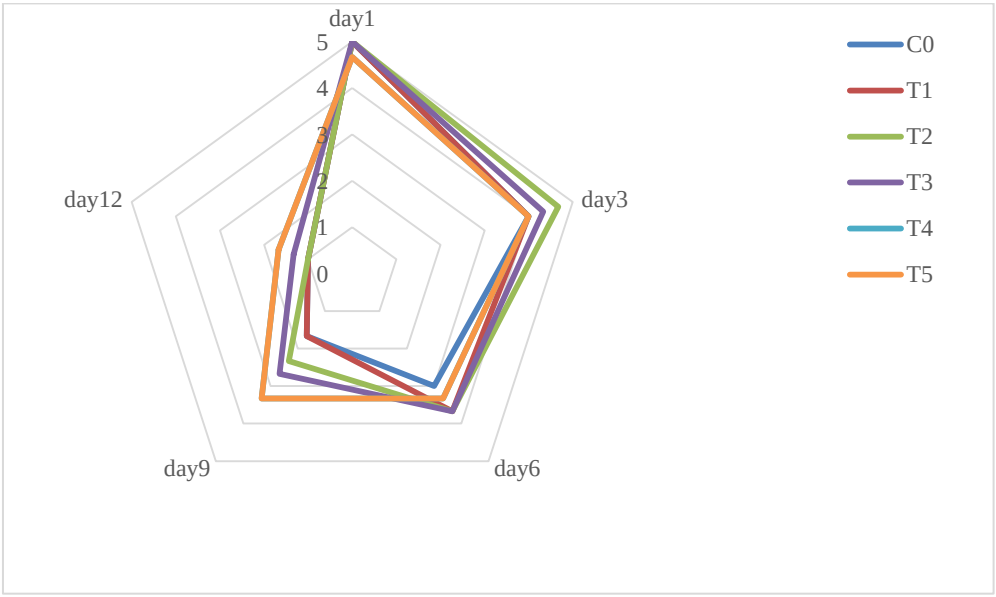

Figure 5- Overall acceptance changes of breast chicken coated with chitosan/ Barij essence during storage.

شکل ۵- تغییرات ارزیابی حسی پذیرش کلی سینه‌های مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس باریجه.

بحث

- بررسی نتایج قطر عدم هاله رشد اسانس روغنی باریجه

از نظر تئوری، قطر ناحیه مهار که نشان دهنده عدم رشد باکتری است، با غلظت عامل ضد میکروبی مرتبط است. این رابطه بین اندازه ناحیه بازدارندگی و لگاریتم غلظت ماده مورد آزمایش خطی است (Valinezhad *et al*., 2022). اسانس‌های روغنی به دلیل داشتن آلدئیدها، فنولیک‌ها، ترپن‌ها و سایر اجزای ضد میکروبی در برابر میکروب‌های مختلف کارآمد هستند. ترکیب، گروه‌های عاملی مؤلفه فعال و برهمکنش‌های هم افزایی فعالیت اسانس‌های روغنی را تعیین می‌کنند. مکانیسم ضد میکروبی بر اساس نوع اسانس روغنی یا سویه میکروبی متفاوت است. گزارش شده است که باکتری‌های گرم مثبت نسبت به گرم منفی نسبت به اسانس‌های روغنی حساس‌تر هستند (Najafi *et al*., 2020). مشاهده پژوهش حاضر این پدیده را تایید می‌کند. بزرگترین منطقه بازداری متعلق به *باسیلوس سرئوس* (۹/۳۳ میلی‌متر) بود. میانگین ناحیه مهار ثبت شده برای باکتری‌های گرم مثبت بیشتر از باکتری‌گرم منفی (*اشرشیاکلی* با منطقه مهار رشد ۷/۳۳ میلی‌متر) بود. باکتری‌های گرم منفی یک غشای بیرونی پیچیده غنی از لیپوپلی ساکارید دارند که انتشار ترکیبات آبگریز را محدود می‌کند. با این حال، باکتری‌های گرم مثبت دیواره پپتیدوگلیکان ضخیمی دارند که به اندازه کافی متراکم نیست تا در برابر مولکول‌های ضد میکروبی کوچک مقاومت کند و امکان دسترسی به غشای سلولی را فراهم می‌کند. باکتری‌های گرم مثبت ممکن است نفوذ اسانس روغنی آبگریز را به دلیل انتهای چربی دوست اسید لیپوتیکوئیک در غشای سلولی کاهش دهند (Azhdarzadeh and Hojjati, 2016). مطالعات مختلف نتایج بدست آمده از این مطالعه را تأیید می‌کند. Valinezhad و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند باکتری گرم مثبت *(Bacillus cereus)* نسبت به اسانس روغنی باریجه حساسیت بیشتری داشت. Mohamadi و همکاران (۲۰۲۱)، نیز نشان دادند باکتری گرم مثبت *Streptococcus pneumoniae* با قطر عدم ناحیه رشد ۱۱ میلی‌متر بیشترین حساسیت را با اسانس روغنی باریجه نشان داد.

- بررسی نتایج رطوبت فیله‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری

میزان رطوبت پارامتری است که به عنوان حجم کل اشغال شده توسط مولکول‌های آب در ریزساختار ماده غذایی تعریف می‌شود (Mahdavi *et al*., 2018). پوشش‌های خوراکی به عنوان یک جایگزین جالب برای افزایش ماندگاری غذاهای تازه برش خورده، کاهش آلودگی میکروبی، ایجاد مقاومت در برابر تبادل گاز و به تاخیر انداختن اُفت رطوبت در نظر گرفته می‌شوند. فیلم‌های خوراکی مبتنی بر پلی‌ساکاریدها مانند کیتوزان دارای خواص مکانیکی و ساختاری عالی هستند. این پلی‌ساکاریدها عموماً بسیار آبدوست هستند و فشردگی، ویسکوزیته و توانایی تشکیل ژل را به فیلم‌ها می‌دهند. هنگامیکه از پلی‌ساکاریدها به عنوان پوشش روی محصولات گوشتی استفاده شود، لایه‌های پلی‌ساکاریدی بصورت یکپارچه بر سطح محصولات گوشتی قرار می‌گیرند که کاهش اُفت رطوبت و به دنبال بهبود در ساختار، بافت و عملکرد را نشان می‌دهند (Umaraw and Verma., 2018). با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۱، بیشترین میزان کاهش رطوبت مربوط به نمونه شاهد بود. اُفت رطوبت تیمارهای پوشش داده شده بطور قابل توجهی نسبت به نمونه شاهد کمتر بود. که کاهش اُفت محتوی رطوبتی می‌تواند به دلیل نفوذپذیری پایین پوشش خوراکی زیست فعال به بخار آب باشد (Rezaei and Shahbazi, 2018). ادغام اسانس روغنی باریجه بطورمعناداری در حفظ رطوبت فیله‌های مرغ موثر بود. Qiu و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند پوشش‌دهی پته‌های مرغ با ژلاتین-کیتوزان همران با اسانس دارچین و عصاره رزماری از کاهش اُفت رطوبتی نمونه‌ها طی مدت زمان نگهداری جلوگیری کرد.

- بررسی نتایج pH فیله‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری

pH یکی از شاخص‌های کیفیت گوشت خام و فرآورده‌های گوشتی است زیرا مقادیر pH در گوشت و فرآورده‌های گوشتی می‌تواند تعادل میکروبی و عملکرد باکتریواستاتیک را به شدت تحت تاثیر قرار دهد که می‌تواند ماندگاری این محصولات را کاهش دهد (Cullere *et al*., 2018). نتایج pH فیله‌های مرغ (شکل ۱) نشان داد در روز اول تفاوت

آماری معنادار بین pH نمونه‌های مورد بررسی وجود نداشت و از روز سوم و افزایش معنادار در میزان pH نمونه‌ها مشاهده شد. افزایش pH در گوشت طیور نگهداری شده در دمای یخچال به دلیل تولید ترکیبات قلیایی مثل آمونیاک و تری میتل آمین‌ها طی تجزیه پروتئین‌های گوشت و پروتئین‌های میکروبی نسبت داده شده است (Chouliara *et al*., 2007). از طرفی پروتئین‌ها و آمینو اسیدهای حاصل از رشد باکتری‌ها سبب افزایش pH می‌شوند (Gimenez *et al*., 2002). این افزایش pH در نمونه کنترل بطور معنادار بالاتر بود ($p<0.05$). خواص ضد میکروبی کیتوزان (Yaghoubi *et al*., 2021) و اسانس‌های روغنی بر باکتری‌های پروتئولیتیک مولد فساد و همچنین اسیدهای فنلی موجود در اسانس روغنی باریجه می‌تواند مسئول این کاهش pH در نمونه‌های پوشش‌دهی شده باشد (Jebelli Javan *et al*., 2013). بر اساس نتایج اینگونه می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پوشش کیتوزان و کیتوزان/اسانس باریجه با کاهش روند تغییرات pH می‌تواند مدت زمان ماندگاری فیله‌های مرغ را نسبت به نمونه شاهد (پوشش داده نشده) افزایش دهد. همراستا با نتایج بدست آمده Yaghoubi و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند پوشش‌دهی گوشت مرغ تازه با کیتوزان همراه با اسانس *Artemisia fragrans* بطورمعناداری از روند افزایشی pH نمونه جلوگیری کرد. همچنین Khorshidi و همکاران (۲۰۲۱)، طی بررسی تأثیر پوشش کیتوزان/ اسانس روغنی هل بر ماندگاری ران مرغ نگهداری شده در یخچال نشان دادند طی ۱۶ روز نگهداری میزان pH در تمام گروه‌های مورد بررسی افزایش نشان داد تیمارهای پوشش داده شده بطور معناداری روند افزایشی ملایم‌تری در مقایسه با نمونه کنترل داشتند و علت این امر را به به pH پوشش کیتوزان و حساسیت باکتری‌ها به پوشش مورد و همچنین به فعالیت ضد میکروبی اسانس هل سبز نسبت دادند. Zheng و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند در مقایسه با نمونه شاهد، یک تغییر کوچک در مقدار pH در فیله‌های پوشش داده شده با کیتوزان و کیتوزان + ۰/۲۵ درصد اسانس پونه کوهی مشاهده شد. درحالی‌که، برای نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان ترکیب شده با مقادیر بالاتر اسانس پونه کوه، مقادیر pH به طورمعناداری در طول دوره ذخیره‌سازی کمتر بود.

- بررسی نتایج تیوباربیتوریک اسید (TBARS) فیله‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری

اکسیداسیون چربی اثرات منفی بر کیفیت حسی، عملکردی و تغذیه‌ای گوشت دارد. مالون دی آلدئید دومین و مهم ترین محصول اکسیداسیون چربی است و نشانگر درجه اکسیداسیون و فساد است. مقدار TBARS به طور گسترده‌ای برای تعیین میزان اکسیداسیون چربی و مقدار مالون دی آلدئید در گوشت استفاده می‌شود (Khorshidi *et al*., 2021). نتایج آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه‌های سینه مرغ با توجه به مقدار TBARS در طول نگهداری در یخچال (یعنی دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به تمامی نتایج جدول، مقدار TBARS در گروه‌های تیمار نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت. با توجه به مطالعات، زمانی‌که مقدار TBARS بالای ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم مالون دی‌آلدئید باشد، به عنوان آستانه ادراک ارگانولپتیک اکسیداسیون چربی در نظر گرفته می‌شود. سرعت کم اکسیداسیون در مراحل اولیه نگهداری نمونه شاهد به این دلیل است که اگرچه نمونه‌های مرغ حاوی عناصر پراکسیدکننده مانند آهن، پتاسیم و غیره بودند، اما نمونه‌ها در مراحل اولیه حاوی ویتامین E و سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند گلوتاتیون بودند و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی که سرعت اکسیداسیون چربی را کاهش می‌دهند (Lorenzo *et al*., 2013). مطابق با نتایج تیمار T_5 طی ۹ روز و سایر تیمارها طی ۶ روز حد مجاز TBARS را داشتند. با این حال برخی مطالعات دیگر میزان ۲ میلی‌گرم مالون آلدئید در گوشت ماکیان را سبب شروع اکسیداسیون چربی‌ها و آغاز تغییر طعم در آن‌ها دانستند (Byun *et al*., 2003) نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر کمتر از ۲ میلی‌گرم مالون آلدئید در هر کیلوگرم گوشت سینه مرغ طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال را نشان داد که علت آن احتمالاً میزان چربی اندک در سینه مرغ است. استفاده از پوشش کیتوزان به عنوان یک لایه فیزیکی بر روی نمونه‌ها و ترکیبات فنولی موجود در اسانس بادرنجبویه تا حد زیادی توانستند روند اکسیداسیون را کنترل کنند. که این امر به دلیل عملکرد محافظتی پوشش و بازدارندگی آن نسبت به هوا و اکسیژن بر روی سطح نمونه گوشت سینه مرغ است. درحالیکه در نمونه شاهد به دلیل نداشتن هیچگونه ترکیب محافظت

کننده بالاترین میزان اکسیداسون را داشت مطابق با نتایج این تحقیق Khorshidi و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند ران‌های مرغ پوشش داده شده در پوشش کیتوزان/ اسانس روغنی هل سبز کمترین میزان TBARS طی مدت زمان نگهداری در یخچال داشتند. Fiore و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند بسته‌بندی فعال کیتوزان/کازئینات/ اسانس روغنی رزماری برای پوشش‌دهی سینه مرغ چرخ شده تازه توانست سرعت اکسیداسیون لیپیدی در نمونه‌ها طی مدت زمان نگهداری را کاهش دهد. همچنین Zheng و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند مقدار BARS نمونه‌های سینه مرغ پوشیده شده با محلول کیتوزان به آرامی در طول نگهداری در یخچال افزایش می‌یابد که ممکن است به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی کیتوزان باشد. آنها گزارش کردند ادغام اسانس روغنی پونه کوهی به محلول کیتوزان به طور موثری اکسیداسیون لیپید سینه مرغ را در طول نگهداری در یخچال مهار کرد.

- بررسی نتایج ترکیبات ازت فرار (TVB-N) فیله‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری

ماندگاری و ویژگی‌های کیفی گوشت و فرآورده‌های گوشتی به شدت تحت‌تاثیر واکنش‌های اکسیداسیون، به‌ویژه لیپید و پروتئین است. بنابراین، TVB-N اغلب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تازگی غذاهای عضلانی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس دستورالعمل دفتر نظارت بر بهداشت عمومی سازمان دامپزشکی کشور، در صورتیکه میزان مواد ازته در گوشت مرغ بیش از ۲۷ mg/100ml گوشت باشد، گوشت غیرقابل مصرف خواهد بود. اگر میزان ترکیبات ازته فرار ۲۱ mg/100ml تا ۲۴ میلی‌گرم باشد گوشت قابل مصرف و اگر ۲۵ mg/100ml تا ۲۷ گوشت سریع المصرف خواهد بود (سازمان دامپزشکی ایران، ۱۳۸۴). با توجه به این مطلب و مطابق نتایج شکل ۳، در روز ۹ آزمایش تمامی تیمارهای پوشش داده شده و در روز ۱۲ تنها تیمارهای T4 و T5 قابل مصرف بودند. مطالعات نشان می‌دهد که کیتوزان (به تنهایی یا در ترکیب با مواد دیگر) می‌تواند به طور قابل توجهی مقادیر TVB-N را کاهش دهد که ممکن است به دلیل باشد که پوشش‌ها توانایی باکتری برای ترکیبات نیتروژن غیر پروتئینی اکسیداتیو دِآمینه شده را تضعیف می‌کنند و تعداد باکتری‌های پروتئولیتیک را کاهش می‌دهند (Huang *et al*., 2020). Afshar Mehrabi و همکاران (۲۰۲۱) طی بررسی پوشش کیتوزان همراه با عصاره *Nepeta pogonosperma* نشان دادند پوشش‌دهی سینه‌های مرغ بطور معناداری میزان TVB-N را طی مدت زمان نگهداری کاهش داد. این محققان، کاهش تغییرات در نمونه‌های دارای پوشش کیتوزان، و ترکیب با عصاره را به خواص ضد میکروبی کیتوزان و عصاره نسبت دادند. Yaghoubi و همکاران (۲۰۲۱)، طی بررسی تأثیر پوشش کیتوزان همراه با اسانس روغنی *Artemisia fragrans* طی مدت زمان نگهداری گوشت مرغ تازه در یخچال نشان دادند مقادیر TVB-N در تمام نمونه‌های گوشت (بطور قابل توجهی در نمونه شاهد) به طور تصاعدی افزایش یافت، آنها گزارش کردند استفاده از پوشش بطور معناداری از تشکیل TVB-N در نمونه‌های گوشت مرغ جلوگیری کرد. همچنین، Langroodi و همکاران (۲۰۱۸)، اثرات پوشش کیتوزان حاوی اسانس آویشن، عصاره سماق را بر ماندگاری گوشت بررسی کرد و روند افزایش TVB-N را طی ۲۰ روز نگهداری گزارش کردند. آنها اعلام کردند این پدیده به توانایی ترکیبات فنلی در مهار رشد میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها و تخریب پروتئین‌ها نسبت داده شده است.

- بررسی نتایج بافت فیله‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری

بافت یکی از ویژگی‌های کیفی مهم محصولات غذایی است که بر پذیرش مصرف کنندگان و دریافت غذا تأثیر می‌گذارد. پارامتر سختی به شدت تحت تاثیر مقدار آب موجود در نمونه محصولات گوشتی است (Mendes *et al*., 2023). شکل ۴ تغییرات در ویژگی‌های بافت نمونه‌های سینه مرغ را در طول ذخیره‌سازی سرد نشان می‌دهد. تفاوت معنی‌داری بین سفتی بافتی نمونه‌ها در ابتدای ذخیره‌سازی در بین گروه شاهد و گروه پوشش‌دهی شده، مشاهده نشد. در تیمارها سفتی بافت به تدریج در طول نگهداری و وابسته به زمان کاهش یافت. این نتایج ممکن است به از دست دادن یکپارچگی بافت عضلانی ناشی از عملکرد میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها نسبت داده

شود. در مقایسه با نمونه های شاهد، کاهش جزئی در یفتی بافت نمونه‌های گوشتی پوشش داده شده مشاهده شد.این امر می‌تواندبه این دلیل باشد که پوشش‌ها می‌تواند از تکثیر میکروارگانیسم‌ها جلوگیری کرده و اتولیز را کُند کنند و درنتیجه به کاهش سفتی بافت نمونه‌های سینه مرغ کمک کنند (Cai *et al*., 2014). علاوه بر این، افزایش سطح اسانس روغنی باریجه منجر به عملکرد بهتر در نگهداری کیفیت سفتی بافت نمونه‌ها شد. این نتایج ممکن است به دلیل اثر ترکیبی آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی کیتوزان و اسانس روغنی باریجه باشد. اسانس باریجه حاوی تعداد زیادی ترکیبات فنلی و ترپن است که می‌تواند به طور موثری از اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها جلوگیری کرده و رشد میکروارگانیسم‌ها را مهار کند (Han *et al*., 2017). نتایج نشان می‌دهد که پوشش کیتوزان/اسانس باریجه می‌تواند به طور موثر ویژگی‌های بافتی سینه مرغ را حفظ کند. Zheng و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند پوشش‌دهی سینه‌های مرغ با پوشش کیتوزان/اسانس کوهی و کیتوزان به تنهایی بطورمعناداری ویژگی‌های بافتی نمونه‌ها را افزایش داد. ادغام اسانس کوهی در چوشش کیتوزان این حفظ کیفیت را بهبود بخشید. Akhavan-Mahdavi و همکاران (۲۰۲۳) نیز نشان دادند پوشش‌دهی پته‌های مرغ با کیتوزان سفتی بافت نمونه‌ها را بهبود بخشید و گزارش کردند کاهش مقدار سختی پته مرغ ممکن است به دلیل احتباس آب بیشتر پته مرغ در پوشش کیتوزان باشد.

- بررسی نتایج شاخص‌های رنگی (L*، a* و b*) فیله‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری

رنگ یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت گوشت و فرآورده‌های گوشتی است، زیرا پایداری آن می‌تواند خواص حسی محصول و در نتیجه پذیرش مصرف کننده را به خطر بیندازد (Pateiro *et al*., 2018). شاخص‌های رنگ (L*: روشنی، a*: قرمزی و b*: زردی) نمونه‌های گوشت مرغ به طور معنی‌داری تحت تأثیر پوشش‌دهی و مدت زمان نگهداری قرار گرفتند. شاخص L* تمام نمونه‌ها در طول مدت نگهداری کاهش یافت. با این حال، نرخ این کاهش به طور قابل توجهی در نمونه‌های پوشش داده شده کمتر بود. خواص آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی کیتوزان و اسانس روغنی باریجه منجر به L* بالاتر در نمونه‌های پوشش داده شده می‌شود. ازآنجایی‌که شاخص L* نشان دهنده تیرگی و روشنی رنگ گوشت است، تغییرات آن را می‌توان به اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها و تأثیر آن بر رنگدانه‌های گوشت نسبت داد (Carvalho et al., 2017). Yaghoubi و همکاران (۲۰۲۱)، روند مشابهی را برای شاخص L* در گوشت سینه مرغ پوشش‌دهی شده با کیتوزان همراه با اسانس روغنی *Artemisia fragrans* گزارش کردند. Zheng و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند پوشش کیتوزان و کیتوزان/اسانس پونه کوهی می‌تواند به طور موثر مقادیرL* فیله سینه مرغ را حفظ کند، که ممکن است به فعالیت ضد باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی اسانس کوهی و کیتوزان نسبت داده شود زیرا با افزایش دوره نگهداری، اسانس به تدریج در سینه مرغ پخش می‌شود و تغییرات در پارامترهای رنگ را به تاخیر می‌اندازد.

بررسی شاخص a* نیز نشان داد این شاخص در تمام گروه‌های مورد بررسی کاهش یافت. تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیداسیون لیپید و مت–میوگلوبین ممکن است دلایل اصلی کاهش مقادیر a* باشد (Suman and Joseph, 2013). مقادیر a* بالاتر در نمونه‌های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌های موجود در کنترل منفی مشاهده شد که همانطورکه در بالا ذکر شد ممکن است به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی بالای کیتوزان واسانس روغنی باشد. همسو با نتایج بدست آمده، Yaghoubi و همکاران (۲۰۲۱)، نمونه‌های سینه مرغ پوشش داده شده با کیتوزان/اسانس روغنی *Artemisia fragrans* بالاتر از نموه کنترل بود. روند کاهش معنادار شاخص a* در تمام گروه‌های مورد بررسی گزارش شد.

پارامتر b* به شدت تحت تأثیر واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی است که در طول نگهداری نمونه‌های گوشت در یخچال رخ می‌دهد (Zarringhalami *et al*., 2009). با این حال، نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان و غلظت بالای اسانس روغنی باریجه به طور قابل توجهی، مقادیر b*بالاتری نسبت به نمونه شاهد در روز اول نشان دادند. روند افزیشی معنادار پارامتر b* در نمونه‌های مورد بررسی طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال مشاهده شد. پوشش‌دهی بطور قابل توجهی از این افزایش جلوگیری کرد.

- بررسی نتایج میکروبی فیله‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری

بر مبنای قوانین سازمان دامپزشکی کوشت ماکیان، حداکثر ۷۲ ساعت در دمای یخچال ماندگاری دارد. اصولاً مواد غذایی با منشاء حیوانی به عنوان یک منبع تغذیه‌ای بسیار مهم به علت دارا بودن پروتئین بالا و اسیدهای آمینه ضروری در رژیم غذایی انسان محسوب می‌شوند. با این حال این منابع به دلیل حساسیت بالا در دوره نگهداری و از جهت استعداد فراوان به فساد میکروبی برای سلامت مصرف کننده می‌توانند مشکل‌ساز باشند (Bazargani-Gilani *et al*., 2015). با توجه به حساسیت و فسادپذیری بالای گوشت ماکیان، پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی از طریق آزادسازی تدریجی ترکیبات ضد میکروبی آلودگی سطحی مواد غذایی را کاهش داده و باعث افزایش عمر نگهداری محصولات می‌شوند (Buonocore *et al*., 2005). به طور کلی کاهش رشد باکتری‌ها در تیمارهای اسانس به دلیل وجود ترکیبات فنلی موجود در آن است که با افزایش غلظت این ترکیبات می‌توان به طور موثری از رشد باکتری‌ها جلوگیری کرد و خاصیت باکتری کشی را افزایش داد. از آنجایی‌که اسانس‌ها عمدتاً چربی دوست هستند، به راحتی از دیواره سلولی و غشای سیتوپلاسمی عبور کرده و ساختار لایه های مختلف پلی ساکاریدها، اسیدهای چرب و فسفولیپیدها را متلاشی می‌کنند. در باکتری‌ها، نفوذپذیری غشاء با از دست دادن یون‌ها و بازیابی پتانسیل غشا، اختلال در پمپ پروتون و کاهش ذخیره ATP همراه است. اسانس‌های گیاهی می‌توانند باعث لخته شدن سیتوپلاسم و آسیب رساندن به لیپیدها و پروتئین‌ها شوند. آسیب به دیواره و غشای سلول می‌تواند منجر به تخلیه ماکرومولکول‌ها و در نهایت مرگ سلول شود (Mahdavi *et al*., 2018).

نتایج شمارش باکتری‌های زنده کل (TC) و *سودوموناس* در جدول ۴ نشان داده شده است. در روز صفر، بیشترین TC مربوط به نمونه کنترل (۴/۳۹ Log CFU/g) بود درحالیکه میزان شمارش TC در نمونه‌های پوشش‌داده شده با کیتوزان و کیتوزان/اسانس باریجه یکسان (میانگین ۳/۲۵ Log CFU/g) و بدون تفاوت آماری معنادار بود. از روز سوم افزایش معنادار شمارش TC در نمونه‌های پوشش داده شده مشاهده شد. نتایج منعکس کننده خواص ضد میکروبی بالا مرتبط با استفاده از پوشش کیتوزان و اسانس روغنی باریجه در فیله‌های مرغ است. بطوریکه در روز ۱۲ کمترین میزان باکتری در نمونه T_5 مشاهده شد. مطالعات نشان داده که فساد مرغ زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد کل باکتری‌ها از ۷ Log CFU/g بیشتر باشد. نتایج ما نشان داد تمامی تیمارهای پوشش داده شده تا ۹ روز تعداد کل باکتری زنده کمتر از ۷ Log CFU/g داشتند و این روند برای نمونه T_5 تا روز ۱۲ ادامه داشت. که نشان دهنده امکان استفاده از این پوشش برای افزایش عمر ماندگاری یک محصول بسیار فاسدشدنی مانند گوشت مرغ تازه و تضمین ایمنی آن است. نتایج بدست آمده با Khorshidi و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت داشت. این محققان گزارش کردند پوشش کیتوزان به همراه اسانس روغنی هل سبز بطورمعنادار از رشد باکتری‌های کل زنده جلوگیری کرد. همچنین Bazargani-Gilani و همکاران (۲۰۱۵) طی بررسی امکان استفاده از ترکیب کیتوزان و اسانس روغنی را برای افزایش مدت زمان نگهداری به میزان ۱۰ یا ۱۵ روز از زمان نگهداری گزارش کردند که خاصیت کاتیونی کیتوزان اجازه می‌دهد تا برهمکنش الکترواستاتیکی بین گروه NH_3 (به عنوان بار مثبت) روی مونومر گلوکزامین در مولکول‌های کیتوزان و غشای سلول میکروبی (بارهای منفی) منجر به نشت اجزای درون سلولی شود که می‌تواند دلیل خاصیت ضد میکروبی کیتوزان باشد. از سوی دیگر، نفوذپذیری انتخابی کیتوزان که باعث کاهش انتقال اکسیژن به گوشت و فرآورده‌های گوشتی می شود، ممکن است دلیل اصلی افزایش پایداری و ماندگاری باشد (Yaghoubi *et al*., 2021).

امروزه به‌خوبی ثابت شده است که گونه‌های *سودوموناس* ممکن است بخش قابل توجهی از میکرو فلور فساد گوشت مرغ نگهداری شده در یخچال را تشکیل دهد. گونه‌های *سودوموناس*، به‌عنوان رقابت با سایر گروه‌های باکتریایی (گرم مثبت یا گرم منفی) برای مواد مغذی با تشکیل سیدروفورها شناخته می‌شوند که ممکن است رشد میکروارگانیسم‌های فاسدکننده و پاتوژن را مهار کنند. پروتئولیز یک پدیده مهم در فساد گوشت است. میکرو فلور گوشت مرغ به ویژه *سودوموناس*ها مسئول پروتئولیز و تولید لعاب[1] هستند. این

[1] Slime

رویداد زمانی شروع می شود که تعداد باکتری‌ها به Log CFU/g ۷–۸ برسد و محتویات گلوکز و گلوکونات تمام شود (Bazargani-Gilani *et al*., 2015). تعداد اولیه سودموناس در نمونه‌ها در روز اول جدول (۴) /Log CFU صفر بود. که در طول ۱۲ روز افزایش معنادار نشان داد و در نمونه شاهد /Log CFU ۶/۲۸ رسید. جمعیت در تمامی تیمارهای پوشش داده شده به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. نمونه‌های حاوی اسانس روغنی باریجه موثرترین تیمار برای مهار گونه‌های *سودوموناس* بودند که احتمالاً به دلیل اثرات ضد میکروبی ترکیبی کیتوزان و اسانس بود. Mahdavi و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند فیلم‌های خوراکی کیتوزان همراه با اسانس روغنی *Pimpinella anisum L.* توانست جمعیت بار میکروبی در برگرهای مرغ تا آخر روز نگهداری کاهش دهد در این مورد افزایش اسانس از ۰/۵ تا ۲ درصد موثرتر بود.

- بررسی نتایج ارزیابی حسی پذیرش کلی فیله‌های مرغ طی مدت زمان نگهداری

به طور کلی، کاهش امتیازات مربوط به عوامل حسی فرآورده‌های گوشتی در طول دوره‌های نگهداری یک پدیده کاملاً طبیعی است .به طور معمول، طعم بد به عنوان شاخصی از تخریب میکروبی در محصولات طیور در نظر گرفته می‌شود و معمولاً در دوره‌های نگهداری رخ می‌دهد (Khorshidi *et al*., 2021). تغییرات در امتیاز عوامل حسی (پذیرش کلی) که در شکل ۵ ارائه شده است نشان می دهد که نمونه ها بررسی‌شده در مطالعه حاضر تا روز سوم تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اما پس از روز ششم برای گروه کنترل و روز ۹ برای گروه‌های تیمار شده، امتیاز قابل قبول ویژگی‌های حسی (یعنی ۳) داده شد و در روز ۱۲ غیر قابل مصرف شدند. افزایش بار میکروبی در طول دوره نگهداری می‌تواند یکی از دلایل بروز دژنراسیون زودرس در نمونه‌ها باشد. علاوه بر این، محصولات اکسیداسیون چربی و تولید آمونیاک در اثر تجزیه پروتئین‌ها توسط میکروارگانیسم‌ها باعث ایجاد بوی بد و کاهش امتیاز و عدم پذیرش کلی نمونه‌ها در روزهای نگهداری نهایی شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه و تحلیل انجام شده بر روی ظرفیت آنتی‌باکتریال اسانس باریجه نشان داد که بر روی باکتری گرم مثبت (*باسیلوس سرئوس*) موثرتر از باکتری گرم منفی (*اشرشیاکلی*) بود. نتایج آزمایش‌های شیمیایی، میکروبی و حسی انجام شده در مطالعه حاضر، عملکرد برتر پوشش کیتوزان غنی‌شده با اسانس روغنی باریجه را در مقایسه با گروه کنترل تأیید کرد. علاوه بر این، پوشش کیتوزان غنی شده با ۲ درصد اسانس روغنی باریجه دارای اثر آنتی اکسیدانی است، اگرچه اثرات ضد میکروبی قابل توجهی در نمونه‌های غذایی داشت و به طور قابل توجهی اکسیداسیون چربی‌ها و رشد میکروبی را در مقایسه با گروه شاهد، گروه پوشش کیتوزان و کیتوزان همراه با درصدهای کمتر اسانس باریجه کاهش داد. در مطالعه حاضر، پوشش دادن نمونه‌های مرغ با کیتوزان ماندگاری را ۲ تا ۳ روز افزایش داد، در حالی که افزودن ۲ درصد اسانس باریجه ماندگاری را تا روز ۱۲ مطالعه افزایش داد. بنابراین، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از پوشش کیتوزان غنی‌شده با غلظت‌های مختلف اسانس باریجه می‌تواند از اکسید شدن چربی‌ها و رشد میکروبی در سینه‌های مرغ ذخیره‌شده در دمای یخچال جلوگیری کرده و باعث افزایش ویژگی حسی پذیرش کلی محصولات گردد.

منابع

Abdalbeygi, S., Aminzare, M. & Hassanzad Azar, H. (2022). Chitosan edible coating incorporated with resveratrol and Satureja bachtiarica essential oil as natural active packaging: In vitro antibacterial and antioxidant properties, and its impact on the shelf life of fresh chicken fillet and growth of inoculated Escherichia coli O157: H7. *International Journal of Food Engineering*, *18*(10-11), 701-715. https://doi.org/10.1515/ijfe-2022-0138.

Afshar Mehrabi, F., Sharifi, A. & Ahvazi, M. (2021). Effect of chitosan coating containing Nepeta pogonosperma extract on shelf life of chicken fillets during chilled storage. *Food Science & Nutrition*, *9*(8), 4517-4528. https://doi.org/10.1002/fsn3.2429

Akhavan-Mahdavi, S., Mirzazadeh, M., Alam, Z. & Solaimanimehr, S. (2023). The effect of chitosan coating combined with cold plasma on the quality and safety of pistachio during storage. *Food Science & Nutrition*. https://doi.org/10.1002/fsn3.3355

Ansarifar, E. & Moradinezhad, F. (2022). Encapsulation of thyme essential oil using electrospun zein fiber for strawberry preservation. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *9*, 1-11. https://doi.org/10.1186/s40538-021-00267-y

Anon. (2014). Office of Public Health Guidelines, Properties of Chicken Meat, (In Press).

Azhdarzadeh, F. & Hojjati, M. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of leaf, ripe and unripe peel of bitter orange (Citrus aurantium) essential oils. *Nutrition and Food Sciences Research*, *3*(1), 43-50. https://doi.org/ 10.18869/acadpub.nfsr.3.1.43

Bazargani-Gilani, B., Aliakbarlu, J. & Tajik, H. (2015). Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative food science & emerging technologies*, *29*, 280-287. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.04.007

Buonocore, G. G., Conte, A., Corbo, M. R., Sinigaglia, M. & Del Nobile, M. A. (2005). Mono-and multilayer active films containing lysozyme as antimicrobial agent. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *6*(4), 459-464. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.006

Byun, J. S., Min, J. S., Kim, I. S., Kim, J. W., Chung, M. S. & Lee, M. (2003). Comparison of indicators of microbial quality of meat during aerobic cold storage. *Journal of food protection*, *66*(9), 1733-1737.

Cai, L., Li, X., Wu, X., Lv, Y., Liu, X. & Li, J. (2014). Effect of chitosan coating enriched with ergothioneine on quality changes of Japanese sea bass (Lateolabrax japonicas). *Food and Bioprocess Technology*, *7*, 2281-2290. https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.9.1733

Chouliara, E., Karatapanis, A., Savvaidis, I. N. & Kontominas, M. G. (2007). Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 C. *Food microbiology*, *24*(6), 607-617. https://doi.org/10.1007/s11947-013-1215-4

Cullere, M., Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Giaccone, V., Szendrő, Z., Szín, M. & Matics, Z. (2018). Effect of diet and packaging system on the microbial status, pH, color and sensory traits of rabbit meat evaluated during chilled storage. *Meat Science*, *141*, 36-43. https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.12.005

El Bayomi, R. M., Shata, R. H. & Mahmoud, A. F. A. (2023). Effects of edible chitosan coating containing Salvia rosmarinus essential oil on quality characteristics and shelf-life extension of rabbit meat during chilled storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *17*(3), 2464-2474. https://doi.org/10.1007/s11694-023-01804-z

Fattahian, A., Fazlara, A., Maktabi, S., Pourmahdi, M. & Bavarsad, N. (2022). The effects of chitosan containing nano-capsulated Cuminum cyminum essential oil on the shelf-life of veal in modified atmosphere packaging. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *16*(1), 920-933. https://doi.org/10.1007/s11694-021-01213-0

Farokhzad, P., Dastgerdi, A. A. & Nimavard, J. T. (2023). The Effect of Chitosan and Rosemary Essential Oil on the Quality Characteristics of Chicken Burgers during Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, *2023*. https://doi.org/10.1155/2023/8381828

Fazeli-Nasab, B., Valizadeh, M., Hassanzadeh, M. A. & Beigomi, M. (2021). Evaluation of the antimicrobial activity of olive and rosemary leave extracts prepared with different solvents against antibiotic-resistant Escherichia coli. *International Journal of Infection*, *8*(3). https://doi.org/10.5812/iji.114498

Fiore, A., Park, S., Volpe, S., Torrieri, E. & Masi, P. (2021). Active packaging based on PLA and chitosan-caseinate enriched rosemary essential oil coating for fresh minced chicken breast application. *Food Packaging and Shelf Life*, *29*, 100708. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100708

Giménez, B., Roncalés, P. & Beltrán, J. A. (2002). Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *82*(10), 1154-1159. https://doi.org/10.1002/jsfa.1136

Han, F., Ma, G. Q., Yang, M., Yan, L., Xiong, W., Shu, J. C. & Xu, H. L. (2017). Chemical composition and antioxidant activities of essential oils from different parts of the oregano. *Journal of Zhejiang University. Science. B*, *18*(1), 79. https://doi.org/10.1631/jzus.B1600377

Hashemi, M., Zehi, Z. B., Khanzadi, S., Rezaie, M., Noori, S. M. A. & Afshari, A. (2022). Characteristics and antibacterial effect

of chitosan coating Nanoemulsion containing Zataria multiflora and Bunium persicum essential oils against listeria monocytogenes. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, (In Press). https://doi.org/10.5812/jjnpp-120819

Heydari-Majd, M., Rezaeinia, H., Shadan, M. R., Ghorani, B. & Tucker, N. (2019). The in-vitro inhibitory effect of Barije (Ferula gummosa Boiss) essential oil loaded in Zein electrospun nanofibres on α-glucosidase and α-amylase level. *International Journal of Biological Macromolecules*, *54* (101290). https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101290

Huang, M., Wang, H., Xu, X., Lu, X., Song, X. & Zhou, G. (2020). Effects of nanoemulsion-based edible coatings with composite mixture of rosemary extract and ε-poly-L-lysine on the shelf life of ready-to-eat carbonado chicken. *Food Hydrocolloids*, *102*, 105576.
https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105576

Kang, C., Xiang, Q., Zhao, D., Wang, W., Niu, L. & Bai, Y. (2019). Inactivation of Pseudomonas deceptionensis CM2 on chicken breasts using plasma-activated water. *Journal of food science and technology*, *56*, 4938-4945. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03964-7

Khorshidi, S., Mehdizadeh, T. & Ghorbani, M. (2021). The effect of chitosan coatings enriched with the extracts and essential oils of Elettaria Cardamomum on the shelf-life of chicken drumsticks vacuum-packaged at 4° C. *Journal of Food Science and Technology*, *58*, 2924-2935. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04794-8

Jebelli Javan, A. S. H. K. A. N., Ghazvinian, K., Mahdavi, A., Javaheri Vayeghan, A. B. B. A. S., Staji, H. & Ghaffari Khaligh, S. A. H. A. R. (2013). The effect of dietary Zataria multiflora Boiss. essential oil supplementation on microbial growth and lipid peroxidation of broiler breast fillets during refrigerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, *37*(5), 881-888. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00714.x

Langroodi, A. M., Tajik, H., Mehdizadeh, T., Moradi, M., Kia, E. M. & Mahmoudian, A. (2018). Effects of sumac extract dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss oil on the shelf-life of meat in modified atmosphere packaging. *Lwt*, *98*, 372-380. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.063

Lorenzo, J. M., González-Rodríguez, R. M., Sánchez, M., Amado, I. R. & Franco, D. (2013). Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (buthylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage "chorizo". *Food research international*, *54*(1), 611-620.
https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.064

Mahdavi, V., Hosseini, S. E. & Sharifan, A. (2018). Effect of edible chitosan film enriched with anise (Pimpinella anisum L.) essential oil on shelf life and quality of the chicken burger. *Food science & nutrition*, *6*(2), 269-279.
https://doi.org/10.1002/fsn3.544

Mendes, C. G., Martins, J. T., Lüdtke, F. L., Geraldo, A., Pereira, A., Vicente, A. A. & Vieira, J. M. (2023). Chitosan coating functionalized with flaxseed oil and green tea extract as a bio-based solution for beef preservation. *Foods*, *12*(7), 1447. https://doi.org/10.3390/foods12071447

Najafi, M. N., Arianmehr, A. & Sani, A. M. (2020). Preparation of barije (ferula gummosa) essential oil–loaded liposomes and evaluation of physical and antibacterial effect on escherichia coli o157: H7. *Journal of food protection*, *83*(3), 511-517. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-285

Pateiro, M., Vargas, F. C., Chincha, A. A., Sant'Ana, A. S., Strozzi, I., Rocchetti, G. & Lorenzo, J. M. (2018). Guarana seed extracts as a useful strategy to extend the shelf life of pork patties: UHPLC-ESI/QTOF phenolic profile and impact on microbial inactivation, lipid and protein oxidation and antioxidant capacity. *Food Research International*, *114*, 55-63.
https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.047

Qiu, L., Zhang, M., Chitrakar, B., Adhikari, B. & Yang, C. (2022). Effects of nanoemulsion-based chicken bone gelatin-chitosan coatings with cinnamon essential oil and rosemary extract on the storage quality of ready-to-eat chicken patties. *Food Packaging and Shelf Life*, *34*, 100933. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100933

Rezaei, F. & Shahbazi, Y. (2018). Shelf-life extension and quality attributes of sauced silver carp fillet: A comparison among direct addition, edible coating and biodegradable film. *LWT*, *87*, 122-133. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.068

Sanseverino, A. M., Silva, F. M. D., Jones Jr, J. & Mattos, M. (2000). Cohalogenation of limonene, carvomenthene and related unsaturated monoterpenic alcohols. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *11*, 381-386. https://doi.org/10.1590/S0103-50532000000400010

Sayah, M., Kamalinezhad, M., Roustaeian, A. A. H. & BAHRAMI, H. R. (2001). Antiepileptic potential and composition of the fruit essential oil of Ferula gummosa boiss. *Med. J*, 5, 69-72

Suman, S. P., & Joseph, P. (2013). Myoglobin chemistry and meat color. *Annual review of food science and technology*, *4*, 79-99. https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182623

Umaraw, P. & Verma, A. K. (2017). Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: An eco-friendly approach. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(6), 1270-1279. https://doi.org/10.1080/10408398.2014.986563

Valinezhad, N., Talebi, A. F. & Alamdari, S. (2022). Preparation, Characterization, and Antibacterial Effects of Ferula Gummosa Essential Oil–Chitosan (CS-FEO) Nanocomposite. Nanochemistry Research, 7(2), 85-92. https://doi.org/10.22036/NCR.2022.02.004

Wang, W., Zhao, D., Xiang, Q., Li, K., Wang, B. & Bai, Y. (2021). Effect of cinnamon essential oil nanoemulsions on microbiological safety and quality properties of chicken breast fillets during refrigerated storage. *Lwt*, *152*, 112376. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112376

Xiang, Q., Zhang, R., Fan, L., Ma, Y., Wu, D., Li, K. & Bai, Y. (2020). Microbial inactivation and quality of grapes treated by plasma-activated water combined with mild heat. *Lwt*, *126*, 109336. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109336

Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M. & Lorenzo, J. M. (2021). Effect of chitosan coating incorporated with Artemisia fragrans essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage. *Polymers*, *13*(5), 716. https://doi.org/10.3390/polym13050716

Zarringhalami, S., Sahari, M. A. & Hamidi-Esfehani, Z. (2009). Partial replacement of nitrite by annatto as a colour additive in sausage. *Meat science*, *81*(1), 281-284. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.08.003

Zheng, K., Li, B., Liu, Y., Wu, D., Bai, Y. & Xiang, Q. (2023). Effect of chitosan coating incorporated with oregano essential oil on microbial inactivation and quality properties of refrigerated chicken breasts. *LWT*, *176*, 114547. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114547

Food Technology & Nutrition / Winter 2024 / Vol. 21 / No. 1

The Effect of Chitosan Coating Along with Essential Oil (*Ferula gummosa Boiss*) on the Quality Properties of Chicken Breast

A. Bayati Kalimani [a]*

[a] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

Received: 25 July 2023 Accepted: 29 August 2023

Abstract

Introduction: Using food coatings containing essential oils with antioxidant and antibacterial properties helps to increase the shelf-life of meat products**.** This study investigated the effect of chitosan coating with different concentrations of Barijah essential oil (0.25, 0.5, 1, and 2%) on the quality of chicken breast during 12 days of cold storage.

Materials and Methods: First, the antibacterial properties of Barijah essential oil were measured, and then after coating the chicken breasts, the qualitative properties namely color, bacteriological, and general acceptance characteristics were evaluated.

Results: The results showed Barijah essence was more effective on *Bacillus cereus* bacteria than *Escherichia coli* ($p<0.05$). Coating the samples significantly improved the moisture and pH characteristics of chicken breast ($p<0.05$). The coating slowed down lipid oxidation and the formation of volatile nitrogen compounds in treatment ($p<0.05$). It also caused the tissue stiffness of the samples to be maintained ($p<0.05$). The color index showed that the use of coatings caused a decrease in the L* and a* values while the b* value increased ($p<0.05$). Microbial spoilage in the coated samples was significantly reduced as compared to the control sample ($p<0.05$). Samples containing 2% Barijah essence had better results than other treatments in all tests ($p<0.05$). The acceptability of the treatment containing 1 and 2% Barig essence was the same and higher than other treatments ($p<0.05$).

Conclusion: The results showed that using chitosan with in essential oil of Barijah as a natural preservative increases the shelf life of meat products.

Keywords: *Chitosan, Chicken Breast, Essential Oil, Edible Coating, Ferula gummosa Boiss, Shelf life.*

* Corresponding Author: arman.bayati74@gmail.com

علوم غذایی و تغذیه / زمستان ۱۴۰۲ / سال بیست و یکم / شماره ۱