



اثرات فرآیندهای کباب کردن و مایکروویو در pH های مختلف بر میزان بقایای انروفلوکساسین، اکسی-

### تتراسایکلین و سولفادیازین در گوشت مرغ

محمدتقی حیدریان<sup>۱</sup>، محمدرضا خانی<sup>۲\*</sup>، اشکان جبلی جوان<sup>۳</sup>، علیرضا رحمن<sup>۲</sup>

۱-دانشجوی دکتری تخصصی گروه بهداشت مواد غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی و بهداشت مواد غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشیار گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

#### چکیده

#### اطلاعات مقاله

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثرات فرآیندهای حرارتی کباب کردن و مایکروویو همراه با تغییر pH بر میزان بقایای سه آنتی‌بیوتیک پرمصرف انروفلوکساسین، اکسی تتراسایکلین و سولفادیازین در گوشت مرغ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، ابتدا سه آنتی‌بیوتیک مورد نظر در مقادیر ۴ برابر حد مجاز باقیمانده به نمونه‌های گوشت سینه مرغ افزوده شد. نمونه‌های گوشت حاوی بقایای هر آنتی‌بیوتیک به طور جداگانه در دو pH ۵/۸ و ۴/۸ تحت تیمارهای کباب کردن (در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه) و مایکروویو (در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ دقیقه) قرار گرفت. سپس میزان باقیمانده هر یک از آنتی‌بیوتیک‌ها با روش کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) همراه با رنگ سنجی و ارزیابی میزان افت پخت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو تیمار توانستند میزان بقایای آنتی‌بیوتیکی را به طور معنی داری کاهش دهند اما هر دو فرآیند در pH ۴/۸ نسبت به ۵/۸ موثرتر بودند. بیشترین میزان کاهش باقیمانده آنتی‌بیوتیک در pH ۴/۸ در هر دو تیمار مایکروویو و کباب کردن در باقیمانده اکسی تتراسایکلین به ترتیب با ۷۶/۲ و ۷۲/۴ درصد کاهش مشاهده گردید. تیمارهای کباب کردن و مایکروویو سبب کاهش شاخص  $L^*$  شدند اما شاخص  $a^*$  در کباب کردن کاهش و در مایکروویو افزایش یافت و شاخص  $b^*$  در مایکروویو افزایش داشته اما در کباب کردن تغییر معنی داری نداشت. همچنین میزان افت پخت در کباب کردن در محدوده ۵۸ تا ۷۱ درصد بیشتر از مایکروویو در محدوده ۴۸ تا ۶۲ درصد بدست آمد. در نهایت می توان تیمار مایکروویو را توام با کاهش pH گوشت مرغ به ۴/۸ به عنوان تیمار برتر جهت کاهش بقایای آنتی‌بیوتیکی معرفی نمود.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۵

کلمات کلیدی:

گوشت مرغ،

باقیمانده آنتی‌بیوتیک،

کروماتوگرافی مایع،

کباب کردن،

مایکروویو

DOI: 10.22034/FSCT.20.137.1

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.137.1.1

\* مسئول مکاتبات:

[m.khani@godsiau.ac.ir](mailto:m.khani@godsiau.ac.ir)

## ۱- مقدمه

در صنعت پرورش طیور، از انواع آنتی‌بیوتیک‌ها به طور گسترده به منظور درمان بیماری‌ها و به‌عنوان محرک رشد استفاده می‌شود که بقایای این آنتی‌بیوتیک‌ها در گوشت در مقادیر بیش از حد مجاز می‌تواند مشکلاتی را برای سلامت مصرف‌کنندگان به دنبال داشته باشد. یکی از دلایل جداسازی بقایای آنتی‌بیوتیکی در گوشت مرغ، عدم رعایت زمان پرهیز یا منع مصرف دارویی<sup>۱</sup> توسط مرغان است. این امر سبب می‌شود که غلظت باقیمانده آنها در بافت‌هایی نظیر ماهیچه، کبد و کلیه به بیش از حداکثر میزان مجاز باقیمانده<sup>۲</sup> (MRL) افزایش یابد [۱]. مصرف مداوم گوشت مرغ با بقایای آنتی‌بیوتیکی می‌تواند مخاطرات جدی را متوجه سلامتی انسان کند که از آن جمله می‌توان به حساسیت آنتی‌بیوتیکی، واکنش‌های آلرژیک، موتاسیون در سلول‌ها، برهم زدن تعادل میکروفلورای روده و مقاومت باکتریایی نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها اشاره نمود [۲ و ۳].

بنابراین برای پیشگیری از چنین مخاطرات بهداشتی و به‌منظور کاهش میزان بقایای آنتی‌بیوتیکی در گوشت طیور تاکنون راهکارهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده است که برخی از فرآیندها نظیر پختن، شستشو، انجماد و فراصوت قادرند تا حدودی بقایای آنتی‌بیوتیکی را کاهش دهند [۴، ۵، ۶، ۷ و ۸]. همچنین در تحقیقات اخیر مشخص شد که اشعه UV نیز قادر است بر روی آنتی‌بیوتیک‌ها اثر گذار باشد [۹].

پختن مواد غذایی به روش‌های گوناگونی نظیر آب‌پز کردن، سرخ کردن، کباب کردن و مایکروویو انجام می‌شود که هرکدام دارای اثر متفاوتی روی آنتی‌بیوتیک‌ها هستند. در حقیقت دما و زمان حرارت دهی در طی فرایند پخت تأثیر بسیار چشمگیری در کاهش باقی مانده آنتی‌بیوتیکی دارد. گزارشات نشان داده است که دمای مرکز گوشت در روش

های کباب کردن و مایکروویو بیشتر از دمای ایجاد شده در روش آب‌پز کردن است [۱۰ و ۱۱]. همچنین اخیراً پژوهشی نشان داد در برخی از روش‌های پخت، کاهش pH می‌تواند تا حد قابل قبولی سبب کاهش میزان باقیمانده آنتی‌بیوتیکی شود. در نتیجه از طریق کاهش pH محیط پخت یا خود نمونه می‌توان روش‌های پخت را اصلاح نمود تا اثر گذاری بیشتری ایجاد نمایند [۱۲].

مطالعاتی که اثرات فرآیندهای حرارتی را روی باقیمانده‌های آنتی‌بیوتیک بررسی می‌کنند، معمولاً یافته‌های خود را از نظر درصد تخریب باقیمانده‌ها پس از تیمار ارائه می‌کنند. از مطالعات موجود می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی اکثر فرآیندهای حرارتی منجر به تخریب بقایای آنتی‌بیوتیک‌ها و در نتیجه کاهش غلظت آنها در ماده غذایی می‌شوند. با این حال، اثرات گزارش شده در تحقیقات مختلف بسته به نوع فرآیند مورد استفاده، نوع ماده غذایی، دما و زمان حرارت دهی، میزان pH و غیره بسیار متفاوت بوده است [۱۳]. برای مثال در بررسی تأثیر دماهای مختلف پخت بر باقیمانده اکسی‌تتراسایکلین در مرغ مشاهده شده است که در دمای ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد میزان باقیمانده به میزان ۴۹/۴ درصد و در دمای ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد به میزان ۵۴/۷ درصد کاهش یافته است [۱۴].

Shaltout و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تأثیر انواع روش‌های پخت و انجماد بر روی باقیمانده‌های سیپروفلوکساسین و اکسی‌تتراسایکلین در گوشت مرغ دریافتند که کینولون‌ها نسبت به تیمارهای حرارتی بسیار پایدار هستند اما روش انجماد به مدت ۶ ماه توانست باقیمانده سیپروفلوکساسین را به میزان ۶۲ درصد کاهش دهد [۱۱]. در تحقیق دیگری توسط Fahim و همکاران (۲۰۱۹)، اثر روش‌های پخت شامل مایکروویو و کباب کردن را بر روی گوشت گاو بررسی و گزارش کردند که باقیمانده سیپروفلوکساسین و اکسی‌تتراسایکلین در روش مایکروویو به ترتیب ۳۸/۱۴ و

1- Withdrawal period

2- Maximum residue limit

شرکت مجللی (ایران) و آب مقطر دیونیزه از شرکت کیمیا (ایران) خریداری و تهیه شدند.

## ۲-۲- روش تهیه و آماده سازی نمونه های گوشت مرغ

به این منظور، لاشه های مرغی که در طرح کیفی پایش آنتی بیوتیک اداره کل دامپزشکی استان سمنان عاری از هر گونه آنتی بیوتیک بودند و با استفاده از کیت های تشخیصی از نظر بقایای آنتی بیوتیکی منفی بودند، انتخاب شده و با حفظ زنجیره سرد به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس ۲۰ عدد سینه مرغ از لاشه های کامل جدا شده (در مجموع به وزن ۵ کیلوگرم) و با یکدیگر چرخ شدند و تا زمان آماده سازی تیمارها، در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی-گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. قبل از اعمال فرآیندهای مورد نظر، دوزهای مختلفی (حدود چهار برابر بیش از حد مجاز باقیمانده در گوشت) از سه آنتی بیوتیک مورد مطالعه شامل اکسی تتراسایکلین با دوز ۸۰۰ میکرو-گرم بر کیلوگرم (حد مجاز ۲۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم) [۱۷]. سولفادیازین با دوز ۴۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم (حد مجاز ۱۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم) [۱۷]. و انروفلوکساسین با دوز ۴۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم (حد مجاز ۱۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم) [۱۸]. تهیه شد. به این منظور ماده اولیه دو آنتی بیوتیک انروفلوکساسین و سولفادیازین به میزان ۰/۰۲ گرم در ۴۰ میلی لیتر آب و اکسی تتراسایکلین به میزان ۰/۰۴ گرم در ۴۰ میلی لیتر آب حل شد و سپس ۱۰ میلی لیتر از هر کدام برداشته و در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب به طور جداگانه حل گردید و توسط همزن دیجیتال (MST- yellow line، ساخت ایتالیا) به طور کامل مخلوط شد. در ادامه ۱۰۰ میلی لیتر از هر محلول آنتی بیوتیکی تهیه شده به ۵۰۰ گرم گوشت مرغ چرخ شده به صورت مجزا اضافه و به طور کامل با دستگاه مخلوطکن (SFP1040- SUNNY، ساخت ترکیه) به مدت ۳ دقیقه

۸۶/۹۵ درصد و در روش کباب کردن به ترتیب ۱۲/۸۴ و ۷۳/۹۸ درصد کاهش یافت [۱۵]. همچنین Nagi و همکاران (۲۰۲۱) اثر پخت به روش جوشاندن روی میزان باقیمانده انروفلوکساسین در گوشت طیور و آرایش های خوراکی آن را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که تأثیر یک روش خاص نیز می تواند بسته به قطعات مختلف گوشتی نظیر سینه و ران مرغ و اندام های گوشتی نظیر جگر و سنگدان متفاوت باشد [۱۶].

بنابراین با توجه به اثرات متغیر فرآیندهای حرارتی روی بقایای آنتی بیوتیکی مختلف، پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثرات دو فرآیند حرارتی کباب کردن و مایکروویو همراه با تغییر pH گوشت بر کاهش میزان بقایای دارویی چند آنتی بیوتیک پر مصرف در گوشت مرغ همراه با ارزیابی میزان افت پخت و رنگ سنتزی مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد اولیه

لاشه های کامل مرغ از نمونه های ارسالی به آزمایشگاه مرکزی اداره کل دامپزشکی استان سمنان جهت طرح پایش بقایای آنتی بیوتیکی تهیه شد و جهت جداسازی سینه مرغ مورد استفاده قرار گرفت. ماده اولیه ۱۰۰ درصدی هر یک از آنتی بیوتیک های انروفلوکساسین، اکسی تتراساکلین و سولفادیازین از شرکت رویان دارو (ایران) خریداری شد. آبلیمو هم با آبگیری از لیموترش تازه تهیه شد. برای اندازه گیری بقایای آنتی بیوتیکی، استانداردهای اکسی تتراسایکلین، انروفلوکساسین و سولفادیازین از شرکت سیگما (آمریکا)، هیدروکسید سدیم و پودر آلومینا از شرکت سیگما (آمریکا)، اسید فرمیک، اسید سوکسینیک و اسید اگزالیک از شرکت مرک (آلمان)، متانول و استونیتریل از

درجه سانتی گراد به مدت ۳ دقیقه حرارت دهی شد. گروه دیگر با مقدار مناسبی از آبلیمو با  $\text{pH}=2/6$  آغشته شد. بدین منظور ۴۶ میلی لیتر آبلیمو به ۵۴ میلی لیتر آب مقطر اضافه و ۱۰۰ میلی لیتر از آن به گوشت مرغ اضافه شد به طوری که  $\text{pH}$  به  $4/8$  برسد. سپس همانند روش فوق فرآیند مایکروویو اعمال شد. هر یک از نمونه ها بعد از اعمال تیمار حرارتی و قبل از استخراج و اندازه گیری باقیمانده آنتی بیوتیک تا دمای محیط سرد شدند [ ۷ و ۱۲].

#### ۲-۵- تعیین باقیمانده آنتی بیوتیک با HPLC

مقدار باقیمانده هر یک از سه آنتی بیوتیک مورد مطالعه در نمونه های گوشت مرغ، قبل از اعمال هر یک از فرآیندها با استفاده از دستگاه HPLC (2695) WATERS با ستون C18 (ساخت آمریکا) مجهز به آشکارساز فلورسنس WATERS (2475) UV و WATERS (2487) (ساخت آمریکا) اندازه گیری شد. همچنین بعد از اعمال هر یک از فرآیندها نیز نسبت به اندازه گیری بقایای آنتی بیوتیک ها در هر تیمار در سه تکرار اقدام شد.

#### ۲-۵-۱- استخراج آنتی بیوتیک از نمونه های مرغ

فاز متحرک و حلال مورد استفاده جهت استخراج شامل اسید فسفریک (۷۵ میلی لیتر)، استونیتریل (۲۵ میلی لیتر) و بافر هیدروکسید سدیم و فاز ثابت یک ستون کروماتوگرافی C18 بود. برای ساخت بافر، اسید فسفریک  $0/1$  مولار تهیه شد و  $\text{pH}$  آن با هیدروکسید سدیم  $0/1$  مولار روی ۳ تنظیم شد. برای آماده سازی نمونه ها، ۵ گرم از هر نمونه مرغ به ۱۵ میلی لیتر حلال اضافه شده و به مدت ۳ دقیقه با ورتکس IKA مدل MS3B (ساخت آمریکا) مخلوط شد تا یکنواخت شود. سپس مخلوط به مدت ۵ دقیقه با سانتریفوژ

مخلوط شدند [ ۱۰ و ۱۹]. در نمونه شاهد نیز ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر بدون آنتی بیوتیک استفاده و اضافه شد. سپس به منظور یکسان شدن شرایط برای روش های مختلف تیمار کردن، جرم معینی از گوشت مرغ (با وزن ۱۰ گرم) به شکل گلوله با قطر ۵ سانتی متر قالب زده شد [ ۱۲ و ۲۰]. گلوله ها تا زمان تیمار (حدود ۴۸ ساعت) در فریزر با دمای  $-20$  درجه سانتی گراد نگهداری شدند. قبل از اعمال فرآیندها، گلوله ها در دمای اتاق ( $25$  درجه سانتی گراد) یخزدایی شده و جهت تیمارهای کباب کردن و مایکروویو در نایلون زیپ کیپ قرار داده شدند.

#### ۲-۳- روش کباب کردن

در این فرآیند گوشت مرغ های چرخ شده آغشته به هر یک از آنتی بیوتیک های مورد مطالعه و قالب زده شده به دو گروه تقسیم شدند. یک گروه به همین صورت در  $\text{pH}$  طبیعی گوشت مرغ ( $\text{pH}=5/8$ ) در آون الکتریکی (Memert، ساخت آلمان) در دمای  $200$  درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه کباب شد. گروه دیگر با مقدار مناسبی از آبلیمو با  $\text{pH}=2/6$  آغشته شد. بدین منظور ۴۶ میلی لیتر آبلیمو به ۵۴ میلی لیتر آب مقطر اضافه و ۱۰۰ میلی لیتر از آن به گوشت مرغ اضافه شد به طوری که  $\text{pH}$  به  $4/8$  برسد. سپس همانند روش فوق فرآیند کباب کردن اعمال شد. سپس هر یک از نمونه ها بعد از اعمال تیمار حرارتی و قبل از استخراج و اندازه گیری باقیمانده آنتی بیوتیک تا دمای محیط سرد شدند [۱۲].

#### ۲-۴- روش تیمار مایکروویو

در این فرآیند نیز گوشت مرغ های چرخ شده آغشته به هر یک از آنتی بیوتیک های مورد مطالعه و قالب زده شده به دو گروه تقسیم شدند. یک گروه به همین صورت در  $\text{pH}$  طبیعی گوشت مرغ ( $\text{pH}=5/8$ ) در داخل مایکروویو (Samsung، ساخت کره) با توان  $900\text{ W}$  در دمای  $100$

## ۲-۵-۴- روش محاسبه کاهش باقیمانده آنتی بیوتیک

بقایای آنتی بیوتیک قبل و بعد از هر تیمار اندازه گیری شد و درصد کاهش طبق رابطه ۲ زیر محاسبه شد:

$$= \frac{\text{باقیمانده آنتی بیوتیک در نمونه تیمار شده} - \text{باقیمانده آنتی بیوتیک در نمونه تیمار نشده}}{\text{باقیمانده آنتی بیوتیک در نمونه تیمار نشده}} \times 100$$

رابطه (۲):

## ۲-۶- تعیین افت پخت

وزن تمام نمونه ها قبل و بعد از تیمارها با استفاده از ترازوی دیجیتال (Sartorius مدل A120S، ساخت آلمان) با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد و درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$100 \times \frac{\text{وزن نمونه بعد از تیمار} - \text{وزن نمونه قبل از تیمار}}{\text{وزن نمونه قبل از تیمار}} = (\%) \text{ کاهش وزن}$$

## ۲-۷- ارزیابی تغییرات رنگ

قبل و بعد از انجام تیمارها حرارتی مورد مطالعه، شاخص‌های رنگی  $L^*a^*b^*$  یا همان روشی، قرمزی و زردی نمونه‌های گوشت اندازه‌گیری و ثبت شد. سیستم مورد استفاده از سه جزء تشکیل شده بود: یک جعبه تصویربرداری، یک دوربین و یک کامپیوتر مجهز به نرم افزار Image J 1.53e. فضای داخلی جعبه سفید بود و نور آن توسط یک لامپ هالوژن تامین می شد. برای ثبت تصاویر، دوربین (Canon 12.1MP مدل SX-260، ساخت ژاپن) عمود بر سطح نمونه نصب شد. فاصله بین نمونه و لنز دوربین برابر با ۴۰ سانتی متر بود. تصاویر نمونه ها قبل

مدل Sigma 2.16 (ساخت آلمان) جداسازی شد. مایع رویی برداشته شد و pH آن با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار روی ۷ تنظیم شد. ۱ میلی لیتر از محلول را گرفته و در لوله آزمایش ریخته و ۵ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه و مخلوط گردید. سپس ۲۰۰ میکرولیتر کلروفرم به محلول اضافه شد و به مدت ۲ دقیقه با ورتکس مخلوط شد. لایه زیرین برداشته شد، در یک ویال ریخته شد و با نیتروژن خشک شد. ۱۰۰ میکرولیتر از فاز متحرک داخل ویال ریخته شد و با ورتکس مخلوط شد. در نهایت نمونه ها با HPLC مطابق با روش Jammoul و همکاران (۲۰۱۹) آنالیز شدند [۲۱].

## ۲-۵-۲- تهیه محلول استوک استاندارد

۱۰ میلی گرم از استاندارد هر آنتی بیوتیک در استونیتریل حل شد و با استونیتریل به ۱۰۰ میلی لیتر رسید. غلظت این استاندارد ۱۰۰ میلی گرم بر میلی لیتر بود که از آن غلظت های ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر تهیه شد. سپس ۲۰ میکرولیتر از هر یک با سرعت جریان ۱ میلی لیتر در دقیقه به دستگاه HPLC تزریق شد. یک منحنی استاندارد بر اساس غلظت‌های مختلف استاندارد ترسیم شد و سطح زیر پیک‌ها محاسبه شد [۲۱].

## ۲-۵-۳- تعیین غلظت آنتی بیوتیک

غلظت آنتی بیوتیک ها در نمونه ها بر اساس رابطه ۱ زیر محاسبه شد:

$$\text{غلظت آنتی بیوتیک (ppb)} = \frac{\text{مساحت نمونه زیر منحنی}}{\text{مساحت استاندارد زیر منحنی}} \times \frac{\text{غلظت استاندارد}}{2 \times \text{وزن نمونه}}$$

رابطه (۱):

و بعد از تیمارها جهت بررسی اثر هر تیمار گرفته شد. سپس تمامی تصاویر به صورت JPEG ذخیره و با استفاده از نرم افزار پردازش شدند. برای استخراج ویژگی، تصویر به دست آمده به کانال های رنگی مختلف منتقل و در نهایت ویژگیهای مورد نظر از کانالها استخراج گردید [۲۲].

## ۲-۸- روش تجزیه و تحلیل آماری

تمامی تیمارها در سه تکرار انجام گرفت و نتایج به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار (Mean  $\pm$  SD) گزارش گردید. برای مقایسه اثرات کباب کردن و مایکروویو، از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) در سطح معنی داری ۵ درصد استفاده شد و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین های معنی دار استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 2.9 انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2016 ترسیم شدند.

## ۳- نتایج و بحث

( $p < 0.05$ ). در تیمار کباب کردن، بیشترین درصد کاهش میزان باقیمانده آنتی بیوتیکی در  $pH = 4/8$  در اکسی تتراسایکلین با مقدار ۷۲/۴ درصد بدست آمد که با میزان کاهش انروفلوکساسین (با مقدار ۶۹/۹ درصد) و سولفادیازین (با مقدار ۶۶/۶ درصد) اختلاف آماری معنی دار داشت ( $p < 0.05$ ). همچنین در تیمار مایکروویو، بیشترین درصد کاهش میزان باقیمانده آنتی بیوتیکی در  $pH = 4/8$  در اکسی تتراسایکلین با مقدار ۷۶/۲ درصد مشاهده شد که با میزان کاهش انروفلوکساسین (با مقدار ۷۱/۲ درصد) و سولفادیازین (با مقدار ۵۴/۵ درصد) اختلاف معنی داری داشت ( $p < 0.05$ ). در مقایسه بین دو تیمار حرارتی، فرآیند مایکروویو توانست در هر دو pH سبب کاهش بیشتر بقایای دو آنتی بیوتیک اکسی تتراسایکلین و انروفلوکساسین شود، در حالی که فرآیند کباب کردن در کاهش میزان باقیمانده سولفادیازین نسبت به مایکروویو موثرتر بود ( $p < 0.05$ ). تابش الکترومغناطیسی مایکروویو منجر به حرکت یون ها و ارتعاشات مولکول های قطبی (مانند آب، پروتئین ها و برخی مایعات) تولید گرما و برخوردهای گسترده می شود که کاهش بقایای آنتی بیوتیکی را به دنبال دارد [۲۳].

۳-۱- اثر فرآیندهای کباب کردن و مایکروویو همراه با تغییر pH در فرآیندهای حرارتی گوناگون، درصد تخریب تتراسایکلین ها به صورت متغیر از ۲ تا ۱۰۰ درصد گزارش شده است. مطالعات نشان داده اند که داکسی تتراساکلین پایدارترین ترکیب در برابر حرارت است، در حالی که اکسی تتراسایکلین کمترین پایداری حرارتی را دارد. گزارش شده است که اکسی تتراسایکلین در برابر حرارت بسیار حساس بوده و تقریباً در طی نیم ساعت جوشیدن در آب کاملاً تجزیه می شود اما در طی سرخ کردن در روغن در دمای بالا، میزان تخریب کمتری نسبت به روش جوشیدن بدست آمده است [۲۰]. در تحقیق دیگری گزارش گردید که در میان روش های مختلف مورد مطالعه، مایکروویو موثرترین روش بود. همچنین در طی فرآیند حرارتی، پایدارترین و

۳-۱- اثر فرآیندهای کباب کردن و مایکروویو همراه با تغییر pH بر میزان بقایای آنتی بیوتیکی و درصد کاهش آنها

نتایج اثر تیمارهای کباب کردن و مایکروویو در دو pH مختلف بر میزان بقایای آنتی بیوتیکی در نمونه های گوشت مرغ در جدول ۱ و درصد کاهش بقایای آنتی بیوتیکی در هر یک از این تیمارها در نمودار ۱ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود اثر هر دو فرآیند و نیز تغییر pH بر مقدار بقایای هر سه آنتی بیوتیک مورد مطالعه معنی دار می باشد ( $p < 0.05$ ). هرچند تیمارهای حرارتی کباب کردن و مایکروویو در هر دو pH مورد بررسی، سبب کاهش میزان بقایای آنتی بیوتیکی گردیدند اما اثر هر دو تیمار در  $pH = 4/8$  به طور معنی داری بیشتر از  $pH = 5/8$  بود

مقادیر مختلف باقیمانده آنتی بیوتیکی مورد مطالعه مربوط باشد [۱۲].

تتراسایکلین دارای فرم‌های اپیمری - ایزومرهای که فقط در آرایش یک کربن در وضعیت قرار گرفتن گروه‌های OH و H غیر از آخرین کربن نامتقارن با هم تفاوت داشته باشند - مختلف می‌باشد که ممکن است تحت شرایط مختلف تخریب شوند. برای مثال مسیرهای مرتبط با تخریب اپیمرهای مختلف تتراسایکلین به طور عمده وابسته به pH هستند. تتراسایکلین می‌تواند تحت شرایط خاصی به اپیمرهای نظیر ۴اپی-اکسی تتراسایکلین<sup>۲</sup>، آلفا-آپو اکسی تتراسایکلین<sup>۳</sup> و بتا-آپو اکسی تتراسایکلین<sup>۴</sup> تجزیه شود. ۴اپی-اکسی تتراسایکلین از نظر بیولوژیکی فعال است و می‌تواند دوباره به ترکیب اصلی تبدیل شود. لذا محصولات تخریب آنتی بیوتیک‌ها ممکن است یک تهدید بالقوه برای سلامت انسان باشد. در این رابطه نوع فرآیند حرارتی و روش پخت یکی از مهم ترین عواملی است که بر باقیمانده تتراسایکلین‌ها تأثیر می‌گذارد. گزارش شده است که آنتی بیوتیک اکسی تتراسایکلین در گوشت مرغ تحت فرآیند کباب‌کردن کاهش پیدا کرده و کباب‌کردن منجر به تخریب اکسی تتراسایکلین و تولید دو اپیمر آلفا و بتا آپو اکسی تتراسایکلین می‌شود که باعث کاهش غلظت سمی این آنتی بیوتیک می‌شود [۲۴].

تخریب حرارتی بتالاکتام‌ها، کینولون‌ها، سولفونامیدها، ماکرولیدها، تتراسایکلین‌ها و آمینوگلیکوزیدها به دما بستگی دارد و در دمای خاص، افزایش مدت زمان حرارت دهی به ایجاد تخریب بیشتر کمک می‌کند. علاوه بر این، ترکیب ماده غذایی (مانند محتوای چربی) و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن (مانند میزان pH)، روش‌های پخت مورد استفاده و حضور افزودنی‌های غذایی همگی عواملی هستند

ناپایدارترین تتراسایکلین‌ها به ترتیب داکسی سایکلین و اکسی تتراسایکلین شناسایی شد [۱۲]. این نتایج با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر اثر بیشتر تیمار میکروویو بر کاهش درصد باقیمانده اکسی تتراسایکلین و نیز اثرات متفاوت فرآیندهای حرارتی بر کاهش بقایای آنتی بیوتیکی مطابقت دارد.

در تحقیق حاضر تیمار کباب کردن همراه با کاهش pH گوشت مرغ به ۴/۸ نسبت به pH طبیعی توانست میزان بقایای آنتی بیوتیکی مورد مطالعه را به میزان بیشتری در حدود ۱۳ تا ۱۴ درصد کاهش دهد. همچنین تیمار میکروویو نیز همراه با کاهش pH گوشت مرغ به ۴/۸ توانست میزان بقایای آنتی بیوتیکی مورد مطالعه را به میزان بیشتری نسبت به pH طبیعی در حدود ۸ تا ۹ درصد کاهش دهد. به عبارت دیگر، کاهش pH گوشت در هر دو تیمار کباب کردن و میکروویو به طور معناداری میزان باقیمانده آنتی بیوتیک‌ها را بیشتر از pH طبیعی کاهش داد که این امر به نزدیک بودن pH مورد مطالعه به pH ایزوالکتریک گوشت مرغ (حدود pH=۵) مرتبط است که در این شرایط ظرفیت نگهداری آب<sup>۱</sup> (WHC) به کمترین میزان خود رسیده و سبب خروج بخشی از بقایای درونی همراه با ترشح آب از گوشت می‌شود و موجب از دست دادن بیشتر بقایای آنتی بیوتیک در pH اسیدی تر می‌شود [۱۲].

در تحقیق مشابه ای توسط Vivienne و همکاران (۲۰۱۸)، غلظت اکسی تتراسایکلین موجود در گوشت پس از فرآیندهای میکروویو، کباب کردن و جوشاندن در pH=۶ به ترتیب به میزان ۴۹/۱، ۵۳/۶ و ۶۹/۶ درصد اما در pH=۷/۲ به ترتیب به میزان ۳۴/۳، ۵۳/۲ و ۶۷/۷ درصد کاهش پیدا کرد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارند که علت آن می‌تواند به pH های متفاوت نمونه های مورد بررسی و

2- 4epi-Oxytetracycline  
3-  $\alpha$ -apo-Oxytetracycline  
4-  $\beta$ -apo-Oxytetracycline

1- Water holding capacity

آنتی‌بیوتیک‌ها را نمی‌توان از نظر پایداری حرارتی صرفاً بر اساس گروه آنها رتبه‌بندی کرد، زیرا محیط حرارت دهی یعنی ماتریکس و pH نیز تأثیر زیادی بر تخریب آنتی‌بیوتیک‌ها دارد. با این حال، در یک شرایط خاص، آنتی‌بیوتیک‌های یک خانواده دارای خواص حرارتی مشابهی هستند [۱۳]. اما مطالعات بیشتری در این زمینه برای درک سیستماتیک تأثیر این پارامترها در طی فرآیندهای حرارتی روی بقای آنتی‌بیوتیکی مختلف مورد نیاز است.

که بر میزان تخریب آنتی‌بیوتیک‌ها تأثیر می‌گذارند. گزارش شده است که هیدرولیز اکسی‌تتراساکلین در pH های ۳ تا ۱۰/۵ اتفاق می‌افتد. همچنین استفاده از محلول با pH خنثی و سپس به دنبال آن پایین آوردن pH در تخریب آنتی‌بیوتیک‌ها موثرتر هستند [۲۵].

اگرچه ترکیبات موجود در یک گروه از آنتی‌بیوتیک‌ها ممکن است شباهت‌هایی از نظر ساختار شیمیایی و زیست‌فعالی داشته باشند، اما پایداری حرارتی آنها ممکن است بسیار متفاوت باشد. همچنین بر اساس مطالعات قبلی،

**Table 1.** Effects of roasting and microwave treatments at different pH values on the amount of antibiotic residues in chicken meat samples (Mean  $\pm$  SD)

Antibiotic	Antibiotic residue before heat treatment (ppm)	Antibiotic residue after heat treatment (ppm)			
		Roasting		Microwave	
		pH=5.8	pH=4.8	pH=5.8	pH=4.8
<b>Enrofloxacin</b>	385.3 $\pm$ 0.50	165.6 $\pm$ 0.57 <sup>D</sup>	116 $\pm$ 0.76 <sup>B</sup>	139.6 $\pm$ 0.81 <sup>C</sup>	110.8 $\pm$ 0.61 <sup>A</sup>
<b>Oxytetracycline</b>	767.3 $\pm$ 0.57	316 $\pm$ 0.88 <sup>D</sup>	212 $\pm$ 0.75 <sup>B</sup>	239.2 $\pm$ 0.71 <sup>C</sup>	182.4 $\pm$ 0.68 <sup>A</sup>
<b>Sulfadiazine</b>	356.5 $\pm$ 0.52	170.8 $\pm$ 0.63 <sup>B</sup>	119.2 $\pm$ 0.70 <sup>D</sup>	193.6 $\pm$ 0.43 <sup>C</sup>	162.4 $\pm$ 0.50 <sup>A</sup>

A-D: Different superscripts in each row indicate significant differences among different heat treatment ( $p < 0.05$ ).



به نمونه شاهد و در  $pH=4/8$  سبب کاهش ۶۲-۵۵ درصدی نسبت به نمونه شاهد گردید. به عبارت دیگر، میزان درصد افت وزن در هر دو تیمار عمدتاً در  $pH=4/8$  بیشتر از  $pH=5/8$  بود ( $p<0.05$ ). به طور کلی، بیشترین درصد میزان افت وزن در تیمار کباب کردن در  $pH=4/8$  با مقدار ۷۱ درصد و کمترین میزان در تیمار مایکروویو در  $pH=5/8$  با مقدار ۴۸ درصد بدست آمد که با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی دار داشتند ( $p<0.05$ ).

در وهله اول علت افت وزن پس از فرآیندهای حرارتی مربوط به از دست دادن رطوبت و خروج آب از گوشت به دلیل انقباض سریع حرارتی ماهیچه و تغییرات ساختاری ناشی از دناتور شدن و انعقاد پروتئین ها در طول حرارت دهی است. ضمناً با کاهش  $pH$  گوشت و تغییر در ساختار شیمیایی آن، آزاد سازی آب میان بافتی و کاهش قابلیت جذب آب اتفاق می افتد [۲۶ و ۲۷]. علاوه بر این، فاصله بین پروتئین ها با افزایش سرعت پخت کمتر شده و آب بیشتری از گوشت خارج می شود [۲۸].

در تحقیق حاضر، تیمار کباب کردن در  $pH=4/8$  نسبت به تیمار مایکروویو در  $pH=4/8$  باعث ایجاد درصد افت وزنی بیشتری در تمامی نمونه های مشابه مورد بررسی گردید ( $p<0.05$ ). علت این نتایج می تواند به بهره گیری از دما و مدت زمان حرارت دهی بیشتر در تیمار کباب کردن (۲۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه) نسبت به تیمار مایکروویو (۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ دقیقه) باشد که باعث افت وزن بیشتری گردید. این نتایج با نتایج Li و همکاران (۲۰۱۹) و Muthulakshmi و همکاران (۲۰۲۲) که عنوان نمودند دمای بالاتر پخت و زمان پخت طولانی باعث از دست دادن رطوبت بیشتر از طریق تبخیر و آزاد شدن آب اضافی در داخل نمونه های گوشت و منجر به افت وزنی بیشتر می شود مطابقت دارد [۲۹].

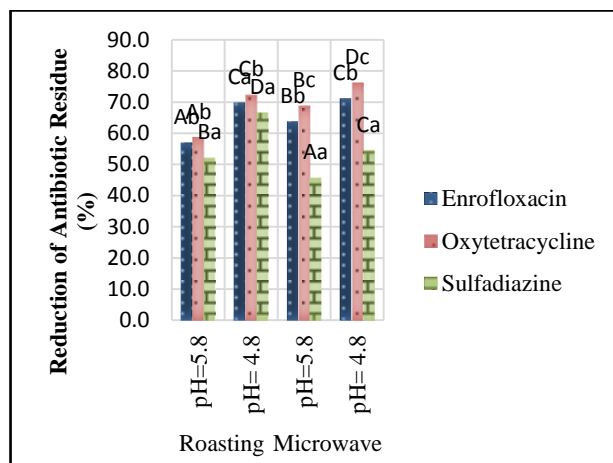


Fig 1. Reduction percentages of antibiotic residues by heat treatments at different pH values in chicken meat samples (Mean  $\pm$  SD)

A-C: Different capital letters indicate significant differences between the different heat treatments ( $p<0.05$ ). a-c: Different small letters indicate significant differences between the different antibiotics at each treatment ( $p<0.05$ ).

### ۳-۲- اثر فرآیندهای کباب کردن و مایکروویو همراه با تغییر $pH$ بر درصد افت پخت

نتایج اثر دو تیمار کباب کردن و مایکروویو بر میزان درصد افت وزن نمونه های گوشت مرغ در نمودار ۲ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود اعمال این فرآیندهای حرارتی در  $pH$  های مختلف سبب افت وزن نمونه های گوشت مرغ گردید و اثر آنها بر میزان افت وزنی نمونه های حاوی بقایای هر سه آنتی بیوتیک مورد مطالعه معنی دار می باشد ( $p<0.05$ ). تیمار کباب کردن در  $pH=5/8$  در نمونه های مختلف گوشت مرغ سبب کاهش ۵۸-۵۵ درصدی نسبت به نمونه شاهد و در  $pH=4/8$  سبب کاهش ۶۶-۷۱ درصدی نسبت به نمونه شاهد گردید. در حالیکه تیمار مایکروویو در  $pH=5/8$  در نمونه های مختلف گوشت مرغ سبب کاهش ۴۸-۵۸ درصدی نسبت

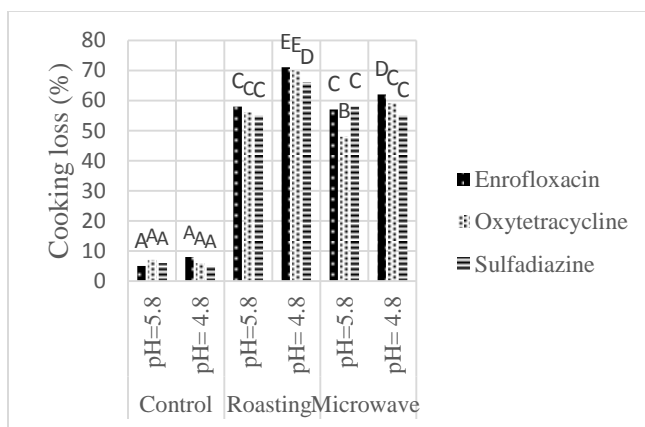
۳-۳- اثر فرآیندهای کباب کردن و مایکروویو همراه با

تغییر pH بر شاخص های رنگی  $L^*a^*b^*$

نتایج اثر دو تیمار کباب کردن و مایکروویو بر تغییرات رنگی نمونه های گوشت مرغ حاوی بقایای آنتی بیوتیکی در جدول ۲ ارائه شده است. رنگ یکی از مهمترین ویژگی های حسی هر ماده غذایی از جمله گوشت مرغ است. مدل رنگی  $L^*a^*b^*$  به عنوان یکی از کاملترین و متداولترین فضای رنگی است که برای نمایش رنگ های قابل مشاهده برای چشم انسان معرفی شده است. پارامترهای مورد بررسی شامل  $L^*$  یا روشنایی و شفافیت است که از صفر تا ۱۰۰ یعنی از سیاه تا سفید متغیر است.  $a^*$  و  $b^*$  هر دو از ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر هستند و  $a^*$  از سبز (منفی) تا قرمز (مثبت) و  $b^*$  از آبی (منفی) تا زرد (مثبت) متغیر است [۳۲]. همانطور که ملاحظه می شود اثر هر دو تیمار کباب کردن و مایکروویو و تغییر pH بر شاخص های رنگی مورد بررسی معنی دار است ( $p < 0.05$ ). با این حال، هر دو تیمار در ۵/۸ pH= در مقایسه با ۴/۸ pH= تغییرات رنگی بیشتری را نسبت به نمونه شاهد ایجاد کردند. تیمارهای کباب کردن و مایکروویو سبب کاهش شاخص  $L^*$  نسبت به نمونه شاهد شدند و در ۵/۸ pH= میزان این شاخص نسبت به ۴/۸ pH= به طور معناداری کاهش بیشتری را نشان می دهد. به عبارت دیگر، نمونه ها در هر دو تیمار و در هر دو pH= در مقایسه با نمونه شاهد از شفافیت کمتری برخوردار بودند. با این حال، در ۴/۸ pH= میزان شاخص  $L^*$  به طور معنی داری افزایش یافت ( $p < 0.05$ ).

بر اساس نتایج کسب شده، شفافیت بیشتر در نمونه های گوشت می تواند با رطوبت بیشتر آن در ارتباط باشد که سبب کمتر شدن واکنش میلارد و روشنایی بیشتر می شود. ساختار عضله و رنگ گوشت به شدت با یکدیگر در ارتباط

pH عضله نیز نقش مهمی در میزان افت وزن آن دارد زیرا مستقیماً بر مقدار بارهای منفی روی مولکول های پروتئینی که با مولکول های آب پیوند برقرار می کنند تأثیر می گذارد. در pH نزدیک نقطه ایزوالکتریک، به دلیل مساوی بودن بارهای مثبت و منفی پروتئین ها، آب کمتری می تواند به آنها متصل شود. علت این امر، عدم وجود دافعه الکترواستاتیکی در فیبرهای عضله است که باعث می شود فضای بین آنها کاهش یافته و مقدار آب به دام افتاده در فضای بین آنها به حداقل برسد. بنابراین در pH بالاتر از pH ایزوالکتریک گوشت (۵/۲) توانایی باند شدن پروتئین ها و آب افزایش می یابد و در نتیجه افت وزن کمتر می شود [۳۰]. از طرف دیگر، با افزایش غلظت اسیدهای آلی و کاهش بیشتر pH، غشای عضله شروع به پاره شدن کرده و کلاژن که در شرایط اسیدی شروع به حل شدن می کند به آرامی از عضله خارج شده و مقدار بافت پیوندی عضله کاهش می یابد. همچنین آنزیم های لیزوزومی در شرایط اسیدی رها می شوند که منجر به تخریب پروتئین های میوفیبریلی می گردند و با کاهش pH گوشت، میزان از دست دادن رطوبت طی پخت افزایش می یابد [۲۶ و ۳۱].



**Fig 2.** Percentage of cooking loss in chicken meat samples treated with roasting and microwave at different pH values (Mean ± SD)

A-E: Different capital letters indicate significant differences between the applied treatments ( $p < 0.05$ ).

مایکروویو میزان قرمزی به طور معنی داری کاهش یافت ( $p < 0.05$ ).

علت کاهش قرمزی در تیمار حرارتی را شاید بتوان به اکسیداسیون میوگلوبین و تبدیل آن به مت میوگلوبین به علت فشار کم اکسیژن در گوشت غوطه‌ور شده در محلول آبلیمو ارتباط داد. در واقع هم زمان با تشکیل مت میوگلوبین، مقدار میوگلوبین و اکسی میوگلوبین کاهش می‌یابد و تغییر رنگ تدریجی سطح گوشت از قرمز به قهوه ای اتفاق می‌افتد. همچنین دو رنگدانه هموکروم و همی کروم نیز تحت تاثیر حرارت و در اثر دنتاتوراسیون میوگلوبین احتمال دارد که در گوشت ایجاد شوند که به ترتیب دارای رنگ‌های قرمز تیره و قهوه ای هستند و می‌توانند سبب افزایش قرمزی رنگ گوشت شوند. نتایج بدست آمده با نتایج سبزی و همکاران (۱۳۹۶) که پارامترهای رنگ گوشت تحت تاثیر بکارگیری از آبغوره، میزان پارامتر  $a^*$  با افزایش pH کاهش یافت مطابقت دارد [۳۱].

همانطور که ملاحظه می‌شود، تیمار مایکروویو در هر دو pH (بویژه در pH ۴/۸) سبب افزایش شاخص  $b^*$  نسبت به نمونه شاهد گردید اما با اعمال تیمار کباب کردن میزان شاخص  $b^*$  در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد عمدتاً تغییر معناداری نداشت ( $p > 0.05$ ). علاوه بر این، کاهش میزان pH از ۵/۸ به ۴/۸ در هر دو تیمار کباب کردن و مایکروویو بطور معنی داری باعث افزایش میزان شاخص  $b^*$  گردید ( $p < 0.05$ ).

Latif (2011) نشان داد که در نمونه‌های مرینیت<sup>۱</sup> شده (طعم دارشده) با آب پرتقال، فسفات، نمک و ادویه جات همراه با تیمار کباب کردن (دما ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه) و مایکروویو (دما ۷۸ درجه به مدت ۳ دقیقه) مقدار  $b^*$  نمونه‌های سینه مرغ افزایش و مقدار  $L^*$  کاهش

هستند. گزارش شده است که همبستگی منفی و معنی داری بین روشنایی و pH گوشت سینه مرغ وجود دارد و در مقادیر pH بالاتر، رنگ گوشت تیره تر می‌شود [۳۳]. این موضوع با نتایج تحقیق حاضر که در هر یک از روش‌های حرارت دهی در pH بالاتر، از میزان شفافیت نمونه‌های گوشت مرغ کاسته شد مطابقت دارد. افزودن اسید سیتریک، باعث افزایش مقادیر  $L^*$  گوشت شده و منجر به ایجاد رنگ کلی روشن‌تر در گوشت می‌شود. علت افزایش شفافیت را می‌توان به دناتوراسیون پروتئین‌های سارکوپلاسمی و میوفیبریلی عضله در محلول اسیدی نسبت داد که در اثر دناتوراسیون آنها، ظرفیت نگهداری و اتصال آب عضله تغییر می‌کند و در نهایت، مقدار آب پراکنده شده در بین فیبرهای عضلانی روی توانایی انعکاس نور گوشت تأثیر می‌گذارد [۳۴].

Allen و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که مقدار  $L^*$  فیله مرغ ارتباط مثبتی با افت ناشی از پخت دارد و می‌توان علت افزایش روشنایی را به افت بالای پخت نیز مرتبط دانست [۳۵]. Wattanachant و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی pH و مقادیر  $L^*$  ران و سینه جوجه‌های گوشتی دریافتند که ران دارای pH ۶/۶۲ و مقدار  $L^*$  ۳۲/۵۳ بود در حالی که سینه با pH ۵/۹۳ دارای مقدار  $L^*$  ۳۸/۷۹ بود که دال بر تیره شدن رنگ گوشت در مقادیر pH بالاتر می‌باشد [۳۶].

در تحقیق حاضر، تیمار کباب کردن سبب افزایش شاخص  $a^*$  نسبت به نمونه شاهد گردید و در pH ۵/۸ بیشترین میزان این شاخص اندازه‌گیری شد که با pH ۴/۸ اختلاف آماری معنی دار نداشت ( $p > 0.05$ ). اما با اعمال تیمار مایکروویو، میزان شاخص  $a^*$  در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت که این نتایج نیز در pH‌های مختلف عمدتاً با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری نداشتند ( $p > 0.05$ ). به عبارت دیگر، میزان شاخص قرمزی در تیمار کباب کردن در مقایسه با نمونه شاهد بطور معنی داری افزایش اما در تیمار

1- Marination

یافت [۳۷]. همچنین Muthulakshmi و همکاران (۲۰۲۲) نیز دریافتند که با حرارت دادن سینه گوشت مرغ در دماهای ۷۵ تا ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه در آون میزان شاخص  $b^*$  افزایش و مقدار شاخص  $L^*$  کاهش یافت که عمدتاً با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارند [۲۹].

**Table 2.** Effects of heat treatments at different pH on L\*a\*b\* values in chicken meat samples (Mean  $\pm$  SD)

Antibiotics	Color values	Control		Color changes after Roasting		Color changes after Microwave	
		5.8= pH	4.8= pH	5.8= pH	4.8= pH	5.8= pH	4.8= pH
<b>Enrofloxacin</b>	L*	49.5 $\pm$ 0.74 <sup>Ba</sup>	55.6 $\pm$ 0.71 <sup>Ca</sup>	44.1 $\pm$ 0.76 <sup>Aa</sup>	49.0 $\pm$ 0.69 <sup>Ba</sup>	42.1 $\pm$ 0.81 <sup>Aa</sup>	49.9 $\pm$ 0.80 <sup>Ba</sup>
<b>Oxytetracycline</b>		51.4 $\pm$ 0.71 <sup>Ba</sup>	53.4 $\pm$ 0.50 <sup>Ca</sup>	45.9 $\pm$ 0.40 <sup>Aa</sup>	50.1 $\pm$ 0.70 <sup>Ba</sup>	43.9 $\pm$ 0.89 <sup>Aa</sup>	46.8 $\pm$ 0.76 <sup>Aa</sup>
<b>Sulfadiazine</b>		51.4 $\pm$ 0.75 <sup>Ba</sup>	53.3 $\pm$ 0.59 <sup>Ca</sup>	44.5 $\pm$ 0.45 <sup>Aa</sup>	50.5 $\pm$ 0.38 <sup>Ba</sup>	44.8 $\pm$ 0.90 <sup>Aa</sup>	45.4 $\pm$ 0.22 <sup>Aa</sup>
<b>Enrofloxacin</b>	a*	6.0 $\pm$ 0.69 <sup>Ba</sup>	5.2 $\pm$ 0.59 <sup>Ba</sup>	9.1 $\pm$ 0.75 <sup>Ca</sup>	8.7 $\pm$ 0.77 <sup>Ca</sup>	4.8 $\pm$ 0.17 <sup>Ba</sup>	3.3 $\pm$ 0.15 <sup>Aa</sup>
<b>Oxytetracycline</b>		6.3 $\pm$ 0.66 <sup>Ba</sup>	6.1 $\pm$ 0.27 <sup>Ba</sup>	8.6 $\pm$ 0.3 <sup>Ba</sup>	7.0 $\pm$ 0.40 <sup>Ba</sup>	4.1 $\pm$ 0.28 <sup>Aa</sup>	3.7 $\pm$ 0.40 <sup>Aa</sup>
<b>Sulfadiazine</b>		6.6 $\pm$ 0.84 <sup>Ba</sup>	5.8 $\pm$ 0.21 <sup>Ba</sup>	7.8 $\pm$ 0.08 <sup>Ba</sup>	6.6 $\pm$ 0.18 <sup>Ba</sup>	4.5 $\pm$ 0.37 <sup>Aa</sup>	4.1 $\pm$ 0.28 <sup>Aa</sup>
<b>Enrofloxacin</b>	b*	18.5 $\pm$ 0.82 <sup>Aa</sup>	19.9 $\pm$ 0.77 <sup>Ba</sup>	18.4 $\pm$ 0.50 <sup>Aa</sup>	19.7 $\pm$ 0.61 <sup>Ba</sup>	20.4 $\pm$ 0.68 <sup>Ba</sup>	21.6 $\pm$ 0.69 <sup>Ca</sup>
<b>Oxytetracycline</b>		18.8 $\pm$ 0.57 <sup>Aa</sup>	20.5 $\pm$ 0.63 <sup>Ba</sup>	18.8 $\pm$ 0.73 <sup>Aa</sup>	19.2 $\pm$ 0.70 <sup>Aa</sup>	20.2 $\pm$ 0.64 <sup>Ba</sup>	21.5 $\pm$ 0.22 <sup>Ca</sup>
<b>Sulfadiazine</b>		17.8 $\pm$ 0.57 <sup>Aa</sup>	19.5 $\pm$ 0.33 <sup>Ba</sup>	18.7 $\pm$ 0.55 <sup>Aa</sup>	18.9 $\pm$ 0.30 <sup>Aa</sup>	20.9 $\pm$ 0.24 <sup>Ba</sup>	22.5 $\pm$ 0.67 <sup>Ca</sup>

A-D: Different capital letters in each row indicate significant differences between the applied treatments ( $p < 0.05$ ).

a-c: Different small letters in each column corresponding to each color value, indicate significant differences between different antibiotics ( $p < 0.05$ ).

میزان ۷۳/۵ و ۷۷/۲ درصد اختصاص یافت. همچنین با اعمال تیمارهای حرارتی در pH ۴/۸، افت وزن بیشتری تا حدود ۱۴ درصد در تیمار کباب کردن و افت وزن کمتری تا حدود ۱۱ درصد در تیمار مایکروویو در اکثر نمونه‌ها مشاهده شد. بنابراین، هرچند کاهش میزان pH سبب کاهش درصد بقایای آنتی بیوتیکی طی فرآیندهای حرارتی می‌گردد اما همچنین می‌تواند سبب افت وزنی بیشتری در نمونه های گوشت مرغ شود. از طرف دیگر، از نظر تغییرات رنگی نمونه های گوشت مرغ، تیمارهای کباب کردن و

#### ۴- نتیجه گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که بهره گیری از هر یک از تیمارهای حرارتی کباب کردن و مایکروویو همراه با کاهش مقدار pH گوشت از ۵/۸ به ۴/۸ دارای اثر معنی داری بر میزان کاهش بقایای آنتی بیوتیکی بود و بیشترین کاهش باقیمانده در هر دو فرآیند کباب کردن و مایکروویو در pH ۴/۸ به آنتی بیوتیک اکسی تتراساکلین به ترتیب با

بقایای آنتی‌بیوتیکی مورد مطالعه در گوشت مرغ، در کنار نظارت بر رعایت دوره منع مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها در طی پرورش طیور و کنترل حد مجاز بقایای آنتی‌بیوتیکی توسط سازمان‌های ذیربط توصیه نمود.

#### ۵- سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از آزمایشگاه مرکزی اداره کل دامپزشکی استان سمنان و گروه بهداشت، سلامت و کنترل کیفیت مواد غذایی دانشگاه سمنان و کلیه افرادی که در انجام این تحقیق مشارکت و همکاری داشته اند مراتب قدرانی و سپاس خود را اعلام می‌دارند.

مایکروویو سبب کاهش شاخص  $L^*$  نسبت به نمونه شاهد گردیدند و در pH ۵/۸ میزان این شاخص نسبت به pH ۴/۸ به طور معنا داری کاهش بیشتری را نشان داد. علاوه بر این، تیمار کباب کردن سبب افزایش شاخص  $a^*$  اما تیمار مایکروویو سبب کاهش شاخص  $a^*$  نسبت به نمونه شاهد گردید. اما این نتایج در pH های مختلف عمدتاً با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری نداشتند. همچنین تیمار مایکروویو (بویژه در pH ۴/۸) سبب افزایش شاخص  $b^*$  نسبت به نمونه شاهد گردید اما با اعمال تیمار کباب کردن میزان شاخص  $b^*$  در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد تغییر معناداری نداشت. در نهایت با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان استفاده از هر دو فرآیند کباب کردن و بویژه مایکروویو را همراه با کاهش pH گوشت به منظور کاهش

#### ۵- منابع

- [1] Myllyniemi, A. L. 2004. Development of microbiological methods for the detection and identification of antimicrobial residues in meat. Academic Dissertation, National Veterinary and Food Research Institute, University of Helsinki, Finland.
- [2] Lawal, J. R., Jajere, S. M., Geidam, Y. A., Bello, A. M., Wakil, Y., & Mustapha, M. 2015. Antibiotic residues in edible poultry tissues and products in Nigeria: A potential public health hazard. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(3), 55-61.
- [3] Beyene, T. 2016. Veterinary drug residues in food-animal products: its risk factors and potential effects on public health. *Journal of Veterinary Science & Technology*, 7(1), 1-7.
- [4] Keikotlhaile, B. M., & Spanoghe, P. 2011. Pesticide residues in fruits and vegetables. *Pesticides—Formulations, Effects, Fate*, 2011, 243-252.
- [5] Shabeer, A. T. P., Kaushik, B., Manjusha, J., Rushali, G., Sagar, U., Sandip, H., & Dasharath, O. 2015. Residue dissipation and processing factor for dimethomorph, famoxadone and cymoxanil during raisin preparation. *Food Chemistry*, 170, 180–185.
- [6] Lolo, M., Pedreira, S., Miranda, J. M., Vázquez, B. I., Franco, C. M., Cepeda, A., & Fente, C. (2006). Effect of cooking on enrofloxacin residues in chicken tissue. *Food Additives and Contaminants*, 23(10), 988-993.
- [7] Javadi, A., Mirzaie, H., & Khatibi, S. A. 2011. Effect of roasting, boiling and microwaving cooking methods on Enrofloxacin residues in edible tissues of broiler. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(2), 214-218.
- [8] Serna-Galvis, E. A., Montoya-Rodríguez, D., Isaza-Pineda, L., Ibáñez, M., Hernández, F., Moncayo-Lasso, A., & Torres-Palma, R. A. 2019. Sonochemical degradation of antibiotics from representative classes- Considerations on structural effects, initial transformation products, antimicrobial activity and matrix. *Ultrasonics Sonochemistry*, 50, 157-165.
- [9] Ding, Y., Jiang, W., Liang, B., Han, J., Cheng, H., Haider, M. R., ... & Wang, A. 2020. UV photolysis as an efficient pretreatment method for antibiotics decomposition and their antibacterial activity elimination. *Journal of Hazardous Materials*, 392, 122321.

- [10] Gogoi, R., & Roy, D. C. 2019. Effect of cooking on ciprofloxacin level in chicken meat. *pharma innovation journal* 8, 208-210.
- [11] Shaltout, F. A. E., Shatter, M. A. E., & Sayed, N. F. 2019. Impacts of different types of cooking and freezing on antibiotic residues in chicken meat. *Journal of Food Science & Nutrition*, 5, 045.
- [12] Vivienne, E. E., Josephine, O. K. O., & Anaelom, N. J. 2018. Effect of temperature (cooking and freezing) on the concentration of oxytetracycline residue in experimentally induced birds. *Veterinary World*, 11(2), 167-171.
- [13] Tian, L., Khalil, S., & Bayen, S. 2017. Effect of thermal treatments on the degradation of antibiotic residues in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(17), 3760-3770.
- [14] Said, R. M., & Slama, H. 2019. Effect of cooking temperature on residual oxytetracycline hydrochloride in cooked chicken. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 76(1), 35-42.
- [15] Fahim, H. M. 2019. Evaluate antibiotic residues in beef and effect of cooking and freezing on it. *Benha Veterinary Medical Journal*, 36(2), 109-116.
- [16] Nagi, O. M., Shawish, R. R., & Elbayoumi, Z. H. 2021. Detection of enrofloxacin residues in poultry meat and its offal and the effect of boiling on these residues. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, 71(1), 67-74.
- [17] Codex Alimentarius Commission (CAC). 2018. Maximum residue limits (MRLs) and risk management recommendations (RMRs) for residues of veterinary drugs in foods CX/MRL 2-2018.
- [18] EMEA. 2002. The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, Veterinary Medicines and Inspections. Committee for Veterinary Medicinal Products, Enrofloxacin (Extension to all food producing species), Summary report (5), EMEA/MRL/820/02-FINAL
- [19] Salaramoli, J., Heshmati, A., Kamkar, A., & Hassan, J. 2016. Effect of cooking procedures on tylosin residues in chicken meatball. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 11(1), 53-60.
- [20] Abou-Raya, S. H., Shalaby, A. R., Salama, N. A., Emam, W. H., & Mehaya, F. M. 2013. Effect of ordinary cooking procedures on tetracycline residues in chicken meat. *Journal of Food Drug Analysis*, 21(1), 80-86.
- [21] Jammoul, A., & El Darra, N., 2019. Evaluation of antibiotics residues in chicken meat samples in Lebanon. *Antibiotics*, 8(2), 69.
- [22] Ma, Ji, Da-Wen Sun, Jia-Huan Qu, Dan Liu, Hongbin Pu, Wen-Hong Gao, and Xin-An Zeng. 2016. "Applications of Computer Vision for Assessing Quality of Agri-Food Products: A Review of Recent Research Advances." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(1), 113-27.
- [23] Cai, C., Liu, H., & Wang, M., 2017. Characterization of antibiotic mycelial residue (AMR) dewatering performance with microwave treatment. *Chemosphere*, 174, 20-27.
- [24] Nguyen, V., Nguyen, V., Li, C., & Zhou, G. 2015. The degradation of oxytetracycline during thermal treatments of chicken and pig meat and the toxic effects of degradation products of oxytetracycline on rats. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2842-2850.
- [25] Xuan, R., Arisi, L., Wang, Q., Yates, S. R., & Biswas, K. C. 2009. Hydrolysis and photolysis of oxytetracycline in aqueous solution. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 45(1), 73-81.
- [26] Ravash, N., Hesari, J. 2021. A Review on Veterinary Drug Residues in Foods of Animal Origin and the Effect of Different Processes on Their Stability. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 52(17), 147-168. [In Persian]
- [27] Li, K., Kang, Z. L., Zou, Y. F., Xu, X. L., & Zhou, G. H. 2015. Effect of ultrasound treatment on functional properties of reduced-salt chicken breast meat batter. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2622-2633.
- [28] Choi, Y. S., Hwang, K. E., Jeong, T. J., Kim, Y. B., Jeon, K. H., Kim, E. M., ... & Kim, C. J. 2016. Comparative study on the effects of boiling, steaming, grilling, microwaving and superheated steaming on quality characteristics of marinated chicken steak. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(1), 1-7.
- [29] Muthulakshmi, M., Chandirasekaran, V., Kalaikannan, A., Jagadeeswaran, A., Selvaraju, G., Muthukumar, M., ... & Irshad,

- A. 2022. Influence of heat on protein degradation, histology and eating quality indicators of chicken meat. *International Journal of Bio-Resource & Stress Management*, 13(3), 205-212.
- [30] Bejerholm, C., & Aaslyng, M. D. 2004. The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork—Depending on the raw meat quality. *Food Quality and Preference*, 15(1), 19-30.
- [31] Sabzi, F., Varidi, M J., Varidi, M. 2017. An Investigation Into the Effect of Verjuice Concentration on the Physicochemical and Textural Properties of Beef . *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 6(1), 53-70. [In Persian]
- [32] Wideman, N., O'bryan, C. A., & Crandall, P. G. 2016. Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences-A review. *World's Poultry Science Journal*, 72(2), 353-366.
- [33] Mehr Afshan, L., Jafar Pour, S. A., Kabusi, H., 2015. The effect of various cooking methods on Biophysical characteristics and sensory evaluation of chicken fillet. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 12(49), 187-196. [In Persian]
- [34] Arshad, M. S., Amjad, Z., Yasin, M., Saeed, F., Imran, A., Sohaib, M., ... & Hussain, S. 2019. Quality and stability evaluation of chicken meat treated with gamma irradiation and turmeric powder. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 154-172.
- [35] Allen, C.D., Fletcher, D.L., Northcutt, J.K., Russell, S.M., 1997. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf life and odor development. *Journal of Poultry Science*, 76, 1042-1046
- [36] Wattanachant, S., Benjakul, S., & Ledward, D. A. 2004. Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. *Poultry Science*, 83(1), 123-128.
- [37] Latif, S. S. 2011. Effect of marination on the quality characteristics and microstructure of chicken breast meat cooked by different methods. *Lucrări Stiințifice*, 54(6), 314-324.





## The Effects of Roasting and Microwave Processes at Different pH Values on Enrofloxacin, Oxytetracycline, and Sulfadiazine Residues in Chicken Meat

Mohammadtaghi Heydarian<sup>1</sup>, Mohammadreza Khani<sup>2\*</sup>, Ashkan Jebelli-Javan<sup>3</sup>, Alireza Rahman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. student, Department of Food Hygiene, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Food Science and Technology and Food Hygiene, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Associate Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Semnan University, Semnan, Iran

### ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effects of roasting and microwave thermal processes along with pH change on the amount of residues of three commonly used antibiotics, enrofloxacin, oxytetracycline and sulfadiazine in chicken meat. For this purpose, first the three antibiotics were added to the chicken meat samples in amounts 4 times the remaining limit. Meat samples containing residues of each antibiotic were subjected to roasting (at 200 °C for 30 minutes) and microwave (at 100 °C for 3 minutes) treatments at pH 5.8 and 4.8. Then, the residual amount of each of the antibiotics was investigated by high-performance liquid chromatography (HPLC) along with colorimetry and evaluation of cooking loss. The results showed that both treatments were able to significantly reduce the amount of antibiotic residues, but both processes were more effective at pH 4.8 than 5.8 ( $P < 0.05$ ). The highest amount of reduction of antibiotic residue at pH 4.8 in both microwave and roasting treatments was observed in oxytetracycline residue with 76.2 and 72.4% respectively. Roasting and microwave treatments decreased  $L^*$  index, but  $a^*$  index decreased in roasting and increased in microwave, and  $b^*$  index increased in microwave, but there was no significant change in roasting. Also, the amount of cooking loss in roasting in the range of 58 to 71% was more than that of microwave in the range of 48 to 62% ( $P < 0.05$ ). Finally, microwave treatment can be introduced along with reducing the pH of chicken meat to 4.8 as the best treatment to reduce antibiotic residues.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 2023/4/12

Accepted: 2023/6/26

#### Keywords:

Chicken meat,  
Antibiotic residue,  
Liquid chromatography,  
Roasting,  
Microwave

DOI: 10.22034/FSCT.20.137.1

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.137.1.1

\*Corresponding Author E-Mail:

[m.khani@godsiau.ac.ir](mailto:m.khani@godsiau.ac.ir)