بررسی اثر استفاده از امواج فراصدا بر برخی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و حسی گوشت مارینادشده با اسید لاکتیک

نجمه شمس، سیدابراهیم حسینی*، غلام‌حسن اسدی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی

چکیده

استفاده از امواج فراصدا در فرآیند مارینادکردن یکی از روش‌های جدید در جهت کاهش زمان این فرآیند و بهبود ویژگی‌های گوشت مارینادشده می‌باشد. در تحقیق حاضر قطعات مکعبی شکل گوشت با ابعاد ۲٫۵ cm به مدت ۳۰ دقیقه با شدت‌های ۵، ۸ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع تحت تیمار امواج فراصدا قرار گرفتند. سپس توسط اسید لاکتیک ۰٫۲ مولار به مدت ۸ و ۱۶ ساعت مارینادشدند. میزان جذب مارینادو پی‌اچ (pH) نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند و عملیات پخت در حمام آب گرم در دمای ۴ ± ۹۰ سلسیوس انجام شد. پس از آن، افت پخت، پی‌اچ (pH)، تغییرات رنگ و نیروی لازم جهت برش نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند امواج فراصدا تأثیر معناداری بر پی‌اچ (pH) نمونه‌ها ندارند. اِعمال امواج فراصدا سبب افزایش معنادار جذب مارینادنمونه‌ها نسبت به نمونهٔ شاهد می‌شود. هم‌چنین، درصد افت پخت در شدت ۵ وات بر سانتی‌متر مربع از سایر شدّت‌ها و نمونهٔ شاهد کم‌تر شد. ضمناً، نیروی لازم جهت برش، تغییرات رنگ نسبت به نمونهٔ شاهد تفاوت آماری معناداری ($p < ۰٫۰۵$) را نشان می‌دهند. به لحاظ ایجاد تردی، تأثیر روی رنگ و افت پخت، با افزایش زمان مارینادکردن، در ویژگی‌های فوق بهبود حاصل می‌شود. اگر چه از نظر حسی، مدّت مارینادکردن تأثیر معناداری روی تردی، رنگ و آب‌دار بودن ندارد.

کلیدواژه‌ها: فراصدا، گوشت گوساله، مارینادکردن، تردسازی، پی‌اچ (pH)، رنگ، افت پخت، ارزیابی حسی.

۱. مقدمه

از جمله موارد مهم در مورد گوشت و محصولات گوشتی بحث کیفیت خوراکی آن مانند تردی، آب‌دار بودن و رنگ گوشت می‌باشد؛ این موارد بر مقبولیت آن و افزایش تقاضا توسط مصرف‌کنندگان اثرگذار هستند و از مهم‌ترین مسائل موجود در صنعت گوشت می‌باشند. در طی چند دهه اخیر، محققان مطالعات فراوانی را در این زمینه انجام داده‌اند [۱-۶]. روش‌های متعددی جهت فرآوری و بهبود ویژگی‌های خوراکی گوشت مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از این روش‌ها مارینادکردن است. مارینادکردن اسیدی به دلیل ارزان‌تر بودن، در دسترس بودن و برتری تجاری آن از روش‌های پرکاربرد برای بهبود ویژگی‌های کیفی و افزایش عمر فروشگاهی (ماندگاری)[1] است. مارینادکردن اسیدی شامل غوطه‌ور کردن گوشت در محلول اسیدی می‌باشد [۷]. در صنعت، مارینادها بر پایه اسیدهای ضعیف هستند. اسیدهای مورد استفاده به طور عمده شامل اسید لاکتیک، اسید استیک و اسید سیتریک می‌باشند که در مارینادکردن و ایجاد طعم مورد استفاده قرار گرفته و باعث تغییر پی‌اچ (pH) گوشت می‌شود. هم‌چنین، مارینادکردن عامل‌های مختلفی از قبیل ظرفیت نگه‌داری آب[2]، آب‌دار بودن[3]، رنگ و افت پخت را در گوشت تحت تأثیر قرار داده که منجر به متورم شدن الیاف و تارها (فیبرها) و در نتیجه ترد شدن گوشت می‌شوند [۱-۲]. در فرآوری مواد غذایی از پدیده انتقال جرم بین مواد جامد و سیال جهت محافظت و تغییر و اصلاح ویژگی‌های طعم، رنگ و حفظ ارزش غذایی استفاده می‌شود [۸]. انتقال مواد از طریق عوامل مختلفی مانند شیب غلظت، نیروی موئینگی و شیب فشار ناشی از تغییر شکل داخلی مواد غذایی انجام می‌شود [۹]. جهت انتقال جرم به داخل گوشت دو نوع مقاومت وجود دارند: مقاومت داخلی و مقاومت خارجی؛ مقاومت داخلی به وسیله

* نویسنده پاسخگو: ebhoseini@srbiau.ac.ir

[1] Shelf life

[2] Water holding capacity

[3] Juiciness

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

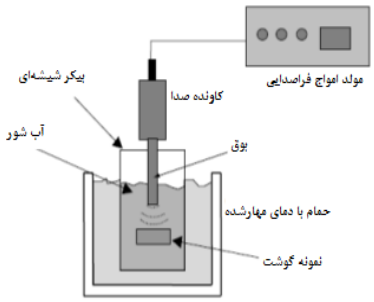
ساختار و ترکیب مواد، ماهیت املاح و پیش‌تیمارهایی مثل انجماد و یخ‌زدایی و مقاومت خارجی توسط عواملی مانند دما و آشفتگی، ضریب انتقال جرم خارجی و ضخامت لایه مرزی تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۱۰]. به طور کلی فرآیند انتقال جرم، فرآیندی است که به کُندی صورت می‌پذیرد و بازده انجام کار پایین است. این در حالی است که در صنعت بالا بودن بازده کار، سرعت فرآیند و حفظ کیفیت فرآورده بسیار حائز اهمیت هستند. با توجه به کندی انتقال جرم (انتقال جامد- مایع) چندین روش برای سرعت بخشیدن به فرآیند انتقال جرم در مقالات پیشنهاد شده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از: تپ میدان برقی (الکتریکی)، نیروی گریز از مرکز، خلا جزئی، فشار بالا و امواج فراصدا [۱۱]. این روش‌ها می‌توانند منجر به کاهش زمان فرآیند و صرفه‌جویی در انرژی شوند. اعمال امواج فراصدا نمونه‌ای جدید از این روش‌ها است که کاربردش در فرآوری مواد غذایی می‌تواند منجر به بهبود موارد فوق‌الذکر شود.

امواج فراصدا، امواج مکانیکی هستند که برای انتشار نیاز به محیط واسطه دارند و وقتی از محیط عبور می‌کنند مواد را دچار تغییر می‌نمایند [۱۱]. تاباندن امواج فراصدا بر محیطی مانند گوشت که جامد بوده و مایعاتی در لابه‌لای آن وجود دارند، سبب تحریک حباب‌های ذاتی موجود در این مایعات می‌شوند. حباب‌ها در یک فرآیند رشد ملایم و سپس فروریزش[1] ناگهانی، در موضع حباب برای زمانی در حدود نانوثانیه دمای چندهزار کلوین و فشار چندین بار را ایجاد می‌کنند. این فرآیند با بسامد امواج فراصدا تکرار می‌شود [۱۲]. بازه‌ی بسآمدی امواج فراصدایی مورد استفاده ۲۰ تا ۱۰۰ کیلوهرتز است. هدف استفاده از این بازه‌ی بسآمدی القای تغییرات در محصولات یا فرآیندهاست. امواج فراصدا به سبب تغییراتی که در ساختار پروتئین‌های میوفیبریلی و بافت پیوندی ایجاد می‌کنند می‌توانند در سامانه انتقال جرم با افزایش سرعت انتقال جرم در فیلم اطراف ذرات و افزایش سرعت انتقال جرم در داخل بافت، موجب کاهش مقاومت در برابر انتقال داخلی و خارجی شوند. به این ترتیب، این امواج سرعت نفوذ به درون بافت را به میزان ۳ الی ۴ برابر افزایش می‌دهند [۱۱، ۱۳].

بیش‌تر پژوهش‌های صورت‌گرفته در مورد بهبود ویژگی‌های فنی گوشت در رابطه با استفاده از فرآیند مارینا‌د کردن با مواد مختلف یا به‌کارگیری امواج فراصدا با شدت‌های متفاوت می‌باشند [۱۴]. این روش‌ها هر کدام به‌تنهایی موجب بهبود ویژگی‌ها در برخی شرایط می‌شوند. در این تحقیق به‌کارگیری و تلفیق روش مارینا‌د کردن (با اسید لاکتیک) و اعمال امواج فراصدا و بررسی تأثیر آن بر گوشت گوساله مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش از ماهیچه گوساله استفاده شد. ماهیچه به قطعات مکعبی شکل با ابعاد ۲/۵ سانتی‌متر برش داده شد. امواج فراصدا در دمای ۱ ± ۴ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه با بسامد ۲۰ کیلوهرتز با شدت‌های ورودی مختلف ۵، ۸ و ۱۲ وات بر سانتی‌مترمربع به نمونه‌ها اعمال شدند. اعمال امواج فراصدا با یک دستگاه آوازا[2] نمونه کیو۷۰۰[3] که یک سامانه کاونده (پروبی) است انجام شد. نمونه‌ها داخل آب سرد در فاصله ۹ سانتی‌متری از کاونده (پروب) قرار داده شدند. تصویر ترسیمی از سامانه اعمال امواج فراصدا به نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱ ترسیمه‌ی دستگاه اعمال فراصدا به نمونه گوشت با سامانه کاونده (پروبی) [۱۰].

در این تحقیق از کاونده‌ای (پروبی) با قطر ۲۰ میلی‌متر استفاده شد. نمونه‌ها وزن شدند و سپس محلول اسید لاکتیک ۰/۲ مولار [۲] در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به آن‌ها به نسبت ۲:۱ (۱ گرم گوشت: ۲ میلی‌لیتر محلول) اضافه شد [۱۳]. نمونه‌ها به مدت ۸ و ۱۶ ساعت در دمای ۱ ± ۴

[1] Collapse

[2] Sonicator
[3] Q700

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

درجه سلسیوس در محلول ماریناد اسید لاکتیک به شکل غوطه‌ور نگه‌داری شدند. پس از پایان یافتن مدت زمان ماریناد کردن، نمونه‌ها درون کیسه‌های پلی‌تیلنی جدید قرار داده شدند و فرآیند پخت مطابق با مرجع [۱۵] در حمام آب گرم با دمای ۴ ± ۹۰ درجه سلسیوس تا رسیدن دمای مرکز نمونه‌ها به ۳ ± ۷۵ درجه سلسیوس انجام شد.

۲-۱. پارامتر پی‌اچ

پی‌اچ (pH) نمونه‌ها قبل و بعد از پخت براساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۲۸[1] با استفاده از دستگاه پی‌اچ سنج (pH متر) ۶۹۱ مهتروم[2] اندازه‌گیری شد.

۲-۲. درصد جذب ماریناد

برای اندازه‌گیری درصد جذب ماریناد، پس از ماریناد کردن با اسید لاکتیک، مقدار اضافی محلول توسط کاغذ صافی از سطح نمونه حذف شد. با اندازه‌گیری وزن نمونه‌ها قبل و بعد از ماریناد، درصد جذب محلول ماریناد نمونه‌ها با استفاده از رابطه ذکر شده در ذیل محاسبه شد [۱۶].

$$\text{جذب ماریناد (درصد)} = \frac{\text{وزن نمونه بعد از ماریناد} - \text{وزن نمونه قبل از ماریناد}}{\text{وزن نمونه قبل از ماریناد}} \times ۱۰۰$$

۲-۳. درصد افت پخت

پس از انجام عمل پخت، رطوبت اضافی سطح نمونه‌ها با استفاده از دستمال کاغذی حذف گردید و وزن نمونه‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. با استفاده از رابطه زیر میزان افت پخت محاسبه شد [۱۵].

$$\text{افت پخت (درصد)} = \frac{\text{وزن نمونه بعد از پخت} - \text{وزن نمونه قبل از پخت}}{\text{وزن نمونه قبل از پخت}} \times ۱۰۰$$

۲-۴. نیروی برش

آزمون برش (آزمون وارنر- براتزلر[3]) با استفاده از دستگاه بافت‌سنج تستومتریک نمونه اِم۳۵۰- ۱۰سی‌تی[4] ساخت کشور انگلیس انجام گرفت. به این منظور مقاومت برشی هر قطعه نمونه پخته شده با استفاده از تیغه فولادی به شکل ۷ (عددی) با زاویه ۵۰ درجه و لودسل ۵۰ کیلوگرم و سرعت ۱۰۰ میلی‌متر در دقیقه در سه تکرار اندازه‌گیری شد. سپس، با استفاده از منحنی‌های جابه‌جایی- نیرو مقدار نیروی لازم برای رسیدن به نقطه تسلیم بر حسب نیوتن تعیین شد [۱۷].

۲-۵. رنگ‌سنجی

ارزیابی تغییرات رنگ در نمونه‌های تیمارشده به منظور بررسی تأثیر امواج فراصدا و اسید لاکتیک، با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مینوتا سی۴۰۰[5] روی قطعات گوشت مارینادشده انجام شد. قبل از انجام آزمون دستگاه با کاشی‌های سفید کالیبره و کنترل شد. شاخص‌های رنگی a^* (نشان دهنده رنگ قرمز- سبز)، b^* (نشان دهنده رنگ زرد- آبی)، L^* (نماینده روشنایی) و ΔE تعیین شدند.

۲-۶. ارزیابی حسی

در ارزیابی حسی تردی، آب‌داری، عطر و طعم، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌های گوشت که تحت تیمار امواج فراصدا قرار گرفته بودند و سپس با اسید لاکتیک ماریناد و پخته شده بودند در مقایسه با نمونه‌های شاهد که فقط با اسید لاکتیک ماریناد و پخته شده بودند با استفاده از شش نفر ارزیاب آموزش دیده با روش هدونیک[6] ارزیابی شد. حروف اِی، بی و سی بیان‌گر سه دسته مختلف در این آزمون می‌باشند.

۲-۷. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های این پژوهش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند. برای بررسی اختلاف معنادار در میان تمام نمونه‌ها از آزمون واریانس یک‌طرفه استفاده شد. مقایسه میانگین‌های نتایج آزمون‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن در تراز اطمینان ۹۵٪ با روش سامانه‌مند الگوی خطی عام موسوم به جی‌ال‌ام[7] انجام گرفت. نرم‌افزار مورد استفاده برای انجام تحلیل آماری به شیوه فوق‌الذکر

[1] سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ۱۰۲۸، روش آزمون مرجع، ۱۳۸۶
[2] Mehtrom
[3] Warner-Bratzle
[4] Testometric M350-10CT
[5] Minota_C400
[6] Hedonic
[7] GLM; General Linear Model

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

اس‌پی‌اس‌اس ۲۰[1] بوده است.

۳. نتایج و بحث

کد تیمارها با توجه به فعالیت‌هایی که مطابق بخش قبل روی آن‌ها انجام گرفته در جدول ۱ ذکر شده‌اند. در بخش‌های ذیل ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی آن‌ها شامل پی‌اچ (pH)، جذب مارینـاد، افت پخت، تردی، رنگ و ارزیابی حسی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند.

جدول ۱ مشخصات تیمارهای امواج فراصدا و نمونه مارینادشده و کد مربوطه برای اسید لاکتیک.

کد تیمار	شدت فراصدا (w/cm^2)	زمان مارینادکردن با اسید لاکتیک (ساعت)
۱	۱۲	۱۶
۲	۱۲	۸
۳	۸	۸
۴	۸	۱۶
۵	۵	۸
۶	۵	۱۶
۷	۰	۸
۸	۰	۱۶

۳-۱. پی‌اچ

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پی‌اچ (pH) نمونه‌های خام (جدول ۲) نشان می‌دهند اعمال امواج فراصدا در شدت‌های مختلف تأثیر معناداری بر کاهش پی‌اچ (pH) نمونه‌ها نداشته است. نتایج با متناظر خود در مراجع [۱۸-۲۰] مطابقت دارند.

نتایج حاکی از آن بودند که پخت نمونه‌ها سبب افزایش پی‌اچ (pH) در آن‌ها شده است. شدت‌های مختلف امواج فراصدا کاهش معناداری در پی‌اچ (pH) نمونه‌های پخته شده ایجاد نکردند. در مورد افزایش پی‌اچ (pH) پس از پخت می‌توان به این نکته اشاره داشت که پخت سبب انعقاد و افزایش دناتوره شدن پروتئین‌های ماهیچه و در نتیجه کاهش گروه‌های کربوکسیلیک در دسترس در پروتئین و آزاد شدن کلسیم و منیزیم از پروتئین‌ها می‌شود که تمامی موارد عنوان شده سبب افزایش پی‌اچ در قطعات گوشت می‌شوند [۳، ۲۱].

جدول ۲ پی‌اچ (pH) قبل و بعد از پخت و درصد جذب مارینادتیمارها.

کد تیمار	پی‌اچ قبل از پخت	پی‌اچ بعد از پخت	درصد جذب مارینادشده
۱	۴٫۴۱۶ ±۰٫۰۸۷^{a*}	۴٫۷۱۰ ±۰٫۰۷۹^{b}	۳۹٫۲۳۲ ±۸٫۳۹۷^{abc}
۲	۴٫۵۱۵ ±۰٫۱۷۲^{ab}	۴٫۷۲۰ ±۰٫۱۷۵^{b}	۳۴٫۰۵۶ ±۶٫۳۶۷^{bcd}
۳	۴٫۵۳۰ ±۰٫۰۷۶^{ab}	۴٫۷۳۷ ±۰٫۰۷۰^{b}	۴۱٫۹۳۶ ±۵٫۹۹۷^{ab}
۴	۴٫۳۹۲±۰٫۱۲۴^{a}	۴٫۴۴۲ ±۰٫۱۲۴^{a}	۴۵٫۵۹۳±۶٫۲۷۹^{d}
۵	۴٫۵۴۷ ±۰٫۰۶۸^{ab}	۴٫۶۵۰ ±۰٫۰۴۹^{b}	۳۱٫۸۰۶ ±۴٫۲۰۱^{ab}
۶	۴٫۳۹۸ ±۰٫۰۹۰^{a}	۴٫۷۰۷ ±۰٫۰۶۵^{b}	۳۲٫۸۸۹ ±۳٫۶۹۴^{abc}
۷	۴٫۶۴۰ ±۰٫۰۴۶^{b}	۴٫۸۰۳ ±۰٫۰۴۵^{b}	۲۵٫۳۷۹ ±۲٫۷۴۱^{a}
۸	۴٫۴۵۷ ±۰٫۰۹۴^{a}	۴٫۶۴۳ ±۰٫۰۸۱^{b}	۳۰٫۶۳۰ ±۲٫۶۶۵^{ab}

* این حروف نشان‌دهنده تفاوت معنادار دو عدد با هم براساس روش آماری دانکن می‌باشند. هر حرف نماینده یک دسته آماری می‌باشد. اگر دو عدد حتی یک حرف مشترک داشته باشند به این معناست که این دو عدد تفاوت معناداری ندارند.

نتایج نشان دادند با افزایش مدت زمان مارینـاد کردن توسط اسید لاکتیک از میزان پی‌اچ (pH) در نمونه‌های خام و پخته شده کاسته می‌شود. نتایج فوق با نتایج متناظر مندرج در مرجع [۲۲] مطابقت دارند. مارینـاد اسیدی سبب کاهش پی‌اچ (pH) به زیر نقطه هم‌برقایی (ایزوالکتریک)[2] پروتئین‌ها می‌شود. افزایش بارهای مثبت سبب ایجاد نیروی دافعه و تضعیف ساختار پروتئینی شده و نفوذ محلول مارینـاد به درون ساختار ماهیچه افزایش می‌یابد؛ در نتیجه ساختار ماهیچه متورم شده بر میزان آب‌دار بودن و تردی نمونه افزوده می‌شود [۲۳]. با افزایش مدت زمان مارینـاد کردن و نفوذ بیش‌تر محلول مارینـاد اسیدی به دلیل اینکه یون‌های هیدروژن بیش‌تری در محیط حضور دارند از پی‌اچ نمونه‌ها کاسته می‌شود [۴].

۳-۲. جذب مارینـاد

درصد جذب محلول اسید لاکتیک (به‌عنوان مارینـاد اسیدی) در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند اعمال امواج فراصدا به صورت معناداری سبب افزایش جذب محلول اسید لاکتیک در نمونه‌ها شده است. نمونه‌هایی که امواج فراصدا با شدت‌های ۸ وات بر سانتی‌متر مربع به آن‌ها اعمال شده نسبت به نمونه‌هایی

[1] SPSS 20

[2] Isoelectric

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

که با شدت ۵ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع امواج فراصدا به آن‌ها اعمال شده دارای جذب اسیدلاکتیک بیش‌تری هستند که این تفاوت از نظر آماری معنادار است ($p<۰/۰۵$). در رابطه با تغییر افزایش مدت زمان مارینـاد کردن اسیدی ملاحظه می‌شود که در میزان جذب اسید لاکتیک به عنوان محلول مارینـاد تأثیر معناداری ایجاد نشده است. از جمله دلایل افزایش درصد جذب اسید لاکتیک توسط نمونه‌های تیمارشده با امواج فراصدا می‌توان به ایجاد ریزشیار[1] و افزایش شیارهای بین الیاف و تارهای (فیبرهای) ماهیچه در اثر کاواک‌زایی (کاویتاسیون) اشاره داشت. ضمن اینکه کاواک‌زایی (کاویتاسیون) انتقال رطوبت در گوشت را تحت تأثیر قرار داده سبب بهبود انتقال رطوبت نیز می‌شود [۱۰]. نتایج حاصله با تحقیقات [۳، ۱۰، ۱۸، ۲۴] مطابقت دارد.

۳-۳. افت پخت

نتایج افت پخت در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. تیمار با امواج فراصدا با شدت ۵ وات بر سانتی‌متر مربع از نظر درصد افت پخت تفاوت آماری معناداری با تیمارهای ۰ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع داشت. بعلاوه، دارای کم‌ترین میزان افت پخت بوده و بین شدت ۵ و ۸ وات بر سانتی‌متر مربع اختلاف آماری معناداری وجود نداشته است. در خصوص تأثیر مدت زمان مارینـاد کردن با اسید لاکتیک بر میزان افت ناشی از پخت، نمونه‌هایی که به مدت ۱۶ ساعت با اسید لاکتیک مارینـاد شده‌اند نسبت به نمونه‌هایی که ۸ ساعت در محلول مارینـاد اسید لاکتیک قرار گرفته بودند میزان افت پخت کم‌تری نشان دادند. امواج فراصدا در شدت بهینه با تغییر در ساختمان گوشت قدرت اتصال در گوشت را افزایش داده و سبب افزایش ویژگی‌های نگه‌داری آب در آن می‌شوند به همین دلیل افت پخت محصول کاهش می‌یابد [۲۵-۲۶]. از طرف دیگر، همان‌طور که ذکر شد شکستگی‌های ایجادشده در ساختار پروتئین‌های میوفیبریلی و بافت پیوندی سبب نفوذ بیش‌تر محلول مارینـاد در ساختار ماهیچه می‌شوند.

این امر با کاهش پی‌اچ (pH) به زیر نقطه هم‌برقی (ایزوالکتریک) پروتئین‌ها، ظرفیت اتصال آب و تورم پروتئین‌های میوفیبریلی را افزایش می‌دهد. بافت پیوندی نیز در اثر کاهش پی‌اچ (pH) و حرارت، ژلاتینه شده و توانایی نگه‌داری آب در آن افزوده می‌شود و در مقابل افت پخت کاهش می‌یابد. در واقع پی‌اچ (pH) پایین‌تر سبب جذب آب بیش‌تر و افت پخت کم‌تری می‌شود [۲۷].

جدول ۳ تأثیر شدت‌های مختلف امواج فراصدا، مدت زمان مارینـاد کردن بر افت پخت.

کد تیمار	درصد افت پخت
۱	۲۴/۸۴۰ ± ۲/۵۸۵^{b}
۲	۲۵/۶۰۲ ± ۱/۶۵۲^{b}
۳	۲۳/۶۰۶ ± ۳/۰۸۵^{b}
۴	۱۸/۲۲۶ ± ۱/۵۹۸^{a}
۵	۲۴/۲۱۰ ± ۱/۴۵۱^{b}
۶	۱۶/۳۹۳ ± ۴/۱۶۲^{a}
۷	۲۲/۷۱۱ ± ۱/۸۴۵^{b}
۸	۲۵/۱۹۵ ± ۱/۶۱۹^{b}

۳-۴. نیروی برش

در جدول ۴ نتایج نیروی برشی نمونه‌ها نشان داده شده‌اند. همان‌طور که جدول ۴ نشان می‌دهد، امواج فراصدا سبب کاهش نیروی برشی در نمونه‌ها شده‌اند. از نظر میزان شدت، در نمونه‌هایی که با شدت‌های ۵ و ۸ وات بر سانتی‌متر مربع امواج فراصدا به آن‌ها اعمال شده مقدار مقاومت نیروی برشی به صورت معناداری کم‌تر از مقدار متناظر در نمونه‌های در معرض شدت ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع شده است.

جدول ۴ تاثیر شدت‌های مختلف امواج فراصدا و مدت زمان مارینـاد کردن بر تردی ماهیچه.

کد تیمار	درصد افت پخت
۱	۵۱/۰۶۳ ± ۱۱/۹۹۴^{cd}
۲	۵۲/۵۵۶ ± ۱/۷۰۱^{cd}
۳	۴۳/۵۷۳ ± ۵/۷۷۷^{abc}
۴	۳۷/۵۶۶ ± ۲/۶۱۹^{ab}
۵	۳۸/۴۵۳ ± ۰/۴۴۷^{ab}
۶	۳۳/۳۹۶ ± ۳/۷۰۲^{abc}
۷	۵۵/۴۵۰ ± ۵/۵۷۱^{d}
۸	۴۶/۳۱۰ ± ۷/۷۹۸^{bcd}

[1] Microchannel

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

امواج فراصدا با فرآیند کاواک‌زایی (کاویتاسیون) که ایجاد می‌کنند موجب اعمال انرژی به ماهیچه و تغییر ساختار آن می‌شوند و در نهایت باعث افزایش تردی ماهیچه می‌شوند. تغییرات ناشی از اعمال امواج فراصدا عبارتند از: کاهش وزن مولکولی کلاژن و تخریب مکانیکی بافت میوفیبریلی. این تغییرات سبب تفکیک ترکیب اکتومیوزین و تولید اکتین و میوزین و پروتئولیز میوفیبریل‌های کلیدی و پروتئین‌های همراه مانند دسمین، تروپونین و تروپومیوزین می‌شوند. پروتئین‌های همراه یکپارچگی ساختار میوفیبریل‌ها را حفظ می‌کنند. تجزیه این پروتئین ها از طریق پروتئولیز منجر به تضعیف بافت میوفیبریلی می‌شود. پروتئازهای مسئول این تغییرات، کالپاین و کاتپسین هستند. امواج فراصدا با شدت بالا از طریق کاواک‌زایی (کاویتاسیون) با ایجاد تخریب در ساختار غشاء یاخته‌ای (سلولی) سبب آزاد شدن کاتپسین از لیزوزم و آزاد شدن یون کلسیم از رتیکولوم و فعال شدن آنزیم کالپاین می‌شوند [۲۸-۲۹].

شدت فرآیند کاواک‌زایی (کاویتاسیون) روی نمونه با افزایش شدت امواج فراصدا اعمال شده در محل کاونده (پروب) دستگاه رابطه مستقیمی ندارد بدین معنا که ابتدا با افزایش شدت امواج فراصدا در محل کاونده (پروب)، شدت کاواک‌زایی (کاویتاسیون) روی نمونه نیز افزایش می‌یابد. اما، با زیادتر شدن شدت امواج فراصدا به دلیل حباب‌هایی که مابین کاونده (پروب) و نمونه‌ها ایجاد می‌شوند بخشی از امواج فراصدا توسط آن‌ها جذب می‌شود و امواج فراصدا با شدت کم‌تری به محل نمونه‌ها می‌رسند، در نتیجه فرآیند کاواک‌زایی (کاویتاسیون) ضعیف‌تر رخ داده و تردی کم‌تری ایجاد می‌شود [۳۰]. نتایج تحقیقات گونزالس در سال ۲۰۰۳ [۳۰] تأیید کننده نتایج فوق می‌باشند.

افزایش بازه زمانی مارینادکردن با اسید لاکتیک از ۸ ساعت به ۱۶ ساعت به صورت معناداری کاهش مقاومت برشی نمونه‌ها را سبب شده است. دلیل کاهش مقاومت برشی نمونه‌های مارینادشده با اسید لاکتیک بهبود توزیع محلول مارینادشده اسیدی در گوشت بدلیل تغییرات ایجاد شده توسط امواج فراصدا می‌باشد. تحقیق جورگنسن و همکاران در سال ۲۰۱۲ نیز تأیید کننده تأثیر امواج فراصدا بر بهبود ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مارینادشده می‌باشد [۳].

۳-۵. رنگ

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، تیمار امواج فراصدا به صورت معناداری سبب افزایش شاخص L^* شده است. شدت‌های ۸ و ۱۲ وات بر سانتی متر مربع روشنی بیش‌تری نسبت به شدت ۵ وات بر سانتی‌متر مربع در نمونه‌ها ایجاد کرده‌اند؛ این تفاوت در تراز آماری ۵٪ معنادار هست. افزایش در میزان روشنی گوشت زمانی اتفاق می‌افتد که علاوه بر کاهش میوگلوبین در سطح، پراکندگی نور نیز در ساختار ماهیچه افزایش یابد. امواج فراصدا با ایجاد کاواک‌زایی (کاویتاسیون) در گوشت و تغییر در ساختار ماهیچه، عوامل ذکر شده را ایجاد می‌نمایند [۱۹، ۳۱].

در شدت‌های ۸ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع میزان تغییر در ساختار ماهیچه در حدی بوده که بیش‌ترین بازتاب نور

جدول ۵ تغییرات رنگ تیمارها.

کد تیمار	a*	b*	L*	ΔE
۱	۴٫۵۱۴ ± ۱٫۸۸۶^{a}	۶٫۲۷۹ ± ۱٫۶۱۶^{a}	۳۲٫۵۴ ± ۰٫۴۹۵^{cd}	۶۲٫۲۷۹ ± ۰٫۸۰۰^{bc}
۲	۸٫۳۳۳ ± ۰٫۳۹۸^{cd}	۹٫۴۵۲ ± ۰٫۸۷۴^{b}	۲۹٫۴۱ ± ۳٫۸۵۰^{c}	۶۸٫۱۱۲ ± ۳٫۸۷۳^{c}
۳	۵٫۴۲۳ ± ۱٫۵۶۷^{abc}	۱۰٫۴۰۲ ± ۱٫۱۴۴^{bc}	۳۹٫۹۸۸ ± ۱٫۲۱۳^{e}	۵۵٫۵۸۸ ± ۱٫۴۵۱^{a}
۴	۹٫۰۳۵ ± ۰٫۵۲۳^{d}	۱۲٫۵۳۶ ± ۱٫۶۱۲^{cd}	۱۶٫۳۳۷ ± ۱٫۶۷۱^{b}	۷۹٫۵۰۱ ± ۱٫۵۶۴^{d}
۵	۵٫۶۷۲ ± ۰٫۲۴۲^{abc}	۶٫۳۶۲ ± ۰٫۹۶۸^{a}	۳۱٫۶۳۹ ± ۰٫۹۴۹^{c}	۶۳٫۲۵۲ ± ۰٫۸۲۸^{bc}
۶	۱۱٫۹۴۵ ± ۱/۷۰۳^{e}	۲۰٫۷۲۴ ± ۱٫۳۷۵^{e}	۸٫۵۸۴ ± ۰٫۷۵۸^{a}	۹۰٫۳۰۸ ± ۱٫۰۶۰^{e}
۷	۷٫۲۳۹ ± ۰/۸۳۱^{abcd}	۱۰٫۵۸۹ ± ۰٫۴۳۳^{bcd}	۳۶٫۶۰۳ ± ۴٫۰۴۵^{de}	۵۹٫۱۱۹ ± ۴٫۲۴۲^{ab}
۸	۵٫۹۴۳ ± ۳/۸۳۴^{abcd}	۱۲٫۷۵۶ ± ۱٫۳۸۸^{d}	۱۰٫۶۲۶ ± ۲٫۹۸۱^{a}	۸۴٫۹۰۸ ± ۳٫۳۹۱^{e}

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

را ایجاد کرده است. امواج فراصدا در نمونه‌ها سبب ایجاد تغییرات خطی نمی‌شوند و در اکثر موارد روند تغییرات غیرخطی است. نتایج فوق با نتایج تحقیقات انجام شده توسط پلمن و همکاران در سال ۱۹۹۷ دارای تطابق می‌باشند [۲۰، ۳۲]. بازه‌های زمانی مارینادکردن با اسید لاکتیک نیز از نظر میزان روشنی با یکدیگر اختلاف آماری معنادار داشته‌اند.

با افزایش زمان مارینادکردن با اسید لاکتیک از میزان روشنی نمونه‌ها کاسته شده است. کاهش پی‌اچ (pH) در اثر فرآیند مارینادکردن با اسید لاکتیک منجر به دناتوره[1] شدن (تغییر ساختار) پروتئین‌های سارکوپلاسمی و میوفیبریلی می‌شود. این امر سبب تغییر در ساختار، میزان توانایی نگه‌داری آب در گوشت و بازتاب نور در گوشت می‌شود. بعلاوه، افزایش بازه زمانی مارینادکردن این تغییرات را شدت می‌بخشد [۳۱، ۳۳]. همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود اعمال امواج فراصدا دارای تأثیر معناداری بر میزان قرمزی یا a^* نبوده است. نتایج این بررسی با نتایج تحقیقات پلمن و همکاران در سال ۱۹۹۷ مطابقت دارند [۳۲]. در این تحقیق افزایش مدت زمان مارینادکردن با اسید لاکتیک تأثیر معناداری بر میزان قرمزی نمونه‌ها ایجاد نکرده است. نتایج فوق با تحقیقات انجام شده توسط سایر و همکاران [۳۴] در سال ۲۰۰۹ و تحقیقات هینکل [۳۵] در سال ۲۰۱۰ مطابقت دارند. شاخص رنگی b^* بیان‌کننده میزان زردی در نمونه می‌باشد، نتایج نشان می‌دهند اعمال امواج فراصدا سبب کاهش میزان زردی در گوشت شده. بعلاوه، اختلاف آماری معناداری در میزان شاخص b^* در شدت‌های ۰، ۵ و ۸ وات بر سانتی‌متر مربع با نمونه ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع را سبب شده است. به نظر می‌رسد گرمای ایجاد شده حین فرآیند اعمال امواج فراصدا سبب دناتوره شدن پروتئین‌ها و تغییر در نسبت‌های میوگلوبین، اکسی میوگلوبین و مت‌میوگلوبین شده که این امر تغییر در میزان زردی نمونه‌ها را به‌دنبال دارد [۱۸-۱۹]. زمان مارینادکردن با اسید لاکتیک اختلاف آماری معناداری بر میزان b^* نمونه‌ها ایجاد کرده است. در نمونه‌های مارینادشده با اسید لاکتیک افزایش بازه زمانی سبب افزایش میزان زردی نمونه‌ها شده است. نتایج فوق در رابطه با تأثیر اسید بر کاهش b^*، با نتایج حاصل از تحقیقات هینکل در سال ۲۰۱۰ [۳۵] و سایر و همکاران در سال ۲۰۰۹ [۳۴] مطابقت دارند. در رابطه با شاخص ΔE یا تغییر رنگ، نتایج نشان می‌دهند، اعمال امواج فراصدا به صورت معناداری سبب کاهش تغییر رنگ در نمونه‌ها شده است. کم‌ترین میزان تغییر رنگ در نمونه‌هایی مشاهده می‌شود که امواج فراصدا با شدت ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع به آن‌ها اعمال شده است. هم‌چنین، با افزایش بازه زمانی مارینادکردن با اسید لاکتیک تفاوت آماری معناداری در شاخص ΔE مشاهده می‌شود. افزایش مدت زمان مارینادکردن با اسید لاکتیک از ۸ ساعت به ۱۶ ساعت سبب افزایش تغییر رنگ در نمونه‌ها شده است. البته چون شاخص‌های L^*، a^* و b^* به صورت موازی تغییر نمی‌کنند نسبت تأثیر آن‌ها در تغییر ویژگی‌های کیفی گوشت متفاوت است. بنابراین شاخص ΔE که شامل تغییرات L^*، a^* و b^* می‌باشد برای تعیین دقیق‌تر کیفیت گوشت از اهمیت کم‌تری نسبت به سایر شاخص‌ها برخوردار است [۳۶].

۳-۶. ارزیابی حسی

تحلیل داده‌های استخراج شده از نظر ارزیابی‌کنندگان برای شدت‌های مختلف امواج فراصدا نشان می‌دهد که امواج فراصدای اعمالی تأثیر معناداری بر تردی نمونه‌ها نداشته‌اند اما بیش‌ترین میزان تردی در نمونه‌هایی که در شدت ۸ وات بر سانتی‌متر مربع امواج فراصدا به آن‌ها اعمال شده، احساس شده است (جدول ۶). در رابطه با رنگ، عطر و طعم، آب‌دار بودن و پذیرش کلی نمونه‌ها، اختلاف معناداری بین اعمال شدت‌های ۰، ۵، ۸ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع به نمونه‌ها مشاهده نشده است. نتایج نشان می‌دهند از نظر پانلیست‌ها افزایش مدت زمان مارینادکردن با اسید لاکتیک تأثیر معناداری بر میزان تردی، رنگ، عطر و طعم نمونه‌ها نداشته است. ارزیابی کنندگان نمونه‌هایی که با ۵ و ۸ وات بر سانتی‌متر مربع امواج فراصدا به آن‌ها اعمال شده را مطلوب‌تر و آب‌دارتر اعلام کرده‌اند اما این اختلاف از نظر آماری معنادار نیست. در پذیرش کلی مدت زمان مارینادکردن با اسیدلاکتیک

[1] Denature

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

جدول ۶ نتایج تردی، رنگ، عطر و طعم، آب‌دار بودن و پذیرش کلی تیمارها.

کد تیمار	تردی	رنگ	عطر و طعم	آب‌دار بودن	پذیرش کلی
۱	۲٫۸۳۳ ± ۰٫۷۵۲[a]	۲٫۶۶۶ ± ۰٫۵۱۶[a]	۲٫۶۶۶ ± ۱٫۲۱۱[a]	۳٫۱۶۶ ± ۰٫۷۵۲[a]	۲٫۵۰۰ ± ۰/۵۴۷[a]
۲	۲٫۸۳۳ ± ۰٫۹۸۳[a]	۳٫۰۰۰ ± ۰٫۸۹۴[a]	۲٫۸۳۳ ± ۰٫۷۵۲[a]	۲٫۸۳۳ ± ۱٫۴۷۱[a]	۳٫۱۶۶ ± ۰/۹۸۳[ab]
۳	۳٫۰۰۰ ± ۰٫۸۹۴[a]	۲٫۶۶۶ ± ۰٫۵۱۶[a]	۲٫۸۳۳ ± ۰٫۷۵۲[a]	۲٫۳۳۳ ± ۰٫۸۱۶[a]	۳٫۳۳۳ ± ۰/۵۱۶[ab]
۴	۴٫۱۶۶ ± ۰٫۷۵۲[b]	۳٫۰۰۰ ± ۰٫۶۳۲[a]	۲٫۶۶۶ ± ۱٫۲۱۱[a]	۳٫۳۳۳ ± ۱٫۰۳۲[a]	۳٫۶۶۶ ± ۱/۰۳۲[b]
۵	۳٫۳۳۳ ± ۱٫۲۱۱[ab]	۲٫۸۳۳ ± ۰٫۴۰۸[a]	۲٫۸۳۳ ± ۱٫۱۶۹[a]	۳٫۰۰۰ ± ۰٫۶۳۲[a]	۳٫۶۶۶ ± ۰/۴۰۸[b]
۶	۲٫۶۶۶ ± ۰٫۵۱۶[a]	۲٫۵۰۰ ± ۰٫۵۱۶[a]	۳٫۱۶۶ ± ۰٫۹۸۳[a]	۲٫۸۳۳ ± ۰٫۷۵۲[a]	۳٫۳۳۳ ± ۰/۸۱۶[ab]
۷	۲٫۵۶۶ ± ۰٫۵۱۶[a]	۲٫۶۶۶ ± ۰٫۵۱۶[a]	۲٫۵۰۰ ± ۱٫۰۴۸[a]	۲٫۳۳۳ ± ۰٫۵۴۷[a]	۲٫۶۶۶ ± ۰٫۸۱۶[a]
۸	۲٫۸۳۳ ± ۰٫۷۵۲[a]	۲٫۶۶۶ ± ۰٫۵۱۶[a]	۲٫۱۶۶ ± ۰٫۷۵۲[a]	۲٫۶۶۶ ± ۱٫۲۱۱[a]	۳٫۶۶۶ ± ۰٫۴۰۸[b]

تأثیر معناداری نداشته است (جدول ۶). نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌ها در بخش میزان تردی با نتایج به دست‌آمده از آزمون بافت‌سنجی مطابقت دارند. هم‌چنین در رابطه با آب‌دار بودن نتایج ارزیابی حسی در مورد تأثیر امواج فراصدا دارای تطبیق با نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان افت پخت می‌باشند. نتایج فوق با تحقیقات یوسپ و همکاران در سال ۲۰۱۰ [۵] و پلمن و همکاران در سال ۱۹۹۷ [۳۲] سازگاری دارند.

۴. نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان می‌دهند شدت‌های مختلف امواج فراصدا با بسامد ۲۰ کیلوهرتز در مدت ۳۰ دقیقه به صورت کاونده‌ایی (پروبی) تأثیر معناداری بر میزان پی‌اچ (pH) نمونه‌ها ندارند. افزایش مدت زمان مارینادکردن با اسید لاکتیک از ۸ ساعت به ۱۶ ساعت به شکل معناداری سبب کاهش پی‌اچ (pH) نمونه‌ها می‌شود. اعمال امواج فراصدا به صورت معناداری سبب افزایش جذب اسید لاکتیک در نمونه‌ها می‌شود. نمونه‌هایی که امواج فراصدا با شدت ۸ وات بر سانتی‌متر مربع به آن‌ها اعمال شده جذب مارینادبیش‌تری (با تفاوت معنادار) نسبت به نمونه‌هایی که با شدت ۵ وات بر سانتی‌متر مربع امواج فراصدا به آن‌ها اعمال شده دارند. افزایش مدت زمان مارینادکردن در میزان جذب اسید لاکتیک تأثیر معناداری ندارد. تیمار امواج فراصدا با شدت ۵ وات بر سانتی‌متر مربع از نظر درصد افت پخت دارای تفاوت آماری معناداری با اثر شدت‌های ۰ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع دارد و دارای کم‌ترین میزان افت پخت است؛ سایر شدت‌ها اختلاف آماری معنادار با یکدیگر ایجاد نمی‌کنند. نتایج هم‌چنین نشان می‌دهند افزایش بازه زمانی مارینادکردن از ۸ ساعت به ۱۶ ساعت اختلاف آماری معناداری در درصد افت پخت نمونه‌های ماهیچه ایجاد می‌کند. قطعات ماهیچه‌ای که به مدت ۱۶ ساعت در محلول مارینادکردن اسید لاکتیک قرار داده می‌شوند نسبت به نمونه‌هایی که به مدت ۸ ساعت در محلول مارینادکردن اسیدی قرار گیرند از درصد افت پخت کم‌تری برخوردارند. امواج فراصدا در برخی شدت‌ها سبب کاهش نیروی برشی در نمونه‌ها می‌شود. از نظر میزان شدت در نمونه‌هایی که امواج فراصدا با شدت‌های ۵ و ۸ وات بر سانتی‌متر مربع به آن‌ها اعمال بشود مقاومت نیروی برشی به صورت معناداری کم‌تر از شدت ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع می‌شود. افزایش بازه زمانی مارینادکردن با اسید لاکتیک موجب کاهش مقاومت برشی نمونه‌ها می‌شود.

تیمار امواج فراصدا به صورت معناداری سبب افزایش شاخص روشنی می‌شود. شدت‌های ۸ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع روشنی بیش‌تری نسبت به شدت ۵ وات بر سانتی‌متر مربع در نمونه‌ها ایجاد می‌کنند. این تفاوت روشنی در تراز آماری ۵٪ معنادار است. در شدت‌های ۸ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع، میزان روشنی گوشت افزایش می‌یابد. از نظر میزان روشنی، بازه‌های زمانی مارینادکردن با اسید لاکتیک با یکدیگر اختلاف آماری معنادار ایجاد کرده‌اند. با افزایش زمان مارینادکردن از میزان روشنی نمونه‌ها کاسته می‌شود. اعمال امواج فراصدا دارای تأثیر معناداری بر میزان قرمزی نداشته و افزایش مدت زمان مارینادکردن اسیدی نیز تأثیر معناداری بر میزان قرمزی

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

نمونه‌ها ایجاد نمی‌کند. اما، اعمال امواج فراصدا سبب کاهش میزان زردی در گوشت شده است. اختلاف آماری معناداری در میزان شاخص زردی شدت‌های ۰، ۵ و ۸ وات بر سانتی‌متر مربع با نمونه‌هایی که امواج فراصدا با شدت ۱۲ وات بر سانتی متر مربع به آن‌ها اعمال شده مشاهده می‌شود. زمان مارینـاد کردن با اسید لاکتیک اختلاف آماری معناداری بر میزان زردی نمونه‌ها ایجاد کرده است. افزایش بازه زمانی مارینـاد کردن اسیدی سبب افزایش میزان زردی نمونه‌ها می‌شود. از نظر ارزیابی حسی، اعمال امواج فراصدا تأثیر معناداری بر تردی نمونه‌ها ندارد. در رابطه با رنگ، عطر و طعم، آب‌دار بودن و پذیرش کلی نمونه‌ها اختلاف معناداری بین اعمال شدت‌های ۰، ۵، ۸ و ۱۲ وات بر سانتی‌متر مربع به نمونه‌ها مشاهده نمی‌شود. افزایش مدت زمان مارینـادکردن با اسید لاکتیک تأثیر معناداری بر نمونه‌ها ندارد. از مهم‌ترین اهداف این پژوهش ایجاد ویژگی‌های مطلوب در گوشت با استفاده از مدت زمان مناسب مارینـاد کردن با اسید لاکتیک و شدت بهینه‌ای از امواج فراصدا بوده است. براساس نتایج حاصله، با توجه به اهمیت مسأله زمان و انرژی، مارینـادکردن با اسیدلاکتیک به مدت ۱۶ ساعت و اعمال امواج فراصدا در شدت ۵ وات بر سانتی‌متر مربع حد مطلوبی از تردی و دیگر ویژگی‌ها در گوشت ایجاد می‌شود.

۵. فهرست منابع

[1] T. Goli, J. Ricci, P. Bohuonb, S. Marchesseauc, A. Collignanb, "Influence of sodium chloride and pH during acidic marination on water retention and mechanical properties of turkey breast meat," Meat Science, vol. 96, pp. 1133, 2014.

[2] T. Goli, P.A. Nakhoul, N. Zakhia-Rozis, G. Trystram, P. Bohuon, "Chemical equilibrium of minced turkey meat in organic acid solutions," Meat Science, vol. 75, pp. 308, 2007.

[3] A.S. Jorgensen, M. Christensen, P. Ertbjerg, "Marination with kiwifruit powder followed by power ultrasound tenderizes porcine m. biceps femoris," International Conference of Meat Science and Technology, Cape Town, South Africa, 2008.

[4] T. Goli, P. Bohuon, J. Ricci, A. Collignan, "Evolution of pH during immersion of meat protein matrices in acidic marinades," Meat Science, vol. 90, pp. 618, 2012.

[5] S.M. Yusop, M.G. O'Sullivan, J.F. Kerry, J.P. Kerry, "Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat," Meat Science, vol. 85, no. 4, pp. 657, 2010.

[6] H. Ergezer, R. Gokce, "Comparison of marinating with two different types of marinade on some quality and sensory characteristics of turkey breast meat," Animal and Veterinary Advances, vol. 10, pp. 60, 2011.

[7] Y.H. Hui, "Handbook of Meat and Meat Processing," CRC Press, New York, 2012.

[8] N. Graiver, A. Pinotti, A. Califano, N. Zaritzky, "Mathematical modeling of the uptake of curing salts in pork meat," Journal of Food Engineering, vol. 95, pp. 533, 2009.

[9] S.J. Santchurn, A. Collignan, G. Trystram, "Impact of solute molecular mass and molality, and solution viscosityon mass transfer during immersion of meat in a complex solution," Journal of Food Engineering, vol. 78, pp. 1188, 2007.

[10] J.A. Carcel, J. Benedito, J. Bon, A. Mulet, "High intensity ultrasound effects on meat brining," Meat Science, vol. 76, pp. 611, 2007.

[11] J.A. Cárcel, J.V. García-Pérez, J. Benedito, A. Mulet, "Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound," Journal of Food Engineering, vol. 110, pp. 200, 2012.

[12] D.F. Gaitan, "An Experimental Investigation of Acoustic Cavitation in Gaseous Liquids," PhD Dissertation, 1990.

[13] J. Jian-Bing, L. Xiang-Hong, C. Mei-Qiang, X. Zhi-Chao, "Improvement of leaching process of Geniposide with ultrasound," Ultrasonics Sonochemistry, vol. 13, pp. 455, 2006.

[14] M. Noubarani, "Investigation of Marination Effect on Physicochemical and Sensory of Beef Using Citric Acid (Lemon Juice) along with Phosphate and Sodium Chloride," MS Thesis, Azad University, 2012 (In Persian).

[15] J. Han, J.D. Morton, A.E.D. Bekhit, J.R. Sedcole, "Pre-rigor infusion with kiwifruit juice improves lamb tenderness," Meat Science, vol. 82, pp. 324, 2009.

[16] D.P. Smith, "Effect of ultrasonic marination on broiler breast meat quality and Salmonella contamination," International

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]

[27] N. Aktas, M. Aksu, M. Kaya, "The effect of organic acid marination on tenderness cooking loss and bound water content of beef," Journal of Muscle Foods ,vol. 14, pp. 181, 2003.

[28] S.D. Jayasooriya, B.R. Bhandari, D. Torley, B.R. D'Arcy, "Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: A review," International Journal of Food Properties, vol. 7, pp. 301, 2004.

[29] M. Koohmaraie, "Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat," Meat Science, vol. 43, pp. 193, 1996.

[30] G.M. Gonzalez, "Effects of Power Ultrasound Treatments on Properties of Longissimus Beef Muscle," PhD Dissertation, 2003.

[31] M. Dikeman, C. Devine, "Encyclopedia of Meat Sciences," Available from: http://alltitles.ebrary.com/Doc?id=10899174, 2014.

[32] F.W. Pohlman, M.E. Dikeman, D.H. Kropf, "Effects of high intensity ultrasound treatment, storage time and cooking method on shear, sensory, instrumental color and cooking properties of packaged and unpackaged beef pectoralis muscle," Meat Science, vol. 46, pp. 89, 1997.

[33] R.A. Lawrie, D.A. Ledward, "Lawrie's Meat Science," Seventh Edition, Taylor and Francis New York, 2006.

[34] J.T. Sawyer, J.K. Apple, Z.B. Johnson, "Fresh and cooked color of dark-cutting beef can be altered by post-rigor enhancement with lactic acid," Meat Science, vol. 83, pp. 263-270, 2009.

[35] J.B. Hinkle, "Acid Marination for Tenderness Enhancement of Beef Bottom Round," Phd Dissertation, 2010.

[36] T. Karamucki, J. Gardzielewska, A. Rybarczyk, M. Jakubowska, W. Natalczyk-Szymkowska, "Usefulness of selected methods of colour change measurement for pork quality assessment," Journal of Food Sciences, vol. 29, pp. 212, 2011.

Journal of Poultry Science, vol. 10, pp. 757, 2011.

[17] K.O. Honikel, "Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat," Meat science, vol. 49, pp. 447, 1998.

[18] S.D. Jayasooriya, P.J. Torley, B.R. D'Arcy, B.R. Bhandari, "Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine Semitendinosus and Longissimus muscles," Meat Science, vol. 75, pp. 628, 2007.

[19] J. Stadnik, Z.J. Dolatowski, "Influence of sonication on Warner-Bratzler shear force، colour and myoglobin of beef (m. semimembranosus)," European Food Research and Technology, vol. 233, pp. 553, 2011.

[20] J. Stadnik, Z.J. Dolatowski, H.M. Baranowska, "Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef (m. semimembranosus) during ageing," LWT - Food Science and Technology, vol. 41, no. 10, pp. 2151-2158, 2008.

[21] I. Siro, C. Ven, C. Balla, C.G. Jónás, I. Zeke, L. Friedrich, "Application of an ultrasonic assisted curing technique for improving the diffusion of sodium chloride in procine meat," Journal of Food Engineering, vol. 91, pp. 353, 2009.

[22] P. Masniyom, O. Benjama, "Effect of lactic, acetic and citric acids on quality changes of refrigerated green mussel, perna viridis (Linnaeus, 1758)," Songklanakarin Journal of Science and Technology, vol. 29, no. 4, pp. 1123, 2007.

[23] T. Goli, P. Bohuon, J. Ricci, G. Trystram, A. Collignan, "Mass transfer dynamics during the acidic marination of turkey meat," Journal of Food Engineering, vol. 104, pp. 161, 2011.

[24] C. Ozuna, A. Pig, J. Garcia-perez, A. Mulet, J.A. Carcel, "Influence of high intensity ultrasound application on mass transport, microstructure and textural oroperties of pork meat (longissimus dorsi) brined at different NaCl concentrations," Journal of Food Engineering, vol. 119, pp. 84, 2013.

[25] J.B. Reynolds, D.B. Anderson, G.R. Schmidt, D.M. Theno, D.G. Siegel, "Effects of ultrasonic treatment on binding strength in cured ham rolls," Journal of Food Science, vol. 43, no. 3, pp. 866, 1978.

[26] C. Gambuteanu, V. Filimon, P. Alexe, "Effects of ultrasound on technological properties of meat: A review," Annals. Food Science and Technology, vol. 14, no. 2, pp. 176, 2013.

[Downloaded from joasi.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23455748.1394.3.2.6.8]