

## مطالعه اثر آبغوره بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی گوشت گاو

فرشته سبزی<sup>۱</sup>، محمدجواد وریدی<sup>۲\*</sup>، مهدی وریدی<sup>۳</sup>

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران  
۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران  
\* نویسنده مسئول (mjvaridi@um.ac.ir)  
۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

### چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۹

### واژه‌های کلیدی

آبغوره  
ترد کردن  
خصوصیات بافتی  
عضله بایسپس فموریس گاو

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر غلظت آبغوره بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی عضله بایسپس فموریس گاو و با هدف بهبود تردی و افزایش بازارپسندی آن انجام شد. بدین منظور، آبغوره با درصدهای صفر، ۳۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد به همراه کلرید سدیم ۲ درصد (w/w)، به تکه‌های گوشت با ابعاد ۱۵×۱۵×۳ سانتی‌مترمکعب (به مقدار ۱۰ درصد وزن اولیه آن) تزریق گردید. سپس به منظور یکنواختی توزیع محلول در قسمت‌های سطحی و عمقی گوشت، نمونه‌ها در محلول آبغوره (با همان غلظت تزریق شده به آنها و با نسبت ۱:۴) قرار داده شدند و به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند. نتایج نشان داد با افزایش غلظت آبغوره، میزان pH به طور معنی‌دار کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). همچنین نگهداری در محلول آبغوره باعث افزایش معنی‌دار درصد جذب محلول، افت پخت و میزان WHC گردید ( $P < 0.05$ ). پارامترهای رنگی  $L^*$  و  $b^*$  نمونه‌های تیمار شده به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد و مقدار  $a^*$  آنها کمتر از نمونه شاهد به دست آمد ( $P < 0.05$ ) و نمونه‌های نگه‌داشته شده در آبغوره ۱۰۰ درصد به مدت ۱۲ ساعت دارای بالاترین شاخص تخریب میوفیبریل (MFI) و طول سارکومر و نیز کمترین مقدار نیروی برشی وارنر-براترلر (WBSF) بودند. بنابراین نتیجه گرفته شد که محلول آبغوره می‌تواند به عنوان جایگزینی برای تردکننده‌های شیمیایی مورد استفاده در صنعت گوشت بدون تأثیر منفی بر دیگر پارامترهای کیفی آن استفاده گردد.

### مقدمه

کامل بودن ساختار میوفیبریل‌ها (که روی سختی اکتومیوزین‌ها تأثیر می‌گذارد) و کامل بودن بافت پیوندی اطراف فیبرها (که روی سختی بافت زمینه‌ای گوشت تأثیر می‌گذارد) است (Zhao et al., 2012). Morgan و همکاران (۱۹۹۱) با انجام آزمون نیروی برشی و آنالیز حسی نتیجه گرفتند که استیک عضله ران گاو دارای تردی کمتری نسبت به سایر قسمت‌های دام (کمر، سردست و گوشت بین‌دنده‌ای) است. مطالعه‌های بسیاری روی شناسایی سفت‌ترین عضله ران گاو صورت گرفت تا اینکه Rhee و همکاران

گوشت ماده پروتئینی باارزشی است که به دلیل غنی بودن از اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری، موادمعدنی مانند آهن و روی، ویتامین‌ها و نیز انرژی کافی برای بدن به‌عنوان یکی از کامل‌ترین منابع تأمین‌کننده پروتئین در غذای روزانه بشر به حساب می‌آید (Lawrie, 1998). تردی گوشت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی در پذیرش مصرف‌کنندگان تلقی می‌شود (Huff-Lonergan et al., 2010) که تحت تأثیر ویژگی‌های مختلف از قبیل طول سارکومر،

اسیدی بر بافت پیوندی بسیار کمتر از تأثیرش بر پروتئین‌های میوفیبریلی است. آغوره، آب تخمیرنشدهٔ انگورهای سبز نارس است که از فشردن مستقیم آنها به دست می‌آید. آغوره طعم ترش منحصربه‌فردی دارد و در مناطقی از قبیل مدیترانه، جنوب شرقی ترکیه و قسمت‌های مختلف ایران به‌عنوان یک ترکیب جایگزین سرکه و آب‌لیمو استفاده می‌شود (Stradley & Cook, 2000). اسید غالب آغوره اسیدتارتاریک<sup>۴</sup> است، البته اسیدهایی از قبیل اسیدکافئیک<sup>۵</sup>، اسیدکافتاریک<sup>۶</sup>، اسیدفرتاریک<sup>۷</sup>، اسیدگالیک<sup>۸</sup>، GRP<sup>۹</sup>، اسیدکوماریک<sup>۱۰</sup>، اسیدکوتاریک<sup>۱۱</sup> و اسیدپروتوکتچوئیک<sup>۱۲</sup> نیز در آغوره اندازه‌گیری و گزارش شده است (Pour Nikfardjam, 2008). بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر غلظت آغوره بر ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و بافتی عضلهٔ بایسپس فموریس گاو می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

عضلهٔ بایسپس فموریس گاو از کشتارگاه صنعتی مشهد و آغورهٔ مورد استفاده از شرکت گلچکان زمانی مشهد تهیه شد. ابتدا لایه‌های مشهود چربی عضله حذف و بعد به قطعه‌هایی با ابعاد ۱۵×۱۵×۳ سانتی‌مترمکعب تقسیم شدند و وزن تمامی نمونه‌ها یادداشت گردید. سپس به آنها به ترتیب محلول آغوره صفر، ۳۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد به همراه کلرید سدیم ۲ درصد (w/w) در فواصل ۱ سانتی‌متر تزریق شد (مقدار کل تزریق: ۱۰ درصد وزن اولیهٔ گوشت). بعد از تزریق، به‌منظور افزایش بازدهی و یکنواخت شدن توزیع محلول آغوره در قسمت‌های سطحی و عمقی گوشت، نمونه‌ها در محلول آغوره با همان غلظت تزریق‌شده به آنها طی مدت زمان ۱۲ ساعت و در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند (نسبت محلول آغوره به گوشت: ۴ به ۱). بعد از گذشت این

(۲۰۰۴) بیان کردند که بخش خارجی ران (که عمدتاً عضلهٔ دوسرران (بایسپس فموریس<sup>۱</sup>) را در بر می‌گیرد) دارای بالاترین نیروی برشی وارنبراتزler (WBSF)<sup>۲</sup> و کمترین تردی است.

امروزه تولیدکنندگان گوشت و محققان مختلف در تلاش برای بهبود کیفیت و پذیرش کلی عضلهٔ بایسپس فموریس گاو با استفاده از شیوه‌های غوطه‌وری<sup>۳</sup> گوشت در محلول‌های مختلف (Xiong & Sheard & Tali, 2004؛ Kupski, 1999) و فرایندهای مختلف مکانیکی (Suzuki *et al.*, 2006) هستند. مطالعه‌های زیادی نشان داده است که تردی و ظرفیت نگهداری آب گوشت گاو در شرایط اسیدی پایین‌تر از pH پس از کشتار (pH=۵/۲-۵/۵) بهبود می‌یابد (Gault, Eilers *et al.*, 1994؛ Berge *et al.*, 2001)؛ (Ke, 2006؛ 1985). به‌همین دلیل امروزه غوطه‌وری اسیدی گوشت به‌عنوان یک روش گسترده جهت بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی و عملکردی آن از جمله تردی، ظرفیت نگهداری آب، عطر و طعم (Yusop *et al.*, 2010) و نیز افزایش زمان ماندگاری محصول از طریق کاهش رشد باکتریایی به‌ویژه باکتری‌های بیماری‌زا (Pathania *et al.*, 2010) مطرح شده است.

مکانیسم عمل ترد شدن گوشت توسط محلول‌های اسیدی را می‌توان به عوامل متعددی نسبت داد. هنگامی که pH عضله کاهش می‌یابد و به نقطهٔ ایزوالکتریک (حدود ۵/۳) می‌رسد، دافعهٔ پروتئین‌ها در پایین‌ترین مقدار است که نشان‌دهندهٔ مقادیر مساوی بارهای مثبت و منفی است. با اسیدی‌تر شدن بیشتر pH، تعادل بارها از طریق افزایش بارهای مثبت به‌هم‌خورده و دافعه ایجاد می‌شود که منجر به تورم پروتئین‌های میوفیبریلی و تضعیف ساختمان گوشت می‌گردد (Hinikle, 2010). همچنین غوطه‌وری اسیدی، ضعیف شدن بافت پیوندی و کلاژن گوشت را به همراه دارد که منجر به کاهش پایداری حرارتی به دلیل تغییر دمای دنا تورا سیون به حدود ۱۰-۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌گردد (Berge *et al.*, 2001). Lewis و Purslow (۱۹۹۱) گزارش کردند تأثیر غوطه‌وری

<sup>4</sup> Tartaric acid

<sup>5</sup> Caffeic acid

<sup>6</sup> Caftaric acid

<sup>7</sup> Fertaric acid

<sup>8</sup> Gallic acid

<sup>9</sup> Grape Reaction Product (GRP, 2-S-glutathionyl caffeoyl tartaric acid)

<sup>10</sup> Coumaric acid

<sup>11</sup> Coumaric acid

<sup>12</sup> Protocatechuic acid

<sup>1</sup> Biceps femoris

<sup>2</sup> Warner Bratzler Shear Force

<sup>3</sup> Marination

کیلوگرمی دقیقاً در مرکز صفحه پلاستیکی بالایی و به مدت ۵ دقیقه روی نمونه گوشت قرار گرفت. بعد از گذشت ۵ دقیقه، وزنه و صفحه پلاستیکی بالایی از روی کاغذ صافی برداشته شد و نمونه گوشت نهایی پس از جدا کردن آن از کاغذ صافی توزین گردید (Sultana et al., 2008). در نهایت درصد WHC از رابطه (۲) که در آن  $W_1$  وزن اولیه گوشت (گرم)،  $W_2$  وزن نهایی گوشت (گرم) و MC مقدار رطوبت هر گرم از گوشت است؛ محاسبه شد.

رابطه (۲)

$$\text{درصد ظرفیت نگهداری آب} = 1 - \left[ \frac{W_1 - W_2}{W_1 \times MC} \right] \times 100$$

#### اُفت پخت

تکه‌ای گوشت ۵۰ گرمی با ضخامت یکنواخت داخل کیسه پلی‌اتیلنی قرار گرفت و به بن‌ماری با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. پس از گذشت یک ساعت، نمونه در زیر شیر آب سرد شد و پس از خشک کردن سطح آن، بلافاصله توزین گردید (Honikel, 1998). مقدار اُفت پخت از رابطه (۳) تعیین شد که در آن  $W_1$  وزن اولیه گوشت و  $W_2$  وزن گوشت بعد از پخت است.

رابطه (۳)

$$\text{درصد افت پخت} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

#### آنالیز بافت

مقدار نیروی لازم برای برش دادن نمونه‌های تیمار شده گوشت (نیروی برشی وارنر-براتزلر) به روش Byrne و همکاران (۲۰۰۰) و با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA. XT plus، شرکت Stable Micro Systems، انگلیس) تعیین گردید. برای این منظور از نمونه‌های پخته شده در آزمون اُفت پخت که ۲۴ ساعت در دمای یخچال نگهداری شده بودند، استفاده شد. از هر نمونه، ۵ قطعه مکعب مستطیل (عرض: حدود ۱ سانتی‌متر، ضخامت: ۱/۵ سانتی‌متر و طول متغیر) با استفاده از قالب مخصوص دستگاه و به موزات فیبرهای عضله جدا شد. سپس تیغه وارنر-براتزلر به‌طور عمودی و با سرعت ۲۰۰ میلی‌متر

زمان، نمونه‌های گوشت از داخل محلول‌ها خارج شده و پس از خشک کردن محلول اضافی روی آنها مجدداً توزین گردیدند. در نهایت آزمایش‌های ذیل روی نمونه‌ها انجام گرفت. لازم به ذکر است نمونه شاهد، نمونه گوشت تازه بلافاصله پس از کشتار است و نمونه با غلظت صفر درصد آبغوره، نمونه‌ای است که به مدت ۱۲ ساعت بدون اعمال تیمار نگهداری شده است.

#### آزمون‌ها

##### درصد جذب محلول<sup>۱</sup>

درصد جذب محلول نمونه‌ها با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد که در آن  $W_1$  وزن نمونه قبل از تزریق و نگهداری در محلول آبغوره (گرم) و  $W_2$  وزن نمونه بعد از تزریق و نگهداری در محلول آبغوره (گرم) است. رابطه (۱)

$$\text{درصد جذب محلول} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

##### اندازه‌گیری pH

pH نمونه‌ها در ۵ نقطه مختلف و در عمق ۱/۵ سانتی‌متری نمونه‌ها و با استفاده از pH متر پروبی (شرکت Testo، مدل ۲۳۰، آلمان) اندازه‌گیری شد.

##### رنگ

پارامترهای رنگ ( $L^*a^*b^*$ ) در ۳ نقطه مختلف از هر نمونه و با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مینولتا (Konica Minolta Sensing Reflectance، مدل CR-410، ژاپن) در سیستم  $CIEL^*a^*b^*$  تعیین شد.

##### رطوبت

مقدار رطوبت نمونه‌ها با استفاده از آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد (Memmert، مدل Universal، آلمان) تعیین شد و نتایج برحسب گرم در ۱۰۰ گرم گزارش گردید (استاندارد ملی ایران به شماره ۷۴۵، ۱۳۸۲).

##### درصد ظرفیت نگهداری آب (WHC)<sup>۲</sup>

۰/۳ گرم از نمونه گوشت به روی کاغذ صافی واتمن شماره یک منتقل گردید و دو صفحه پلاستیکی در هر دو طرف آن قرار داده شد. بلافاصله وزنه‌ای ۲

<sup>۱</sup> Weight Gain

<sup>۲</sup> Water Holding Capacity

(w/v) شامل گلووتاریک دی‌آلدئید ۲/۵ درصد، کلرید پتاسیم ۰/۱ مولار، اسیدبوریک ۰/۰۳۹ مولار و تری‌تریپلکس III<sup>۵</sup> میلی‌مولار) قرار گرفت و به یخچال منتقل شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، قطعه گوشت از محلول خارج شد و وارد ۱۵ میلی‌لیتر گلووتاریک دی‌آلدئید B ۲/۵ درصد (w/v) (شامل گلووتاریک دی‌آلدئید ۲/۵ درصد، کلریدپتاسیم ۰/۲۵ مولار، اسیدبوریک ۰/۲۹ مولار و تری‌تریپلکس III ۵ میلی‌مولار) گردید و تا زمان اندازه‌گیری طول سارکومر در یخچال نگهداری شد. در زمان هموژنیزاسیون، مجدداً قطعه گوشت از محلول خارج شد و داخل ۱۵ میلی‌لیتر گلووتاریک دی‌آلدئید B ۲/۵ درصد (w/v) تازه قرار گرفت و توسط اولتراتوراکس با دور ۱۷۰۰۰ rpm به مدت ۳۰ ثانیه هموژن شد. یک قطره از محلول هموژن‌شده روی لام منتقل گردید و یک لام استفاده از میکروسکوپ نوری (مدل BH2، شرکت Olympus، ژاپن) متصل به دوربین (Nikon، مدل DXM-۱۲۰۰، امریکا) و بزرگنمایی  $\times 100$  عکس‌برداری شد. برای هر یک از نمونه‌ها، ۳ لام تهیه گردید. در انتها تصاویر به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار Image J آنالیز شدند و میانگین ۳۰ عدد حاصل به‌عنوان طول سارکومر نهایی (میکرومتر) گزارش گردید (Botha et al., 2007).

### تجزیه و تحلیل آماری

پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۲ تکرار انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 آنالیز شدند و مقایسه میانگین‌ها به‌وسیله آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد ( $P < 0.05$ ) صورت گرفت.

### نتایج و بحث

#### ویژگی‌های شیمیایی آبغوره

مقادیر pH، اسیدیته، مواد جامد محلول در آب، مواد جامد کل و خاکستر کل آبغوره مورد استفاده به‌ترتیب  $3.70 \pm 0.01$ ،  $3.64 \pm 0.02$  گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (بر حسب اسیدتارتاریک)،  $4.9 \pm 0.1$  گرم در ۱۰۰

بر دقیقه، فیبرهای عضله را قطع کرد. در نهایت میانگین ۵ تکرار به‌عنوان نیروی برش نهایی گزارش شد.

#### شاخص تخریب میوفیبریل (MFI)<sup>۱</sup>

برای تعیین MFI با روش Culler و همکاران (۱۹۷۸)، دقیقاً ۴ گرم گوشت با ۴۰ میلی‌لیتر بافر MFI با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (متشکل از کلریدپتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار، فسفاتپتاسیم (pH=۷) ۲۰ میلی‌مولار، EDTA ۱ میلی‌مولار، کلریدمنیزیم ۱ میلی‌مولار و آزیدسدیم ۱ میلی‌مولار) ترکیب شد و پس از هموژن کردن با دور ۸۰۰۰ rpm به مدت ۳۰ ثانیه توسط اولتراتوراکس (Ultra-Turrax، مدل T25 Digital Homogenizer، شرکت IKA، آلمان)، با نیروی ۱۰۰۰ g  $\times$  به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۴۰ میلی‌لیتر بافر MFI به رسوب باقی‌مانده از سانتریفیوژ اضافه شد و پس از ورتکس، مجدداً با شرایط قبلی سانتریفیوژ گردید. رسوب حاصل از این مرحله با ۱۰ میلی‌لیتر بافر MFI مخلوط و پس از ورتکس، از توری با مش ۱۸ عبور داده شد (۱۰ میلی‌لیتر دیگر بافر MFI برای شست‌وشوی باقی‌مانده رسوب پشت صافی اضافه شد). پس از تعیین غلظت پروتئین محلول زیر صافی از طریق روش بیورت، ۰/۲۵ میلی‌لیتر از محلول پروتئینی زیر صافی به همراه ۰/۷۵ میلی‌لیتر بافر MFI و ۴ میلی‌لیتر معرف بیورت مخلوط شدند و مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در محلی تاریک و در دمای اتاق قرار گرفت. پس از گذشت این زمان، جذب نمونه با اسپکتروفتومتر (Double Beam Spectrophotometer، مدل UV2601 UV/VIS، شرکت Beijing Rayleigh Analytical Instrument، چین) در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت گردید و در نهایت مقدار MFI با استفاده از رابطه (۴) به‌دست آمد:

رابطه (۴)

$$MFI = A_{540} \times 200$$

#### طول سارکومر

قطعه‌ای با ابعاد  $1 \times 1 \times 1$  سانتی‌متر مکعب از گوشت در ۱۵ میلی‌لیتر گلووتاریک دی‌آلدئید A ۲/۵ درصد

<sup>2</sup> Ethylene Diamine Tetra Acetic (EDTA) acid disodium salt dehydrate

<sup>1</sup> Myofibrillar Fragmentation Index (MFI)

عضله با استفاده از روش‌های گوناگون هستند (Hoffman *et al.*, 2008). ویژگی‌های عضله بایسپس فموریس گاو مورد استفاده در لحظه صفر (بلافاصله پس از کشتار) در جدول (۱) و نیز در شکل‌های (۲) تا (۱۱) تحت عنوان نمونه شاهد (به منظور مقایسه با تیمارها) آورده شده است. نتایج به دست آمده برای ویژگی‌های عضله مربوطه هماهنگ با نتایج سایر محققان بود (Buford *et al.*, Istrati *et al.*, 2014؛ Kim *et al.*, Gheisari *et al.*, 2009؛ 2004؛ Rhee *et al.*, 2004؛ 2013).

میلی‌لیتر،  $34/18 \pm 0/5$  گرم در  $100$  میلی‌لیتر و  $2/5 \pm 0/04$  گرم در  $100$  میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد که تمامی اعداد به دست آمده در محدوده استاندارد آبغوره بودند (استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۱۵، ۱۳۸۶).

**ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی گوشت خام**  
عضله بایسپس فموریس گاو، عضله‌ای غنی از کلاژن و عموماً سفت است و در نتیجه تردی آن مورد پذیرش مصرف‌کنندگان نمی‌باشد (Rhee *et al.*, 2004) و بسیاری از محققان در تلاش برای بهبود تردی این

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بافتی گوشت خام

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
رطوبت (درصد)	$77/32 \pm 0/54$	شدت روشنایی (L*)	$32/121 \pm 0/078$
پروتئین (درصد)	$18/32 \pm 0/10$	شدت قرمزی (a*)	$22/751 \pm 0/056$
چربی (درصد)	$5/36 \pm 0/05$	شدت زردی (b*)	$6/950 \pm 0/081$
خاکستر (درصد)	$0/098 \pm 0/001$	شاخص تخریب میوفیبریل (MFI)	$40 \pm 2/828$
pH	$6/840 \pm 0/021$	طول سارکومر (میکرومتر)	$2/117 \pm 0/087$
WHC (درصد)	$32/175 \pm 0/014$	نیروی برشی وارنبراترلر (نیوتن)	$80 \pm 0/283$
آفت پخت (درصد)	$32/122 \pm 2/15$		

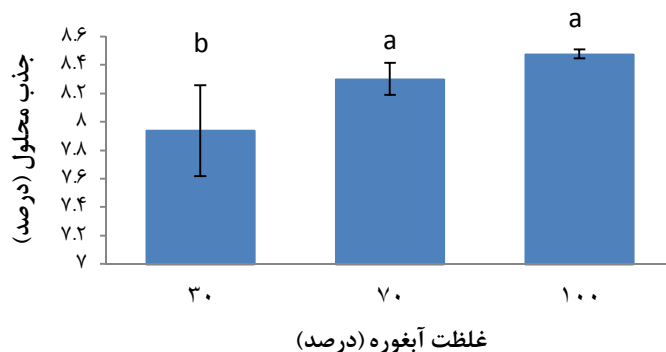
### ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی گوشت‌های تیمار شده

#### درصد جذب محلول

جذب محلول نتیجه قرار دادن گوشت در محلول‌های مختلف است که منجر به افزایش وزن تمامی تیمارهای گوشت و آبدار شدن آنها می‌گردد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس، درصد جذب محلول نمونه‌ها تحت تأثیر غلظت آبغوره قرار گرفت و با افزایش غلظت، به طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) افزایش یافت و از  $7/938$  به  $8/477$  درصد رسید (شکل ۱). به طور مشابه Aktas و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که افزایش غلظت اسیدلاکتیک و اسیدسیتریک از صفر به  $1/5$  درصد، باعث افزایش درصد جذب محلول عضله لانگیسیموس به طور معنی‌دار گردید؛ اما در پژوهش Kim و همکاران (۲۰۱۳) بیان شد غلظت محلول کلرید سدیم  $4$  درصد ( $w/v$ ) و سس سویای  $25$  درصد ( $w/v$ ) که به ترتیب با درصد‌های  $100$  به صفر ( $pH=6/52$ )،  $75$  به  $25$  ( $pH=5/40$ )،  $50$  به  $50$  ( $pH=5/24$ )،  $25$  به  $75$  ( $pH=5/05$ ) و صفر به  $100$  ( $pH=4/85$ ) مخلوط شده بودند، تأثیر معنی‌داری بر جذب محلول توسط عضله

بایسپس فموریس گاو نداشت. دلیل افزایش جذب محلول توسط گوشت با افزایش غلظت را می‌توان به کاهش pH عضله گاو به زیر نقطه ایزوالکتریک نسبت داد. در pH معادل  $5/3$  که pH ایزوالکتریک گوشت گاو است، بارهای مثبت و منفی پروتئین‌های گوشت برابرنند (بار الکتریکی خنثی)؛ بنابراین نیروی جاذبه‌ای بین بارهای مخالف واحدهای اسید آمینه میوفیبریل‌های مجاور پدید می‌آید که باعث کاهش فضای بین میوفیبریل‌ها و به حداقل رسیدن تورم می‌گردد. در نتیجه کاهش pH عضله گاو به زیر نقطه ایزوالکتریک باعث می‌شود مقدار بارهای مثبت خالص روی پروتئین‌های میوفیبریلی افزایش یافته و در نتیجه منجر به ایجاد نیروهای دافعه بیشتر بین آنها گردد. این نیروهای دافعه به فیلامنت‌های ضخیم و نازک فشار وارد می‌کنند و باعث جدا شدن جانبی آنها و افزایش وزن نمونه‌ها طی غوطه‌وری در محلول (به دلیل افزایش فضا برای قرارگیری محلول) می‌گردند (Ke *et al.*, 2009). در بین نمونه‌های تیمار شده در این پژوهش، فقط pH نمونه با غلظت  $30$  درصد آبغوره به pH زیر نقطه ایزوالکتریک ( $pH=4/32$ ) رسید و احتمالاً دلیل

اختلاف معنی‌دار درصد جذب محلول این نمونه با سایر نمونه‌ها همین موضوع است.

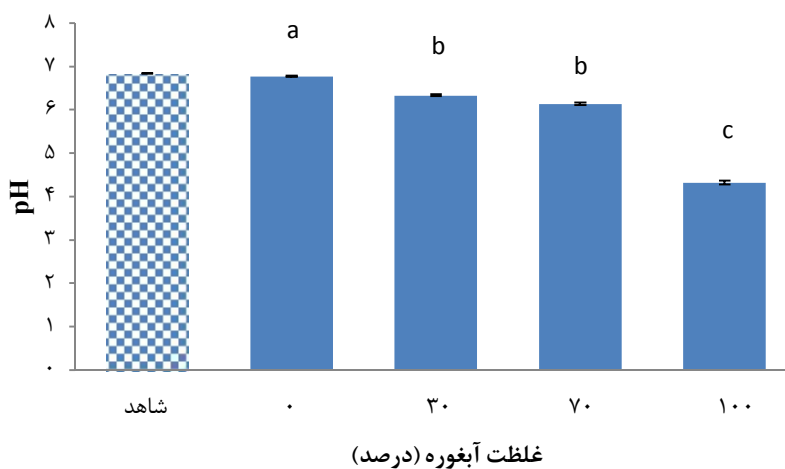


شکل ۱ - تغییرات درصد جذب محلول عضله بایسپس فموریس گاو قرارداده‌شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

کاهش یافت. تحقیق‌های دیگر نیز نشان داده‌اند که قرار دادن گوشت در اسیدهای آلی مانند اسیدسیتریک و اسیدلاکتیک و نیز آب مرکبات منجر به کاهش مقدار pH گوشت‌های تیمار شده گردید (Aktas & Kaya, 2001; Burke & Monahan, 2003; Aktas et al., 2003; Onenc et al., 2004; Ke et al., 2009). مکانیسم عمل ترد شدن گوشت توسط محلول‌های اسیدی را می‌توان به عوامل متعددی از قبیل تضعیف ساختمان به‌دلیل تورم گوشت، افزایش پروتئولیز توسط کاتپسین‌ها و افزایش تبدیل کلاژن به ژلاتین در pH پایین حین پختن نسبت داد (Berge et al., 2001; Offer & Knight, 1988).

## pH

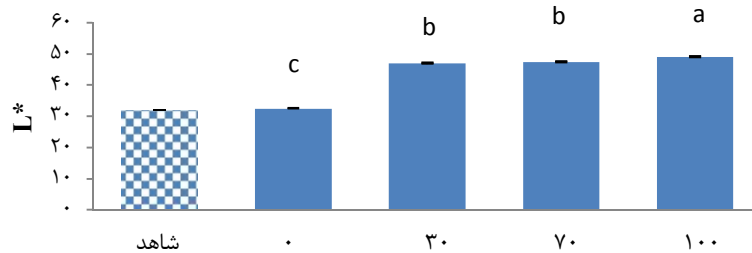
نتایج آنالیز واریانس نشان داد غلظت آبغوره تأثیر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بر pH نمونه‌ها ایجاد کرد؛ به‌طوری‌که با افزایش غلظت، میزان pH کاهش یافت (شکل ۲). Kim و همکاران (۲۰۱۳) نیز در بررسی اثر سس سویا بر ترد کردن عضله بایسپس فموریس گاو نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت سس سویا، مقدار pH نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) کاهش یافت به‌طوری‌که بین نمونه شاهد و نمونه قرارگرفته در محلول ۱۰۰ درصد سس سویا، ۰/۵۵ واحد اختلاف pH وجود داشت. همچنین Serdaroglu و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند با افزایش غلظت اسیدسیتریک از ۰/۰۵ به ۰/۲ مولار، pH گوشت بوقلمون از ۵/۸ به ۳/۹



شکل ۲ - تغییرات pH عضله بایسپس فموریس گاو قرارداده‌شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

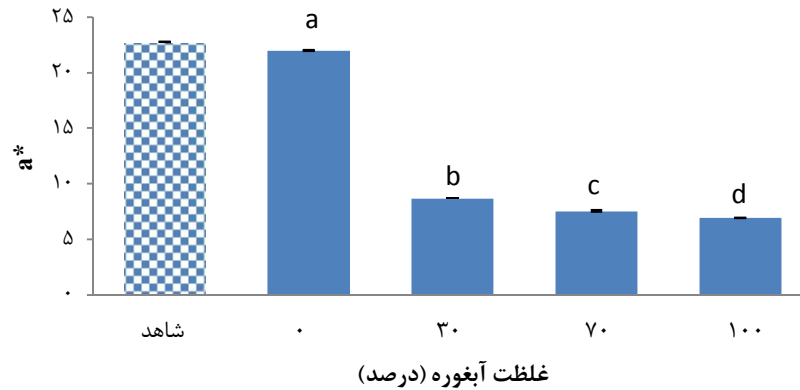
رنگ گوشت یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ظاهری و معیارهای پذیرش مصرف‌کننده‌هاست؛ زیرا از نظر مصرف‌کننده شاخص تازگی و کیفیت آن می‌باشد. رنگ گوشت تابع عوامل متعددی مانند مقدار میوگلوبین، حالت اکسیداسیون حلقه هم در میوگلوبین، ترکیب متصل به لیگاند ۶ میوگلوبین، pH عضله، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد. لازم به ذکر است که مقدار میوگلوبین خود به عواملی چون گونه، سن، نوع و کارکرد عضله وابسته است و با افزایش مقدار آن، رنگ عضله از صورتی به قرمز خیلی تیره تبدیل می‌شود (Kerry et al., 2002; Mancini & Ramanathan, 2005). عمدتاً در pH بالا، آهن حلقه هم میوگلوبین، به شکل  $Fe^{+2}$  است که با کاهش pH به  $Fe^{+3}$  تبدیل می‌گردد. از آنجایی که اکسیژن فقط می‌تواند به  $Fe^{+2}$  متصل گردد؛ تشکیل اکسی میوگلوبین در pH پایین کاهش می‌یابد. درحالی‌که بسیاری لیگاندهای دیگر (CO, NO, CN) و  $N_3$ ) می‌توانند با  $Fe^{+2}$  یا  $Fe^{+3}$  باند شوند (Toldra, 2010).

پارامترهای رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$ ) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت آبغوره ( $P < 0.05$ ) قرار گرفتند و با افزایش غلظت،  $L^*$  افزایش (از ۳۲/۵۵ به ۴۹/۰۷)،  $b^*$  افزایش (از ۶/۸۳ به ۱۰/۶۳) و  $a^*$  (از ۲۲/۰۱ به ۶/۹۲) کاهش یافت (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). Arganosa و Marriott (۱۹۸۹) بیان کردند با به‌کاربردن اسیدهای استیک، سیتریک و لاکتیک (غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ مولار) در گوشت گاو، مقادیر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد به ترتیب افزایش، کاهش و کاهش یافت. Hinikle (۲۰۱۰) نیز گزارش

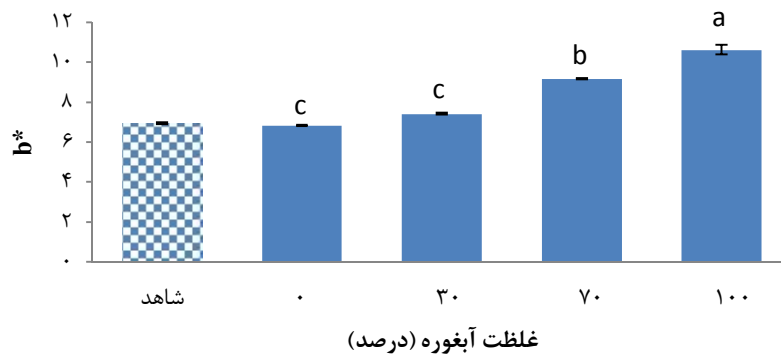


شکل ۳ - تغییرات  $L^*$  عضله بایسپس فمورس گاو قرارداده شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

شده باشد.



شکل ۴ - تغییرات  $a^*$  عضله بایسپس فموریس گاو قرارداده شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).



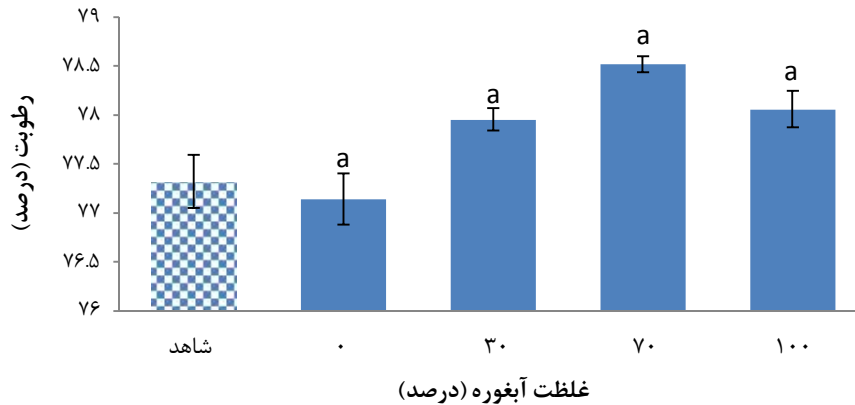
شکل ۵ - تغییرات  $b^*$  عضله بایسپس فموریس گاو قرارداده شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

می‌دهد؛ می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در تیمارهای گوشت قرارگرفته در غلظت‌های ۳۰ و ۷۰ درصد آبغوره، درصد جذب محلول از درصد دفع مواد جامد بیشتر بوده و به‌همین دلیل میزان رطوبت نمونه‌ها افزایش یافته است. درحالی‌که در تیمار ۱۰۰ درصد، شاهد کاهش رطوبت نمونه بودیم که احتمالاً دلیل این امر خروج بیشتر مواد جامد از گوشت است. به‌طور مشابه، در پژوهش Aktas و همکاران (۲۰۰۳) بیان شد با افزایش غلظت اسیدلاکتیک و اسیدسیتریک از صفر به ۱/۵ درصد، رطوبت گوشت گاو به‌ترتیب از ۷۴/۱۳ به ۸۸/۸۱ درصد و از ۷۴/۱۳ به ۸۵/۰۷ درصد افزایش یافت.

#### رطوبت

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که غلظت آبغوره باعث افزایش درصد رطوبت نمونه‌ها گردید؛ اگرچه این روند معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). با افزایش غلظت آبغوره از صفر به ۱۰۰ درصد، میزان رطوبت از ۷۷/۱۴۰ به ۷۸/۵۱۰ رسید (شکل ۶). در واقع با قراردادن گوشت در محلول آبغوره به‌دلیل اختلاف غلظت بین نمونه گوشت و محلول آبغوره و وجود گروه‌های هیدروفیل در پروتئین‌های گوشت، انتقال جرم صورت گرفت و محلول آبغوره جذب نمونه‌های گوشت گردید. ولی از آنجایی‌که با قرارگرفتن نمونه در محلول، هم جذب رطوبت و هم جذب و دفع مواد جامد گوشت رخ





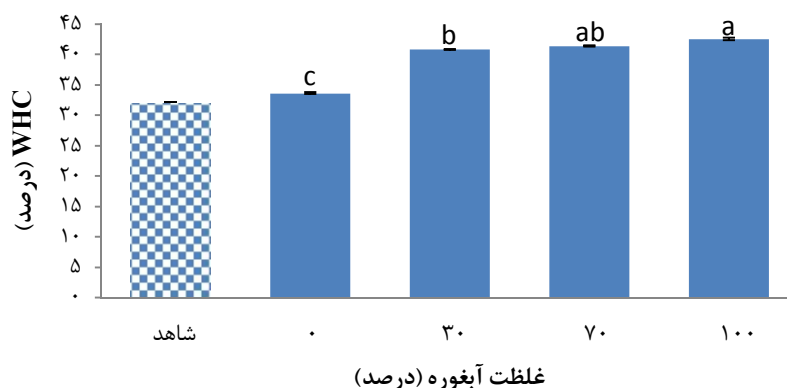
شکل ۶ - تغییرات درصد رطوبت عضله بایسپس فموریس گاو قرارداده‌شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

ظرفیت نگهداری آب (WHC) Sawyer *et al.*, 1992 و همکاران (۲۰۰۸) به‌طور مشابهی گزارش کردند مقدار آب آزاد و آب متصل در گوشت گاو با افزایش غلظت اسیدلاکتیک (بدون کلرید سدیم) به ترتیب از ۷۰/۹۱ به ۷۳/۲۶ درصد (افزایش غلظت از ۰/۵ به ۱/۵ درصد) و از ۶۴/۸۴ به ۷۴/۵۲ (افزایش غلظت از ۱/۵ به ۲ درصد) افزایش یافت؛ همچنین مقدار آب آزاد و متصل در گوشت گاو با افزایش غلظت اسیدلاکتیک (به همراه کلرید سدیم) به ترتیب از ۶۸/۶۴ به ۷۳/۹۵ (افزایش غلظت از ۱ به ۱/۵ درصد) و از ۷۱/۵۱ به ۶۶/۷۲ (افزایش غلظت از ۰/۵ به ۱ درصد) رسید. اگرچه بسیاری از محققان نتیجه گرفتند WHC و تردی عضله در pH زیر نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌های میوفیبریلی اصلی آن افزایش می‌یابد (Gault, 1985; Rao *et al.*, 1989; Aktas *et al.*, 2003)، نتایج متناقضی در پژوهش Kim و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده شد که بیان کردند افزایش غلظت سس سویا باعث کاهش جزئی ( $P > 0.05$ ) در WHC عضله‌های بایسپس فموریس گاو گردید. Gault (۱۹۸۵) گزارش کرد ظرفیت نگهداری آب عضله گاو در مقادیر pH پایین، به دلیل افزایش بارهای مثبت خالص روی مولکول‌های پروتئینی و فشار اسمزی ایجادشده به دلیل حضور مقادیر زیاد اسیدهای آلی افزایش می‌یابد.

#### ظرفیت نگهداری آب (WHC)

WHC توانایی گوشت برای نگهداری آب طبیعی یا آب افزوده‌شده به آن در شبکه فضایی خود است (Honikel, 2004). عوامل فیزیولوژیکی (سرعت و میزان کاهش pH پس از کشتار، گونه، نژاد، سن، جنس، نوع عضله، ترکیب و موقعیت تشریحی آن)، شرایط پرورش (الگوهای تغذیه‌ای، استفاده از محرک‌های رشد، فعالیت‌های قبل از کشتار) و عوامل حین کشتار و فراوری (صلابت نعشی، شوک الکتریکی، راندمان سرد، استخوان‌گیری گرم، مواد و روش انتقال، بسته‌بندی، دمای نگهداری پس از کشتار، شرایط انجماد و خروج از انجماد و رساندن) از جمله عوامل مؤثر بر WHC هستند (Cheng & Sun, 2008).

غلظت آبغوره با روند افزایشی تأثیری معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) بر WHC گذاشت و مقدار آن را از ۳۳/۶۳ به ۴۲/۵۵ درصد افزایش داد (شکل ۷). در واقع، مقدار pH از عوامل مهم تأثیرگذار بر تردی گوشت است و تا حد زیادی با WHC ارتباط دارد. مقادیر pH کمتر یا بیشتر از نقطه ایزوالکتریک باعث بهبود WHC می‌شوند؛ به همین دلیل گوشت‌های قرارگرفته در محلول‌های با pH بالاتر و پایین‌تر از pH ایزوالکتریک می‌توانند مقدار زیادی آب را در خود حفظ نمایند و در نهایت افزایش مقدار رطوبت در این گوشت‌ها منجر به افزایش تردی گوشت می‌گردد (Oreskovich *et al.*



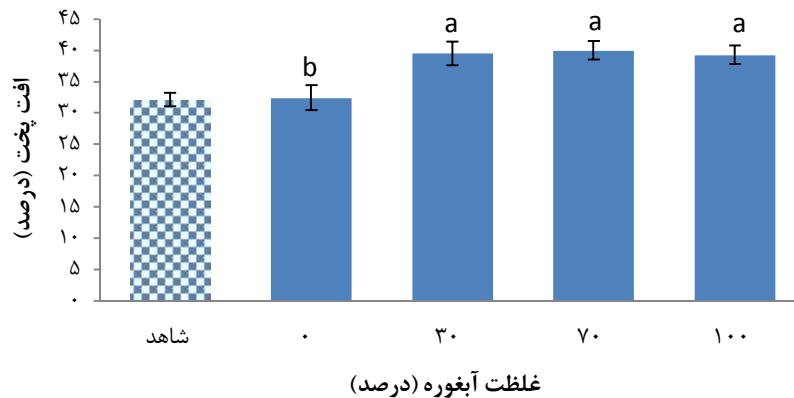
شکل ۷ - تغییرات WHC عضله بایسپس فموریس گاو قرارداد شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

اُفت پخت (Aaslyng *et al.*, 2003). غلظت آبغوره تأثیر معنی‌داری بر اُفت پخت ایجاد کرد ( $P < 0.05$ ). با توجه به شکل (۸)، اگرچه تمامی نمونه‌های تیمار شده با آبغوره دارای اُفت پخت بالاتری نسبت به نمونه بدون آبغوره بودند؛ اما بین غلظت‌های مختلف آبغوره، اختلاف آماری معنی‌دار دیده نشد ( $P > 0.05$ ). Kim و همکاران (۲۰۱۳) به‌طور مشابه گزارش کردند با افزایش غلظت سس سویا از صفر تا ۵۰ درصد، اُفت پخت عضله بایسپس فموریس گاو افزایش یافت. احتمالاً از طرفی با افزایش غلظت اسیدهای آلی و کاهش بیشتر pH، غشای عضله شروع به پاره شدن کرده و کلاژن که در شرایط اسیدی شروع به محلول شدن می‌کند به آرامی از عضله خارج شده و مقدار بافت پیوندی عضله کاهش می‌یابد. از طرف دیگر آنزیم‌های لیزوزومی در شرایط اسیدی رها می‌شوند که منجر به تخریب پروتئین‌های میوفیبریلی می‌گردند؛ بنابراین اُفت پخت بیشتری در نمونه‌ها دیده می‌شود. البته مطالعه‌های زیادی نشان داده‌اند که با کاهش pH گوشت گاو، میزان ازدست‌دادن رطوبت طی پخت افزایش می‌یابد (Aktas & Kaya, 2001؛ Aktas *et al.*, 2003؛ Onenc *et al.*, 2004). اما در پژوهش Sawyer و همکاران (۲۰۰۷) بیان شد با افزایش غلظت اسیدلاکتیک از ۰/۵ به ۲ درصد بدون نمک و به همراه نمک اُفت پخت به ترتیب از ۶۷/۵ به ۶۶/۷ درصد و از ۷۰/۷ به ۶۴/۲ درصد کاهش یافت.

### اُفت پخت

اُفت پخت بیانگر ترکیب مایعات و مواد محلول خارج شده از گوشت در هنگام پختن است و بخش عمده آن را آب تشکیل می‌دهد. اگرچه یکی از دلایل اُفت پخت، وجود گرادیان رطوبت و نیروی محرکه ناشی از آن است؛ اما دلیل مهم‌تر تغییر شکل و ساختار پروتئین‌های عضله در اثر پختن می‌باشد که منجر به کاهش توانایی آنها در نگه‌داشتن آب می‌گردد. از جمله فاکتورهای مؤثر بر اُفت پخت می‌توان به ویژگی‌های عضله (اندازه، مقدار بافت پیوندی، pH و WHC) و شرایط پخت (درجه حرارت نهایی، زمان و روش پخت) اشاره کرد (Heymann *et al.*, 1990؛ Chris, 2013).

pH عضله نقش مهمی در میزان اُفت پخت آن دارد زیرا مستقیماً بر مقدار بارهای منفی روی مولکول‌های پروتئینی که با مولکول‌های آب پیوند برقرار می‌کنند تأثیر می‌گذارد. در pH نزدیک نقطه ایزوالکتریک، به دلیل مساوی بودن بارهای مثبت و منفی پروتئین‌ها، آب کمتری می‌تواند به آنها متصل شود. علت این امر، عدم وجود دافعه الکترواستاتیکی در فیبرهای عضله است که باعث می‌شود 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 عضله (حدود ۵/۳) توانایی باندشدن پروتئین‌ها و آب افزایش می‌یابد و در نتیجه آن اُفت پخت کمتر می‌شود (Bejerholm & Aaslyng, 2004).



شکل ۸ - تغییرات درصد اُفت پخت عضله بایسیس فموریس گاو قرارداده‌شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

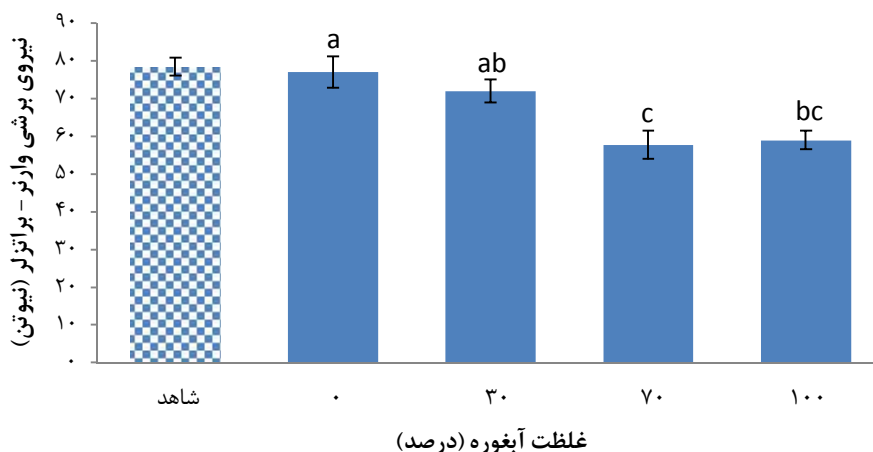
WBSF به صورت زیر تقسیم‌بندی نمودند: گوشت بسیار ترد (۳/۳۰-۰ kg)، گوشت ترد (۵/۰۰-۳/۳۰ kg)، گوشت نسبتاً ترد (۶/۷۱-۵/۰۰ kg)، گوشت نسبتاً سفت (۸/۴۲-۶/۷۱ kg)، گوشت سفت (۱۰/۱۲-۸/۴۲ kg)، گوشت بسیار سفت (۱۰/۱۲ kg). با توجه به این تقسیم‌بندی و شکل (۹) می‌توان دریافت که عضله بایسیس فموریس مورد بررسی (نمونه شاهد) دارای WBSF بالا در حدود ۸۰ نیوتن بود و در گروه گوشت‌های سفت قرار می‌گیرد. WBSF تحت تأثیر غلظت محلول آبغوره نیز قرار گرفت و با افزایش غلظت، WBSF نمونه‌ها کاهش یافت ( $P < 0.05$ ) ولیکن بین نمونه شاهد و نمونه‌های قرارداده‌شده در محلول آبغوره ۳۰ درصد، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. پژوهشگران دیگر نیز بیان کرده‌اند که قراردادن گوشت در محلول اسیدی منجر به افزایش تردی گوشت گاو و کاهش WBSF آنها می‌گردد (Aktas *et al.*, 2003؛ Gault, 1985؛ Seuss & Martin, 1993). Burke و Monahan (۲۰۰۲) به طور مشابهی گزارش کردند که با افزایش غلظت اسیدسیتریک، مقدار WBSF نمونه‌ها کاهش یافت. علت کاهش WBSF را می‌توان به دو دلیل زیر نسبت داد: ۱- تأثیر اسید بر بافت پیوندی عضله: حلالیت بافت پیوندی عضله با تزریق اسید افزایش می‌یابد که منجر به کاهش WBSF می‌گردد. مثلاً گزارش شده است ترکیبات اسیدی مثل سرکه و آلیمو باعث تخریب پیوندهای هیدروژنی در فیبرهای کلاژن و در نتیجه متورم شدن بافت پیوندی می‌گردند. Eilers و

## بافت

عامل اصلی تعیین‌کننده کیفیت خوراکی گوشت از نظر مصرف‌کنندگان، بافت آن است. عوامل مؤثر بر بافت گوشت عبارتند از: الف) عوامل پیش‌ازکشتار مانند گونه، جنس، سن، سرعت رشد، رژیم غذایی، استفاده از هورمون، استرس؛ ب) عوامل پس از کشتار مانند شوک الکتریکی، روش تعلیق لاشه، نحوه سردکردن و انجماد، روش رساندن، نحوه پخت. همچنین برخی از ویژگی‌های عضله از قبیل ترکیب شیمیایی، مقدار بافت پیوندی، pH، اندازه عضله و نیز ساختار و عملکرد آن بر مقدار تردی تأثیرگذار است (Juarez *et al.*, 2012). اساساً ساختار عضله تحت تأثیر دو عامل فیبرهای عضله و بافت‌های پیوندی خارج سلولی است که گزارش شده است تأثیرپذیری نیروی برشی از تغییرات میوفیبریلی بیشتر از بافت پیوندی است (Paul *et al.*, 1973). تقسیم‌بندی گوشت‌ها از نقطه نظر تردی بر پایه WBSF بر اساس تحقیق‌های Boleman و همکاران (۱۹۹۷) به این ترتیب بود: گوشت ترد ۲/۲۷-۳/۵۸ کیلوگرم، گوشت با تردی متوسط ۴/۰۸-۵/۴ کیلوگرم و گوشت سفت ۷/۲۱-۵/۹ کیلوگرم. از حاصل ضرب این اعداد که بر حسب کیلوگرم هستند در شتاب گرانش زمین (۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه)، اعداد WBSF بر حسب نیوتن به دست می‌آید و اعداد WBSF گزارش شده در این پژوهش، همگی بر حسب نیوتن هستند. Suryati و همکاران (۲۰۰۸) طی پژوهشی که روی گوشت‌های گاو استرالیایی انجام دادند آنها را از نقطه نظر تردی بر پایه

آبداری و تردی و نهایتاً کاهش WBSF می‌شود. Aktas و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان کردند بافت گوشت می‌تواند تحت تأثیر مقدار آب ثابت نیز قرار گیرد و یکی دیگر از دلایل افزایش تردی گوشت را به افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت دادند.

همکاران (۱۹۹۴) نیز بیان کردند انحلال بافت پیوندی با تزریق اسیدلاکتیک افزایش یافت. ۲- تأثیر اسید بر WHC عضله: همان‌طور که در قسمت WHC ذکر شد کاهش pH به زیر نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌های عضله، منجر به افزایش WHC و رطوبت، افزایش



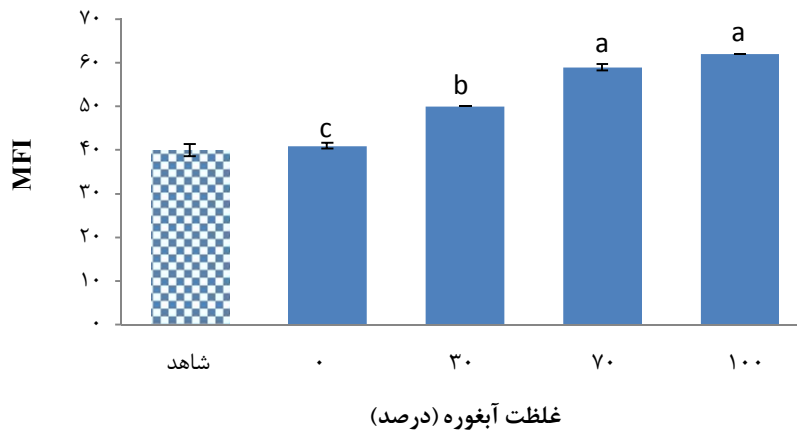
شکل ۹ - تغییرات WBSF عضله بایسیس فموریس گاو قرارداد شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

دوسرران گاو به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد به‌طوری‌که عضله قرارداد شده در سس سویا با غلظت ۱۰۰ درصد (pH=۴/۸۵) دارای بالاترین مقدار MFI بود. اگرچه مقادیر بالای MFI نشان‌دهنده گوشت تردتر می‌باشد؛ اما اطلاعات کمی درباره تأثیر قرارداد گوشت در محلول اسیدی روی MFI عضله در دسترس است (Kim *et al.*, 2012). همچنین طبق پژوهش Chou و همکاران (۱۹۹۷) قرارداد گوشت مرغابی در محلول اسیدی (۰/۱ و ۰/۲ مولار اسیدلاکتیک) منجر به افزایش مقدار MFI گردید و علت این امر، افزایش فعالیت پروتئولیزکنندگی آنزیم  $\mu$ -کالپاین (پروتئاز طبیعی وابسته به کلسیم) عضله بیان شد. اما احتمالاً علت اصلی این افزایش، تجزیه پروتئین‌های میوفیبریلی (زنجیره سنگین میوزین، تیتین، پروتئین‌های M و C، تروپومیوزین و تروپونین‌های T و I) در اثر فعالیت کاتپسین‌های D است که در pH اسیدی (محدوده ۳-۵) فعالیت می‌کنند.

#### شاخص تخریب میوفیبریل (MFI)

مهم‌ترین اتفاقی که در گوشت طی دوره ترد شدن اتفاق می‌افتد شکسته شدن میوفیبریل‌ها در اثر فعالیت آنزیم‌هاست و با گذشت زمان، تعداد این تکه‌های میوفیبریلی افزایش می‌یابد. تعداد این تکه‌های میوفیبریلی موجود در سارکوپلاسم سلول‌های عضلانی توسط MFI تعیین می‌گردد. شدت تردی گوشت وابستگی زیادی به میزان تضعیف و شکسته شدن ساختارهای میوفیبریلی (MFI) دارد و به‌همین دلیل می‌توان از MFI به‌عنوان شاخصی برای پیش‌بینی شدت تردی گوشت استفاده کرد (Taylor *et al.*, 1995).

غلظت آبغوره، میزان MFI نمونه‌ها را به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) تحت تأثیر قرار داد به‌طوری‌که افزایش درصد آبغوره از صفر به ۱۰۰ درصد، باعث افزایش ۵۵ درصدی MFI شد (شکل ۱۰). به‌طور مشابه، Kim و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که با افزایش غلظت سس سویا، میانگین MFI عضله



شکل ۱۰ - تغییرات MFI عضله بایسپس فموریس گاو قرارداده‌شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

اندکی مشاهده گردید. سپس با افزایش غلظت اسید، طول سارکومر برای تمامی عضلات افزایش یافت و بیشترین افزایش برای نمونه‌های تیمار شده با اسید ۰/۰۵ مولار ظاهر شد البته روند افزایشی در طول سارکومر برای عضلات TB و LD تا غلظت ۰/۲۵ مولار اسید، همچنان ادامه یافت. Ke و همکاران (۲۰۰۹) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند و گزارش کردند با کاهش pH عضله به کمتر از ۳/۵۲، طول سارکومر عضله نیم وتری<sup>۷</sup> او افزایش یافت که میزان این افزایش در نمونه‌های قرارداده‌شده در اسیدسیتریک به تنهایی بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با اسیدسیتریک و سدیم‌تری‌پلی‌فسفات بود. احتمالاً دلیل این است که افزودن اسید منجر به افزایش بارهای مثبت خالص روی پروتئین‌های میوفیبریلی/سیتواسکلتی شده که نتیجه آن نیروهای دافعه بیشتر بین مولکول‌های پروتئین در میوفیبریل‌هاست. این نیروهای دافعه به فیلامنت‌های ضخیم و نازک فشار وارد کرده و اجازه می‌دهند محلولی که گوشت در آن قرارداده شده است را جذب کنند و متورم گردند. در نهایت تورم ایجاد شده در میوفیبریل‌ها باعث فاصله گرفتن خطوط Z از یکدیگر و افزایش طول سارکومر می‌گردد. شکل (۱۲) تصاویر دو تار عضلانی عضله دوسرران گاو را در بزرگنمایی‌های ۴۰ و ۱۰۰ نشان می‌دهد.

### طول سارکومر

طول سارکومر بیانگر تعداد سرهای میوزینی متصل‌شده به فیلامنت اکتین است که هرچه تعداد این اتصالات بیشتر باشد، طول سارکومر کوتاه‌تر و گوشت سفت‌تر خواهد شد (Locker, 1960). طول سارکومر، میزان بافت‌های پیوندی و پروتئولیز پروتئین‌های میوفیبریلی مهم‌ترین پارامترهایی هستند که می‌توانند بیانگر تفاوت تردی گوشت‌های مختلف باشند (Koochmariae, 1996). افزایش درصد محلول آبغوره از صفر به ۱۰۰ درصد باعث افزایش طول سارکومر از ۲/۲۵ به ۲/۵۴ میکرومتر به‌طور معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) گردید (شکل ۱۱). به‌طور مشابه، Rao و همکاران (۱۹۸۹) طول سارکومر شش عضله مختلف طویل پستی ( $LD^1$ )، فوق خاری ( $SS^2$ )، دندان‌های شکمی ( $SV^3$ )، پستی بزرگ ( $Lat D^4$ )، سینه‌ای عمقی ( $PP^5$ ) و سه‌سربازو ( $TB^6$ ) را در حالت‌های خام و پخته و در غلظت‌های مختلف استیک‌اسید (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۰۷۵، ۰/۱۰ و ۰/۲۵ مولار) اندازه‌گیری کردند. نتایج آنها نشان داد تیمار ۰/۰۱ مولار باعث کاهش ملایمی در طول سارکومر نمونه‌های LD، TB و SS شد ( $P > 0/05$ )، در حالی که در طول سارکومر نمونه‌های PP ( $P > 0/05$ )، در حالی که در طول سارکومر نمونه‌های Lat D، SV و به‌ویژه SV ( $P < 0/05$ )، افزایش

<sup>1</sup> Longissimus dorsi

<sup>2</sup> Supraspinatus

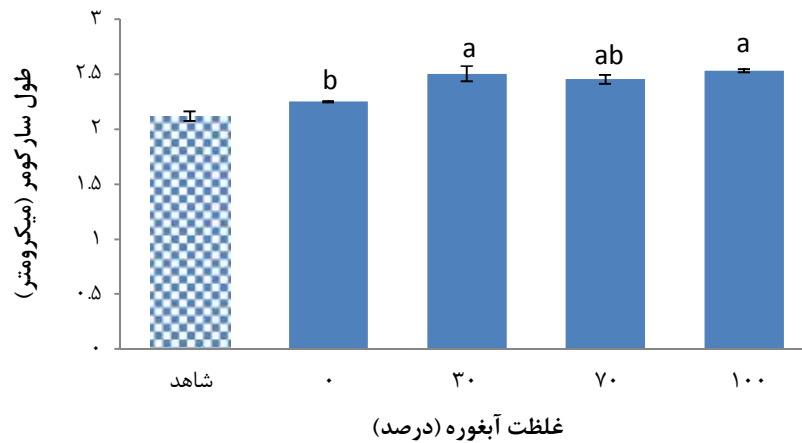
<sup>3</sup> Serratus ventralis

<sup>4</sup> Latissimus dorsi

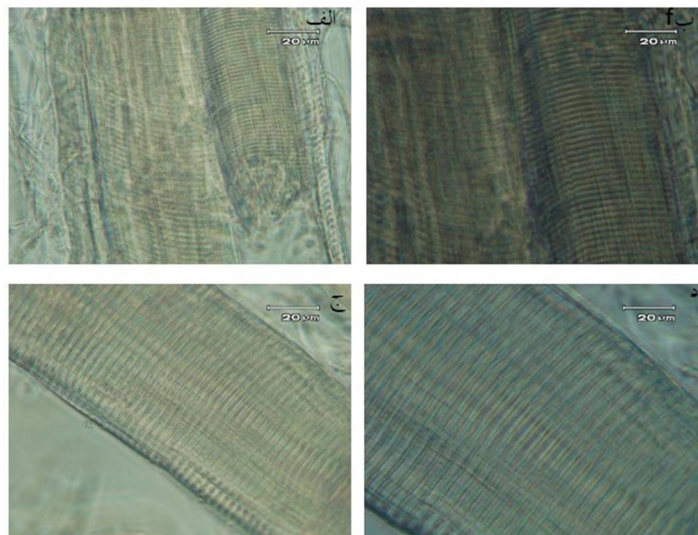
<sup>5</sup> Pectoralis profundus

<sup>6</sup> Triceps brachii caput longum

<sup>7</sup> Semitendinosus



شکل ۱۱ - تغییرات طول سارکومر عضله بایسیس فموریس گاو قرارداده شده در آبغوره طی ۱۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال (حروف یکسان روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).



شکل ۱۲ - تصاویر دو تار عضلانی عضله بایسیس فموریس گاو زیر میکروسکوپ نوری (تصاویر الف و ب مربوط به بزرگنمایی ۴۰ و ۱۰۰ نمونه شاهد و تصاویر ج و د مربوط به بزرگنمایی ۴۰ و ۱۰۰ نمونه تیمار شده با آبغوره ۱۰۰ درصد به مدت ۱۲ ساعت هستند).

### نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد محلول آبغوره یک ترکیب اسیدی مؤثر برای بهبود تردی عضله بایسیس فموریس گاو، بدون تأثیر منفی بر سایر پارامترهای کیفی آن است. افزایش MFI و WHC و نیز کاهش WBSF از اثرات مثبت نگهداری گوشت در محلول آبغوره است که هم از نظر اقتصادی و هم از دیدگاه مصرف‌کننده نهایی مفید هستند. بنابراین باتوجه به فراوان بودن و قیمت مناسب آبغوره در کشور ایران، می‌توان از آن در سطوح صنعتی برای ترد کردن

گوشت‌های سفت و یا پیر بهره برد و آن را به‌عنوان یک جایگزین بهتر و ارزان‌تر برای تردکننده‌های شیمیایی مورد استفاده قرار داد.

### تشکر و قدردانی

از کمک‌های بی‌شائبه جناب آقای دکتر یونس زاهدی و همکاری صمیمانه تکنسین‌های محترم آزمایشگاه گروه علوم و صنایع غذایی جناب آقای مهندس قزوینی و سرکار خانم آجری سپاسگزاری می‌گردد.

## منابع

- 1- Aaslyng, M.D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H.C., & Andersen, H.J. 2003. Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Quality and Preference*, 14(4):277-288.
- 2- Aktaş, N., & Kaya, M. 2001. Influence of weak organic acids and salts on the denaturation characteristics of intramuscular connective tissue. A differential scanning calorimetry study. *Meat Science*, 58(4):413-419.
- 3- Aktaş, N., Aksu, M., & Kaya, M. 2003. The effect of organic acid marination on tenderness, cooking loss and boundwater content of beef. *Journal of Muscle Foods*, 14(3):181-194.
- 4- Arganosa, G.C., & Marriott, N.G. 1989. Organic acids as tenderizers of collagen in restructured beef. *Journal of Food Science*, 54(5):1173-1176.
- 5- 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.
- 6- Berge, P., Ertbjerg, P., Larsen, L.M., Astruc, T., Vignon, X., & Møller, A. J. 2001. Tenderization of beef by lactic acid injected at different times post mortem. *Meat Science*, 57(4):347-357.
- 7- Boleman, S.J., Boleman, S.L., Miller, R.K., Taylor, J.F., Cross, H.R., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Shackelford, S.D., Miller, M.F., West, R.L., Johnson, D.D., & Savell, J.W. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science*, 75:1521-1524.
- 8- Botha, S.S.C., Hoffman, L., & Britz, T. 2007. Physical meat quality characteristics of hot-deboned ostrich (*struthio camelus var. domesticus*) muscularis gastrocnemius, pars interna during post-mortem aging. *Meat Science*, 75(4):709-718.
- 9- Buford, M.L., Calkins, C.R., Johnson, D.D., & Gwartney, B.L. 2004. Cow muscle profiling: a comparison of chemical and physical properties of 21 muscles from beef and dairy cow carcasses. *Nebraska Beef Cattle Report*, 185: 88-91.
- 10- Burke, R., & Monahan, F. 2003. The tenderisation of shin beef using a citrus juice marinade. *Meat Science*, 63(2):161-168.
- 11- Byrne, C., Troy, D., & Buckley, D. 2000. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine *M. longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. *Meat Science*, 54(1):23-34.
- 12- Cheng, Q., & Sun, D.W. 2008. Factors affecting the water holding capacity of red meat products: A review of recent research advances. *Critical Reviews in Food Science And nutrition*, 48(2):137-159.
- 13- Chou, R.G.R., Tseng, T.F., & Chen, M.T. 1997. Acceleration of post-mortem changes in Tsaiya duck (*Anas platyrhynchos*) breast muscle by lactic acid marination. *British Poultry Science*, 38(1):78-83.
- 14- Chris, R. 2013. The science of meat quality. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. Chapter 6: Meat Tenderness, 99-118.
- 15- Culler, R., Smith, G., & Cross, H. 1978. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43(4):1177-1180.
- 17- Eilers, J., Morgan, J., Martin, A., Miller, R., Hale, D., Acuff, G., & Savell, J. 1994. Evaluation of calcium chloride and lactic acid injection on chemical, microbiological and descriptive attributes of mature cow beef. *Meat Science*, 38(3):443-451.
- 18- Gault, N.F.S. 1984. The influence of acetic acid concentration on the efficiency of marinading as a process for tenderising beef. *Proceedings of the 30th european meeting of meat research workers*, 184-185. [http://www.icomst2009.dk/fileadmin/documents/ICOMST\\_Addendum.pdf](http://www.icomst2009.dk/fileadmin/documents/ICOMST_Addendum.pdf).
- 19- Gault, N.F.S. 1985. The relationship between water-holding capacity and cooked meat tenderness in some beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. *Meat Science*, 15(1):15-30.

- 20- Gheisari, H.R., Aminlari, M., & Shahram Shekarforoush, S. 2009. A comparative study of the biochemical and functional properties of camel and cattle meat during frozen storage. *Veterinarski arhiv*, 79(1):51-68.
- 21- Heymann, H., Hedrick, H., Karrasch, M., Eggeman, M., & Ellersieck, M. 1990. Sensory and chemical characteristics of fresh pork roasts cooked to different endpoint temperatures. *Journal of Food Science*, 55(3):613-617.
- 22- Hinikle, J.B. 2010. Acid marination for tenderness enhancement of beef bottom round. *Theses and Dissertations in Animal Science, Nebraska Beef Cattle Report*, 566: 127-130.
- 23- Huff-Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan S.M. 2010. Biochemistry of postmortem muscle-lessons of mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86:184-195.
- 24- Hoffman, L., Muller, M., & Vermaak, A. 2008. Sensory and preference testing of selected beef muscles infused with a phosphate and lactate blend. *Meat Science*, 80(4):1055-1060.
- 25- Honikel, K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4):447-457.
- 26- Honikel, K.O. 2004. Muscle development of livestock animals: Physiology, genetics and meat quality. Chapter 18: Water-holding capacity of meat. (M.F., te Pas, M.E., Everts, & H.P., Haagsman, eds). MA: CABI Publishing, Cambridge, 389-400.
- 27- Istrati, D., Vizireanu, C., & Dima, F. 2014. Efficiency of different type of tenderization for improving technological properties of bovine Biceps femoris muscle. *Scientific Papers, Series D. Animal Science*, 57:245-250.
- 28- Juarez, M., Aldai, N., López-Campos, Ó., Dugan, M., Uttaro, B., & Aalhus, J. 2012. Beef texture and juiciness. *Handbook of meat and meat processing*. CRC Press, Boca Raton, FL, 177-206.
- 29- Ke, S. 2006. Effect of pH and salts on tenderness and water-holding capacity of muscle foods. Ph.D Dissertation. University of Massachusetts Amherst.
- 30- Ke, S., Huang, Y., Decker, E.A., & Hultin, H.O. 2009. Impact of citric acid on the tenderness, microstructure and oxidative stability of beef muscle. *Meat Science*, 82(1):113-118.
- 31- Kerry, J., Kerry, J., & Ledward, D. 2002. *Meat processing*. CRC Press LLC and Woodhead Publishing Ltd.
- 32- Kim, H.W., Choi, Y.S., Choi, J.H., Kim, H.Y., Lee, M.A., Hwang, K.E., & Kim, C.J. 2013. Tenderization effect of soy sauce on beef M. biceps femoris. *Food Chemistry*, 139(1):597-603.
- 33- Koohmaraie, M. 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, 43(1):193-201.
- 34- Lewis, G.J., & Purslowi, P.P. 1990. The effect of mafunation and cooking on the mechanical properties of intramuscular connective tissue. *Journal of Muscle Foods*, 2(3):177-195.
- 35- Lawrie, R. A. 1998. The conversion of muscle to meat. In R. *Meat science*, 6: 219-230. Combridge, Woodhead Publishing Limited.
- 36- Locker, R. 1960. Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. *Journal of food Science*, 25(2):304-307.
- 37- Mancini, R.A., & Hunt, M.C. 2005. Current research in meat color: review. *Meat Science*, 71(1):100-121.
- 38- Morgan, J., Savell, J., Hale, D., Miller, R., Griffin, D., Cross, H., & Shackelford, S. 1991. National beef tenderness survey. *Journal of Animal Science*, 69(8):3274-3283.
- 39- Offer, G., & Knight, P. 1988. The structural basis of water-holding in meat part 2: drip losses. In R. Lawrie (Ed.). *developments in meat science*, . London, Elsevier Science, 4:172-243.
- 40- Önenç, A., Serdaroğlu, M., & Abdraimov, K. 2004. Effect of various additives to marinating baths on some properties of cattle meat. *European Food Research and Technology*, 218(2):114-117.
- 41- Oreskovich, D., Bechtel, P., McKeith, F., Novakofski, J., & Basgall, E. 1992. Marinade pH affects textural properties of beef. *Journal of Food Science*, 57(2):305-311.



- 42- Pathania, A., McKee, S., Bilgili, S., & Singh, M. 2010. Antimicrobial activity of commercial marinades against multiple strains of salmonella spp. *International Journal of Food Microbiology*, 139(3):214-217.
- 43- Paul, P.C., McCrae, S.E., & Hofferber, L.M. 1973. Heat-induced changes in extractability of beef muscle collagen. *Journal of Food Science*, 38(1):66-68.
- 44- Pour Nikfardjam, M.S. 2008. General and polyphenolic composition of unripe grape juice (verjus/verjuice) from various producers. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 58:28-31.
- 45- Rao, M., Gault, N., & Kennedy, S. 1989. Changes in the ultrastructure of beef muscle as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. *Food Microstructure*, 8(1):115-124.
- 46- Rhee, M., Wheeler, T., Shackelford, S., & Koohmaraie, M. 2004. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *Journal of animal science*, 82(2):534-550.
- 47- Sawyer, J., Apple, J., & Johnson, Z. 2008. The impact of lactic acid concentration and sodium chloride on pH, water-holding capacity, and cooked color of injection-enhanced dark-cutting beef. *Meat Science*, 79(2):317-325.
- 48- Serdaroglu, M., Abdraimov, K., & Oenenc, A. 2007. The effects of marinating with citric acid solutions and grapefruit juice on cooking and eating quality of turkey breast. *Journal of Muscle Foods*, 18(2):162-172.
- 49- Seuss, I., & Martin, M. 1993. The influence of marinating with food acids on the composition and sensory properties of beef. *Fleischwirtschaft*, 73(3):292-295
- 50- Sheard, P., & Tali, A. 2004. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. *Meat Science*, 68(2):305-311.
- 51- Stradley, L., Cook, A. 2000. *What's cooking america*. published by three forks books. ISBN:1: 56044-792-3.
- 52- Sultana, A., Nakanishi, A., Roy, B., Mizunoya, W., Tatsumi, R., Ito, T., & Ikeuchi, Y. 2008. Quality improvement of frozen and chilled beef biceps femoris with the application of salt-bicarbonate solution. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 21(6):903-911.
- 53- Suryati, T., Arief, I.I., & Polii, B.N. 2008. Correlation and categories of meat tenderness based on equipment and panelist test. *Animal Production*, 10(3):188-193.
- 54- Suzuki, A., Kim, K., Tanji, H., Nishiumi, T., & Ikeuchi, Y. 2006. Application of high hydrostatic pressure to meat and meat processing. *Food Science & Technology*, New York, 158-193.
- 55- Taylor, R.G., Geesink, G., Thompson, V., Koohmaraie, M., & Goll, D. 1995. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *Journal of Animal Science*, 73(5):1351-1367.
- 56- Toldrá, F. 2010. *Handbook of meat processing*. Chapter 1: Chemistry and Biochemistry of Meat (Elisabeth Huff-Lonergan), 28-51.
- 57- Xiong, Y., & Kupski, D. 1999. Time-dependent marinade absorption and retention, cooking yield, and palatability of chicken filets marinated in various phosphate solutions. *Poultry Science*, 78(7):1053-1059.
- 58- Yusop, S.M., O'Sullivan, M.G., Kerry, J.F., & Kerry, J.P. 2010. Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. *Meat Science*, 85(4):657-663.
- 59- Zhao, G.Y., Zhou, M.Y., Zhao, H.L., Chen, X.L., Xie, B.B., Zhang, X.Y., He, H.L., Zhou, B.C., Zhang, Y.Z. 2012. Tenderization effect of cold-adapted collagenolytic protease MCP-01 on beef meat at low temperature and its mechanism. *Food Chemistry*, 134(4):1738-1744.

## An Investigation Into the Effect of Verjuice Concentration on the Physicochemical and Textural Properties of Beef

Fereshteh Sabzi<sup>1</sup>, Mohammad Javad Varidi<sup>2\*</sup>, Mehdi Varidi<sup>3</sup>

1- MSc Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

\* Corresponding author (mjvaridi@um.ac.ir)

### Abstract

This study was performed in order to examine the effect of verjuice concentration on the physicochemical and textural properties of beef *Biceps femoris*, which aimed at improving its tenderness and enhancing its marketability. To that end, verjuice (0, 30, 70 and 100%) and sodium chloride (2% w/w) were injected into the beef pieces with dimensions of 3×15×15 cm<sup>3</sup> (10% of each piece initial weight). Then, for the uniform distribution of the solution on the surface and deep parts of the beef, the samples were immersed in verjuice solution (with the same concentration as was injected and at a ratio of 4:1) and stored at 4 °C for 12 h. The results showed that as verjuice concentration increased, pH decreased significantly ( $P<0.05$ ). Furthermore, storage in verjuice solution caused a significant increase ( $P<0.05$ ) in the weight gain, cooking loss and water holding capacity (WHC) of the samples. The color parameters of  $L^*$  and  $b^*$  of the treated samples were significantly ( $P<0.05$ ) higher than those of the control, whereas their  $a^*$  were lower. The samples stored in verjuice 100% for 12 h had the highest Myofibrillar Fragmentation Index (MFI) and sarcomere length, while they had the lowest Warner-Bratzler Shear Force (WBSF). Therefore, it was concluded that verjuice solution can act as a replacement for the chemical tenderizers applied in the meat industry without any negative effect on other quality attributes.

**Keywords:** Beef *Biceps Femoris*, Tenderization, Textural Properties, Verjuice