مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال بیستم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴، صفحات ۸۱-۶۹

ارزیابی پذیرش مصرف گوشت بره پوشش دهی شده با موسیلاژ بارهنگ سرنیزه ای حاوی باکتری پروبیوتیک *Lacticaseibacillus rhamnosus* CWKu-12: یک مطالعه تجربی و مدل سازی

عباس میرزایی[۱]، عباس عبدشاهی[۲]، بهروز علیزاده بهبهانی[۳]، فرشته فلاح[۴]

۱- نویسنده مسئول: استادیار، گروه مهندسی اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
پست الکترونیکی: amirzaei@asnrukh.ac.ir

۲- دانشیار، گروه مهندسی اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۴- دکتری، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۸

چکیده

سابقه و هدف: مدل‌سازی پذیرش مصرف‌کنندگان نسبت به محصولات با پوشش‌های خوراکی دارای خواص ضدمیکروبی و آنتی اکسیدان جهت بازاریابی و تجاری سازی این محصولات در صنعت غذایی بسیار حائز اهمیت است. این مطالعه به منظور ارزیابی و پیش‌بینی پذیرش مصرف کنندگان گوشت بره پوشش داده شده با مواد خوراکی دارای خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدان، انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای دستیابی به هدف مطالعه حاضر، ابتدا پوشش خوراکی زیست فعال موسیلاژ *Plantago lanceolata* غنی شده با مایع رویی بدون سلول باکتری پروبیوتیک *Lacticaseibacillus rhamnosus* CWKu-12 آماده‌سازی و جهت پوشش گوشت بره استفاده شد. سپس پارامترهای جمعیت میکروبی (شمارش کلی و باکتری های سرمادوست)، pH، رطوبت، سختی و وضعیت اکسیداسیون (عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید) اندازه‌گیری و با استفاده از مدل رگرسیون فرایند گاوسی (GPR) به پیش بینی پارامتر امتیاز پذیرش مصرف کنندگان پرداخته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که دقت پیش بینی مدل GPR براساس معیارهای RMSE، MAPE و R^2 به ترتیب برابر با ۰/۲۴۸، ۲/۳۳۰ و ۰/۹۷۱ است که نشان از قدرت بالای این مدل جهت پیش‌بینی پذیرش مصرف کنندگان گوشت بره پوشش داده شده دارد. همچنین نتایج تحلیل حساسیت پارامترها نشان داد که پارامترهای عدد پراکسید، باکتری های سرمادوست و درصد رطوبت بیشترین اثر را بر امتیاز پذیرش مصرف-کنندگان دارند. این در حالی است که پارامترهای تعداد باکتری‌های تخمیری کل، مقدار تیوباربیتوریک اسید و درصد سختی در مقایسه با سایر پارامترها، اثر معنی‌داری بر پذیرش مصرف‌کنندگان ندارند.

نتیجه‌گیری: مطابق با یافته‌ها، با داشتن مقادیر مربوط به پارامترهای ورودی می‌توان با استفاده از مدل GPR پیشنهادی، پذیرش مصرف‌کنندگان گوشت بره با پوشش‌های خوراکی متفاوت را ارزیابی و گامی اساسی در جهت تجاری سازی این محصولات برداشت.

واژگان کلیدی: پذیرش مصرف‌کنندگان، گوشت بره با پوشش خوراکی، خواص آنتی اکسیدانی، رگرسیون فرایند گاوسی

پیام‌های اصلی

- با اندازه‌گیری پارامترهای جمعیت میکروبی (شمارش کلی و باکتری های سرمادوست)، pH، رطوبت، سختی و وضعیت اکسیداسیون (عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید) می‌توان پذیرش مصرف کنندگان را پیش‌بینی کرد.
- مدل رگرسیون فرایند گاوسی (GPR) جهت پیش‌بینی پذیرش مصرف‌کنندگان گوشت بره با پوشش خوراکی از دقت بالایی برخوردار است.
- پارامترهای عدد پراکسید، باکتری های سرمادوست و درصد رطوبت در ارزیابی پذیرش مصرف‌کنندگان گوشت بره با پوشش خوراکی بیشترین تأثیر را دارند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

• مقدمه

فساد میکروبی گوشت بره به دلیل فعالیت آبی بالا و خصوصیات تغذیه‌ای آن همواره یک نگرانی برای تولیدکنندگان، فروشندگان و مصرف‌کنندگان است. از طرف دیگر عواملی مانند نور و اکسیژن می‌توانند به کاهش کیفیت به وسیله اکسیداسیون لیپیدی، کاهش عمر مفید و تأثیر منفی بر ظاهر گوشت کمک کنند (۱). بنابراین، استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوارکی از بیوپلیمرهای قابل تجزیه می‌تواند راهبردی موثر در این زمینه باشد. موسیلاژ بذر از *Plantago lanceolata* (PLM)، یک نوع موسیلاژ پلی‌ساکاریدی است که می‌توان از آن به‌عنوان یک پوشش خوراکی برای گوشت بره نام برد. ترکیب PLM شامل یک پلی‌ساکارید نوع آرابینوکسیلومانان است که شامل ۶۹/۴۲٪ منوز، ۱۱/۹۸٪ آرابینوز، ۷/۴۲٪ زیلوز و ۱۱/۱۸٪ از دیگر مونوساکاریدهایی مانند رامنوز، گالاکتوز، گلوکز و اسیدهای اورونیک می‌باشد. به دلیل وجود اتصالات گلیکوزیدی و گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل، همراه با تعداد متوسطی از پلی‌ساکاریدهای اسیدی، PLM ویژگی‌های یک موسیلاژ پلی‌الکترولیت نمونه را نشان می‌دهد (۳، ۲).

امروزه، برای بهبود عملکرد بیولوژیکی این پوشش‌ها، معمولاً از مواد نگهدارنده ایمن و طبیعی استفاده می‌شود. این مواد می‌توانند شامل متابولیت‌های فعال مشتق شده از گیاهان (مانند روغن‌های ضروری) و میکروب‌ها (مانند پروبیوتیک) باشند (۶-۴). پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده هستند که هنگام مصرف به مقدار مناسب، مزایای سلامتی و بهداشتی را برای میزبان فراهم می‌کنند. *Lacticaseibacillus rhamnosus* که قبلاً به عنوان *Lactobacillus rhamnosus* شناخته می‌شد، یک گونه باکتری است که در رده *Lacticaseibacillus* در خانواده *Lactobacillaceae* قرار دارد. این باکتری شکلی میله‌ای داشته و توانایی تخمیر انواع مختلف کربوهیدرات‌ها را دارد. *L. rhamnosus* به طور معمول در دستگاه گوارش انسان یافت و به عنوان یک پروبیوتیک شناخته می‌شود که مزایای بهداشتی بالقوه‌ای را در صورت مصرف دارد (۱۳-۷).

یکی از مهم‌ترین عوامل در گسترش استفاده از پوشش‌های خوراکی، تمایل مصرف‌کنندگان به مصرف این محصولات است. پذیرش ماده غذایی بستگی به ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و جنبه‌های روانشناختی مصرف‌کننده دارد. پذیرش حسی می‌تواند تحت تأثیر اطلاعات لازم درباره محصول جدید قرار بگیرد (۱۴). بنابراین، ارائه اطلاعات دقیق درباره فناوری مورد استفاده و تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی محصول، می‌تواند مقبولیت آن را در نظر مصرف‌کننده افزایش دهد؛ اگرچه خود اطلاعات به تنهایی پذیرش بیشتر توسط مصرف‌کننده را تضمین نمی‌کند (۱). در مطالعات اندکی بر روی عوامل روانشناختی مصرف‌کنندگان محصولات غذایی پوشش داده شده با مواد خوراکی تمرکز شده است. به طور مثال، Wan و همکاران (۲۰۰۷) توجه به نگرانی‌های مصرف‌کنندگان و پذیرش آن‌ها برای محصولات با فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی را مورد بررسی قرار دادند. بررسی آن‌ها نشان داد که مصرف-کنندگان در مورد انواع محصولات پوشش داده شده، ایمنی مواد پوششی، کیفیت حسی محصولات حاصل و هزینه مواد غذایی نگرانی عمده‌ای دارند (۱۵). Ortega و همکاران (۲۰۱۱) تخمین زدند که مصرف‌کنندگان حاضر به پرداخت افزایش قیمت ۱۰۰ درصدی برای گوشت خوک با گواهی ایمنی را دارند (۱۶). Tait و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی تمایل به پذیرش و پرداخت مصرف‌کنندگان هندی، چینی و بریتانیایی برای گوشت گوسفندی تولید شده سازگار با محیط زیست پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که مصرف‌کنندگان هندی نسبت به همتایان چینی یا بریتانیایی تمایل به پذیرش و پرداخت مبلغ بیشتر برای روش‌های تولید دارای گواهی زیست محیطی دارند (۱۷). Mauricio و همکاران (۲۰۲۲a) نتیجه گرفتند که برای اکثر مصرف‌کنندگان مورد بررسی، عدم وجود ویژگی روانشناختی نئوفوبیا مشاهده شده که بیانگر تمایل آن‌ها به پذیرش و خرید گوشت گاو یا بره پوشش داده شده با کیتوزان است (۱). Bucher و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی پذیرش مصرف‌کنندگان پوشش‌های خوراکی روی سیب پرداختند. در این مطالعه مشخص شد که تقاضای مصرف‌کننده برای سیب با پوشش خوراکی بسیار پایین است و بین پذیرش مصرف‌کنندگان استرالیایی به سیب با پوشش خوراکی و سطح نئوفوبیا فناوری غذایی رابطه معکوس و معنی داری وجود دارد (۱۸).

این در حالی است که تأثیر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی مواد غذایی با پوشش‌های خوراکی در پذیرش مصرف‌کنندگان کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مدل‌سازی پیش‌بینی پذیرش مصرف‌کنندگان براساس اطلاعات دقیق از خواص فیزیکی-شیمیایی محصولات با پوشش‌های خوراکی می‌تواند نقش موثری در کاهش هزینه‌های آزمایشگاهی، هزینه‌های بازاریابی و اتلاف زمان ایفا کند (۲۰، ۱۹). برزگر و همکاران (۲۰۲۴) با

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مختلف به پیش‌بینی پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و حسی گوشت گوسفندی تحت تیمارهای مختلف پوشش خوراکی پروبیوتیکی بالنگوی شیرازی و *Lactobacillus brevis G145* پرداختند. در مطالعه آن‌ها، پارامترهای رطوبت، ارزش پراکسید، ارزش TBA، سختی، PH، عطر، رنگ، بافت و به‌ویژه پذیرش توسط مصرف کنندگان توسط پارامترهای جمعیت‌های میکروبی شامل TVC، PTC، *E.coli*، *S.aureus* و Fungi و با استفاده از مدل‌های ریاضی مختلف، پیش‌بینی شدند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که با توجه به دقت بالای مدل‌های پیش‌بینی انتخابی، می‌توان تأثیر پوشش های خوراکی بر میزان پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و پارامترهای حسی گوشت گوسفند به‌ویژه پارامتر پذیرش مصرف‌کنندگان را بدون انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی و صرف هزینه، ارزیابی و تحلیل کرد (۱۹). بهبهانی و همکاران (۲۰۲۴b) به پیش‌بینی جمعیت پاتوژن‌های میکروبی، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی محصولات گوشت بره پوشش‌دهی شده با استفاده از روش‌های مختلف پیش‌بینی پرداختند. در مطالعه آن‌ها، درصد موسیلاژ Plantago major (۰ و ۲ درصد)، درصد غلظت CFS (۰، ۱ و ۲ درصد) و زمان (۱، ۳، ۶ و ۹ روز) به‌عنوان پارامترهای ورودی مدل‌های پیش‌بینی در نظر گرفته شدند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل‌های پیش‌بینی قادر به تخمین جمعیت پاتوژن‌های میکروبی، ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و حسی به‌ویژه پذیرش مصرف‌کنندگان هستند (۲۱).

برای این منظور در پژوهش حاضر، گوشت بره با پوشش خوراکی زیست فعال موسیلاژ *Plantago lanceolata* غنی شده با مایع رویی بدون سلول پروبیوتیک *Lacticaseibacillus rhamnosus* CWKu-12 آماده سازی و خواص فیزیکی-شیمیایی این محصول به‌عنوان پارامترهای ورودی مدل پیش-بینی پذیرش آن توسط مصرف‌کنندگان ارزیابی شد. در این مطالعه از مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مانند رگرسیون فرایند رگرسیونی گاوسی GPR (Gaussian process regression) استفاده شد که حتی با حجم کم داده‌ها نیز قادر به پیش‌بینی دقیق هستند (۱۹، ۲۲).

• مواد و روش‌ها

آماده‌سازی گوشت بره پوشش داده شده

سویه *L. rhamnosus* CWKu-12 در محیط کشت MRS تحت شرایط تکان‌دهی در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت یک شب کشت داده شد. پس از آن، محیط کشت MRS کشت داده شده به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. مایع رویی حاصل با استفاده از سرنگ استریل مجهز به سوزن به صورت استریل جمع‌آوری و سپس از طریق فیلتر غشایی پلیاترسولفون (PES) با اندازه منافذ ۰/۲۲ میکرومتر فیلتر شد. مایع رویی حاصل بلافاصله استفاده و مایع رویی باقیمانده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد برای مطالعات آینده ذخیره شد (۵، ۱۲).

بذرهای *P. lanceolata* از یک بازار در اهواز تهیه شدند. موسیلاژ این بذرها که به عنوان PLM شناخته می‌شوند، با استفاده از روشی که توسط حصاری نژاد و همکاران (۲۰۱۸) و حصاری نژاد و همکاران (۲۰۲۰) توضیح داده شده، جداسازی شدند (۲، ۳). این موسیلاژ استخراج شده سپس با تویین ۸۰ مخلوط و در آب تقطیر حل شد. این مخلوط در حین هم‌زمان همزنی گرم و سپس در دمای اتاق خنک شد. در نهایت، CFS به غلظت‌های ۱٪ و ۲٪ به محلول PLM اضافه و پوشش خوراکی مورد نظر تشکیل شد (۶).

تکه‌های گوشت بره حاوی 67.30 ± 0.40 % رطوبت، 19.90 ± 0.21% پروتئین، 14.50 ± 0.33 % چربی، 1.30 ± 0.08 % خاکستر، با پوشش‌های PLM، 1% CFS، 2% CFS، PLM+1% CFS و PLM+2% CFS تیمار و سپس از طریق هوا خشک شدند. این نمونه‌ها سپس برای مدت ۱، ۴، ۷ و ۱۰ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. همچنین، به عنوان کنترل، برش‌هایی از گوشت بدون هیچ پوششی استفاده شد (۲۳). در ادامه نحوه سنجش درصد رطوبت، اندازه‌گیری pH، تجزیه و تحلیل میکروبی، وضعیت اکسیداسیون، سنجش درصد سختی و امتیاز پذیرش مصرف کنندگان برای نمونه کنترل و تیمارهای حاوی پوشش خوراکی ارائه شده است.

درصد رطوبت

محتوای رطوبت با خشک کردن نمونه‌ها در دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶-۴ ساعت تعیین شد (۲۴).

سنجش pH

نمونه‌های گوشت با وزن ۱۰ گرم با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بطری‌هایی با ظرفیت ۱۵۰ میلی‌لیتر ترکیب و سپس با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه با استفاده از هم‌زن، همزنی شدند. پس از این، سطح pH در دمای محیط با استفاده از یک pH متر اندازه‌گیری شد (۱۹).

تجزیه و تحلیل میکروبی

تجزیه و تحلیل میکروبی برای نمونه کنترل و تیمارهای حاوی CFS با استفاده از روشی ارائه شده توسط علیزاده بهبهانی و ایمانی فولادی (۲۰۱۸) انجام شد. تست‌های میکروبی در این مطالعه شامل تعداد باکتری‌های تخمیری کل (TVC) در PCA (در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) و تعداد

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

باکتری‌های سرمازدگی (PTC) در PCA (در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز) است. این شمارش‌های میکروبیولوژیکی در فواصل زمانی مشخص ۱، ۳، ۶ و ۹ روز انجام شد. برای هر آزمایش، نمونه‌ای از گوشت بره به وزن ۵ گرم با ۴۵ گرم آب پپتون ۰/۱ درصد در یک دستگاه استوماچر ترکیب شد. این مخلوط سپس با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱ دقیقه همگن شد. پس از آن، رقت‌های بیشتری (10^{-1}-10^{-6}) در لوله‌های آزمایش حاوی آب پپتون ۰/۱ درصد تهیه و سپس بر روی پلیت‌های حاوی محیط کشت تلقیح شدند (۲۵).

وضعیت اکسیداسیون

ارزیابی مقدار پراکسید (PV)، که به عنوان نشانگری برای محصولات اکسیداسیون لیپید اولیه عمل می‌کند، و سنجش مقدار اسید تیوباربیتوریک (TBA) برای نمونه‌های با پوشش و بدون پوشش با استفاده از روش‌هایی که توسط علیزاده بهبهانی و ایمانی فولادی (۲۰۱۸) شرح داده شده، انجام شدند (۲۵).

درصد سختی

سختی نمونه‌ها با یک آنالیزور بافت با پارامترهای نسبت فشار ۵۰٪، نیروی فعال‌سازی ۲ نیوتن، سرعت آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه و لوله آلومینیومی با قطر ۵۰ میلی‌متر اندازه-گیری شد (۱۹).

ارزیابی حسی

بیست و پنج نفر نمونه‌ها را از نظر پذیرش کلی ارزیابی کردند. برای این منظور، از طیف هدنیک توصیفی ۹ مقیاسی (۹= شدیداً دوست دارم و ۱=اصلا دوست ندارم) استفاده شد (۲۵).

مدل پیش‌بینی GPR

مدل GPR از روش‌های قدرتمند یادگیری ماشین مبتنی بر هوش مصنوعی است که برخلاف بسیاری از روش‌های دیگر یادگیری ماشین، به دلیل ماهیت تقریباً غیرپارامتری خود، به تعداد کمی پارامتر و داده برای پیش‌بینی نیاز دارد (۱۹، ۲۱). به عنوان مثال، زمانی که تعداد ویژگی‌ها و خصوصیات از ده کمتر باشد (۲۶). فرض کنید که x_i یک بردار ورودی با D بعد (نمایانگر تعداد پارامترهای ورودی) و y_i یک بردار هدف (خروجی) است و مجموعه داده S به صورت $S= \{(xi, yi) \mid i=1, 2, \ldots, n\}$ تعریف می‌شود، که در آن n نمایانگر مشاهدات است. بنابراین، این مجموعه داده شامل دو مؤلفه ورودی و خروجی به عنوان نقاط نمونه است. اکنون، فرآیند گاوسی f(x) به صورت رابطه (۱) قابل تعریف است.

(۱)

$$f(x) \sim GP(\mu(x), cov(x, x'))$$

نمادهای $\mu(x)$ و $cov(x, x')$ به ترتیب میانگین و کوواریانس فرآیند گاوسی *f(x)* نیز به‌ترتیب به‌صورت روابط (۲) و (۳) تعریف می‌شوند.

(۲)

$$\mu(x) = E\big(f(x)\big)$$

(۳)

$$cov(x, x') = E(f(x) - \mu(x))(f(x') - \mu(x'))$$

ارتباط بین بردار هدف و بردار ورودی‌ها از طریق رگرسیون رابطه (۴) مشخص می‌شود.

(۴)

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon$$

در این رگرسیون، فرض بر این است که تابع *f(x)* از رفتار فرایند گاوسی پیروی می‌کند و ε یک نویز توزیع شده گاوسی با میانگین و واریانس $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ است. باید توجه داشت که قبل از هر فرآیند آموزشی با داده‌ها، لازم است داده‌ها نرمال سازی شده و در دامنه [۰،۱] مقیاس‌بندی شوند. یکی از مشکلات مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی مانند GPR، تولید نتایج مختلف در هر تکرار و انتخاب تصادفی داده‌ها است. بنابراین، انتخاب صحیح داده‌های آموزشی برای غلبه بر این مشکل ضروری است (۲۶). در این مطالعه، از اعتبارسنجی متقابل k-fold با ۱۰۰ مجموعه اجرا برای بهبود پیش‌بینی و ارزیابی پایداری و تعمیم‌پذیری مدل‌های پیش‌بینی استفاده شد.

به‌طور کلّی، پارامتر هدف شامل امتیاز پذیرش مصرف کنندگان و پارامترهای ورودی شامل درصد رطوبت، pH، جمعیت‌های میکروبی مانند TVC و PTC، مقادیر پراکسید (PV)، اسید تیوباربیتوریک (TBA) و سختی برای همه تیمارها شامل کنترل، PLM، 1% CFS، 2% CFS، PLM+1% CFS و PLM+2% CFS هستند. پیش‌بینی بر اساس مدل GPR با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و با در نظر گرفتن تقسیم تصادفی داده‌ها به دو گروه ۸۰٪ آموزشی و ۲۰٪ آزمایشی انجام شد. در پایان، برای ارزیابی دقت، به محاسبه معیارهای مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین درصد قدر مطلق خطا (MAPE) و ضریب تعیین (R^2) پرداخته شد (۱۹).

(۵)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}(y_{r_j} - y_{p_j})^2}{n}}$$

(۶)

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left|\frac{y_{r_j} - y_{p_j}}{y_{r_j}}\right| \times 100$$

(۷)

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{j=1}^{n}(y_{r_j} - \overline{y}_r)(y_{p_j} - \overline{y}_p)}{\sum_{j=1}^{n}(y_{r_j} - \overline{y}_r) \times \sum_{j=1}^{n}(y_{p_j} - \overline{y}_p)}\right]^2$$

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

y_r نمایانگر داده‌های آزمایشی به دست آمده در آزمایشگاه، نماد y_p نمایانگر داده‌های مدل پیش‌بینی شده برای پارامتر مورد نظر و n نشان‌دهنده‌ی تعداد مشاهدات (داده‌های اندازه‌گیری شده) است.

• یافته‌ها

قبل از تحلیل نتایج مدل پیش‌بینی، داده‌های پارامترهای فیزیکی-شیمیایی از تیمارهای مختلف استخراج و در جدول ۱، گزارش شد. در ادامه، به منظور ارزیابی اعتبار مدل GPR برای پیش‌بینی امتیاز پذیرش مصرف کنندگان، معیارهای خطای پیش‌بینی محاسبه و در جدول ۲، ارائه شد. معیارهای خطای پیش‌بینی RMSE و MAPE برای داده‌های آموزشی به‌ترتیب ۰/۰۴۶ و ۰/۵۸۱ است. از طرف دیگر، ضریب R^2 که عددی بین صفر (اعتبار پایین مدل) و یک (بیشترین اعتبار مدل) است، برای مدل پیش‌بینی داده‌های آموزشی ۰/۹۹۹ بوده که بسیار به یک نزدیک است. بنابراین با قطعیت می‌توان گفت که مدل پیش‌بینی GPR داده‌های آموزشی از دقت و اعتبار بالایی برخوردار است. برای داده‌های آزمایشی معیارهای RMSE، MAPE و R^2 مدل پیش‌بینی به‌ترتیب ۰/۵۳۵، ۸/۹۷۵ و ۰/۸۹۹ برآورد شده که علی‌رغم بیشترین بودن معیارهای خطای پیش-بینی و کمتر بودن معیار اعتبار مدل نسبت به داده‌های آموزشی، همچنان مدل از اعتبار و دقت مناسبی برای پیش‌بینی داده‌های آزمایشی برخوردار است. به طور کلّی، معیارهای دقت مدل پیش‌بینی برای کل داده‌ها نیز بیانگر دقت و اعتبار مدل GPR جهت پیش‌بینی امتیاز پذیرش مصرف کنندگان براساس پارامترهای فیزیکی-شیمیایی مورد استفاده است. در ادامه، نتایج شکل ۱ نشان داد که برای کل داده‌ها به‌ویژه داده‌های آموزشی، مقادیر پیش‌بینی به مقادیر واقعی بسیار نزدیک بوده و براساس روند نمودارها می‌توان دقت پیش‌بینی را بسیار بالا ارزیابی کرد.

جدول ۱. داده‌های پارامترهای مورد استفاده در مدل پیش‌بینی GPR

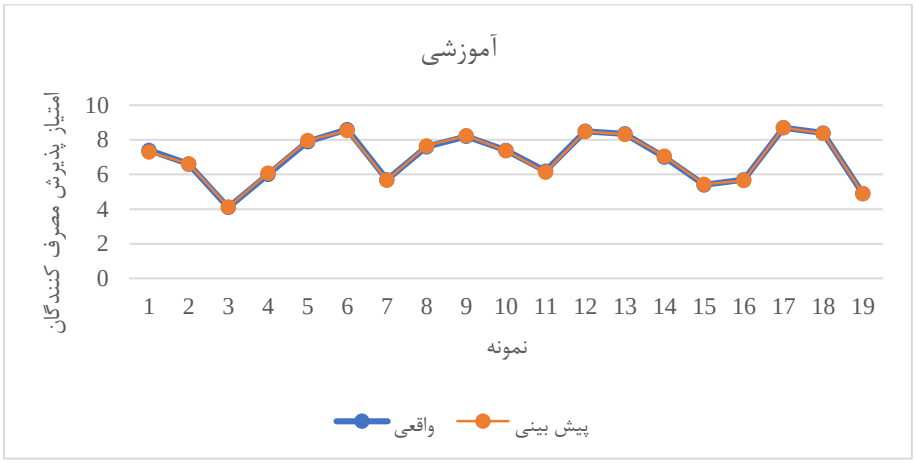
روز	تیمار	رطوبت (X1)	pH (X2)	TVC (X3)	PTC (X4)	PV (X5)	TBA (X6)	سختی (X7)	پذیرش
۱	کنترل	۶۷/۳۰	۵/۸۸	۳/۸۸	۲/۵۵	۱/۱۰	۰/۱۵	۶۷/۱۰	۸/۵۰
۳	کنترل	۶۶/۱۰	۵/۹۲	۶/۶۹	۴/۰۲	۴/۳۲	۰/۴۹	۶۶/۰۰	۶/۶۰
۶	کنترل	۶۴/۲۰	۶/۱۳	۸/۷۱	۵/۶۱	۷/۶۲	۰/۹۳	۶۲/۷۸	۴/۱۰
۹	کنترل	۶۱/۳۰	۶/۲۶	۱۲/۳۳	۷/۰۶	۹/۶۰	۱/۱۷	۵۹/۰۰	۳/۲۰
۱	PLM	۶۸/۶۷	۵/۸۰	۳/۳۵	۲/۴۴	۱/۰۸	۰/۱۴	۶۷/۹۰	۸/۴۰
۳	PLM	۶۸/۰۰	۵/۸۳	۵/۱۰	۳/۸۵	۴/۰۰	۰/۴۶	۶۶/۹۵	۷/۲۰
۶	PLM	۶۶/۷۶	۵/۹۹	۸/۰۳	۵/۰۰	۶/۸۲	۰/۷۶	۶۴/۲۰	۵/۷۰
۹	PLM	۶۴/۵۰	۶/۰۳	۹/۹۰	۶/۱۰	۷/۵۳	۱/۰۴	۶۱/۶۰	۴/۹۰
۱	1%CFS	۶۹/۱۰	۵/۷۰	۳/۱۳	۲/۲۴	۱/۰۵	۰/۱۲	۶۸/۲۰	۸/۲۰
۳	1%CFS	۶۸/۷۸	۵/۷۲	۳/۶۸	۳/۱۳	۲/۶۹	۰/۲۲	۶۷/۵۰	۷/۴۰
۶	1%CFS	۶۷/۰۰	۵/۷۶	۶/۸۹	۴/۶۶	۴/۶۷	۰/۴۴	۶۵/۶۰	۶/۲۰
۹	1%CFS	۶۵/۹۲	۵/۸۸	۸/۶۰	۵/۴۰	۶/۲۰	۰/۷۸	۶۳/۱۰	۵/۴۰
۱	2%CFS	۶۹/۳۰	۵/۶۹	۳/۰۳	۲/۲۱	۱/۰۰	۰/۱۰	۶۸/۵۰	۸/۳۵
۳	2%CFS	۶۹	۵/۷۱	۴/۳۳	۳/۰۳	۲/۱۰	۰/۲۱	۶۷/۹۰	۷/۶۰
۶	2%CFS	۶۸/۲۳	۵/۷۳	۶/۷۰	۴/۱۳	۳/۶۷	۰/۳۴	۶۶/۰۰	۶/۶۰
۹	2%CFS	۶۶/۹۵	۵/۸۳	۸/۲۹	۵/۱۰	۵/۶۹	۰/۷۰	۶۴/۲۰	۵/۷۰
۱	PLM+1%CFS	۷۰/۰۰	۵/۶۶	۲/۹۰	۲/۱۰	۰/۹۰	۰/۰۸	۶۹/۱۰	۸/۶۰
۳	PLM+1%CFS	۶۹/۳۶	۵/۷۰	۴/۰۸	۲/۴۱	۱/۷۳	۰/۱۳	۶۸/۶۰	۷/۹۰
۶	PLM+1%CFS	۶۸/۹۰	۵/۷۲	۶/۱۹	۳/۷۸	۳/۲۰	۰/۲۶	۶۷/۹۰	۷/۰۰
۹	PLM+1%CFS	۶۷/۹۵	۵/۷۶	۷/۶۶	۴/۷۶	۴/۸۸	۰/۴۳	۶۷/۰۰	۶/۰۰
۱	PLM+2%CFS	۷۰/۳۰	۵/۶۳	۲/۷۷	۲/۰۰	۰/۸۵	۰/۰۸	۶۹/۵۰	۸/۷۰
۳	PLM+2%CFS	۷۰/۱۰	۵/۶۸	۳/۸۹	۲/۳۳	۱/۵۰	۰/۱۲	۶۸/۸۰	۸/۲۰
۶	PLM+2%CFS	۶۹/۶۰	۵/۷۰	۵/۹۵	۳/۴۳	۳/۰۰	۰/۲۳	۶۸/۰۰	۷/۴۰
۹	PLM+2%CFS	۶۸/۹۰	۵/۷۳	۶/۹۹	۴/۳۵	۴/۶۸	۰/۳۸	۶۷/۵۰	۶/۵۰

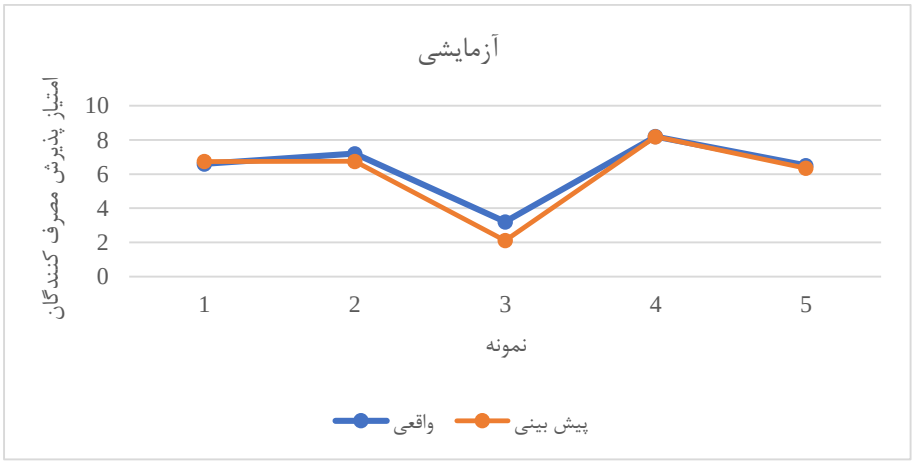
جدول ۲. نتایج معیارهای دقت پیش‌بینی مدل GPR

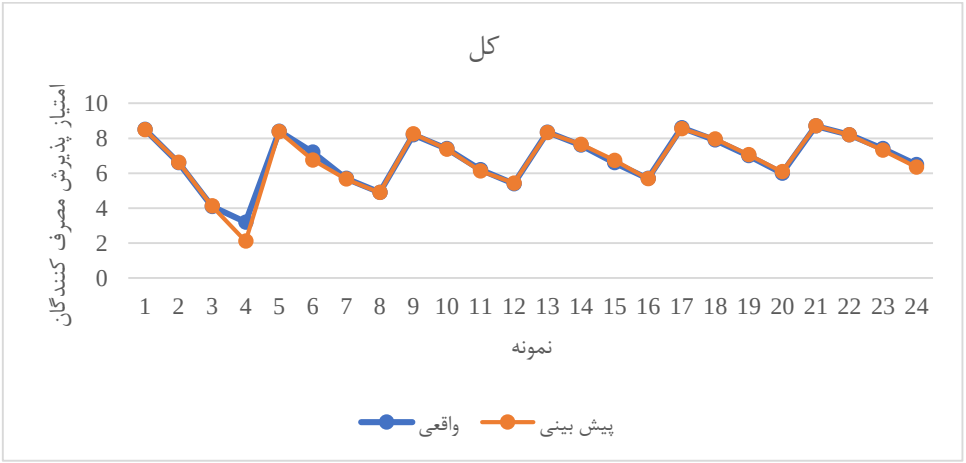
	آموزشی	آزمایشی	کل
N	۱۹	۵	۲۴
RMSE	۰/۰۴۶	۰/۵۳۵	۰/۲۴۸
MAPE (%)	۰/۵۸۱	۸/۹۷۵	۲/۳۳۰
R^2	۰/۹۹۹	۰/۸۹۹	۰/۹۷۱

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]





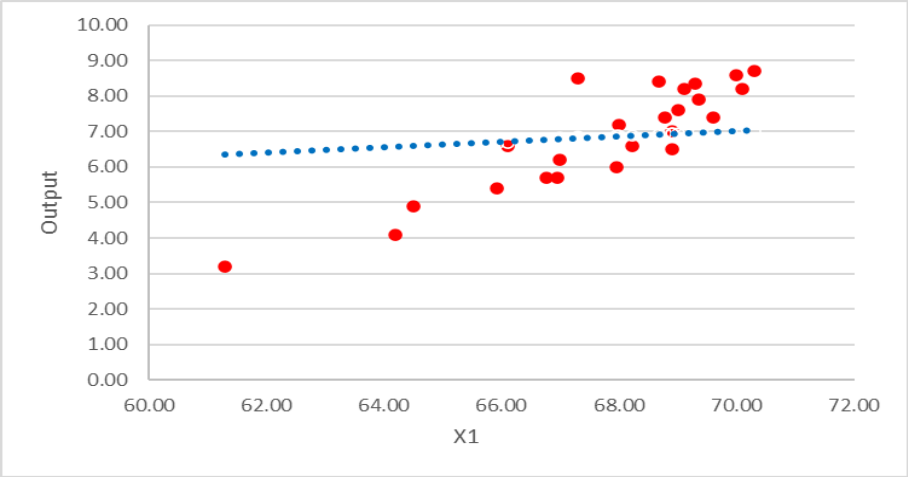


شکل ۱. مقایسه مقادیر پیش‌بینی و واقعی امتیاز پذیرش مصرف‌کنندگان برای داده‌های آموزشی، آزمایشی و کل

پس از ارزیابی قدرت پیش‌بینی مدل GPR، به تحلیل حساسیت پارامترهای ورودی مدل پرداخته شد. برای این منظور پیش‌بینی امتیاز پذیرش مصرف‌کنندگان به تفکیک هریک از پارامترهای ورودی انجام و به مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی پرداخته شد (شکل‌های ۲ تا ۸). نتایج شکل‌های ۲ تا ۸ نشان داد که برای پارامتر ورودی X5 (PV) مقادیر واقعی و پیش‌بینی امتیاز پذیرش مصرف‌کنندگان به هم نزدیک بوده و از یک روند تقریباً یکسان پیروی می‌کنند. بنابراین می‌توان دریافت که اثر پارامتر مقدار پر اکسید (PV) معنی‌دار و این پارامتر مهم‌ترین پارامتر اثرگذار بر پذیرش مصرف‌کنندگان گوشت بره پوشش داده شده است. لازم به توضیح است که اثر پارامتر مقدار پر اکسید بر امتیاز پذیرش مصرف‌کنندگان به‌دلیل شیب منفی ارتباط بین داده‌های واقعی (یا پیش‌بینی) با مقدار این پارامتر، معکوس است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش مقدار پراکسید منجر به کاهش پذیرش مصرف کنندگان گوشت بره

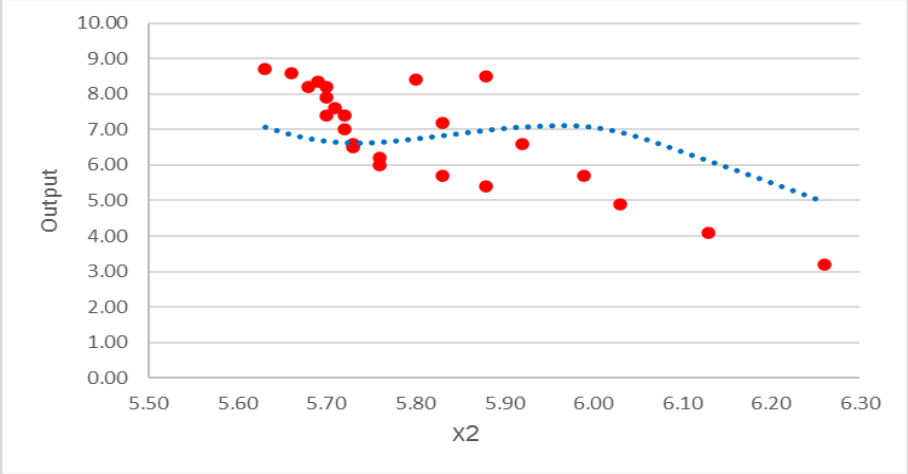
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

پوشش داده شده خواهد شد. پس از این پارامتر، مقادیر پیش-بینی براساس پارامتر X4 (PTC) و پارامتر X1 (درصد رطوبت)، توانسته‌اند که به‌طور معنی‌داری روند داده‌های واقعی را نشان دهند. براین اساس، رابطه معکوس بین پارامترهای تعداد باکتری‌های سرمازدگی و پذیرش مصرف‌کنندگان و رابطه مستقیم بین درصد رطوبت و پذیرش مصرف‌کنندگان به اثبات می‌رسد. اما اثر این پارامترها بر پذیرش مصرف‌کنندگان به اندازه اثر پارامتر مقدار پراکسید نمی‌باشد. این در حالی است که پارامترهای X3 (TVC)، X6 (TBA) و X7 (درصد سختی) نمی‌توانند به خوبی پذیرش مصرف‌کنندگان را توضیح دهند و رابطه معنی‌داری بین مقدار پیش‌بینی توسط این پارامترها و مقادیر واقعی داده‌ها وجود ندارد.



pv=6.167***+0.099***.dv

شکل ۲. تحلیل حساسیت پارامتر درصد رطوبت (X1) در مدل پیش‌بینی GPR

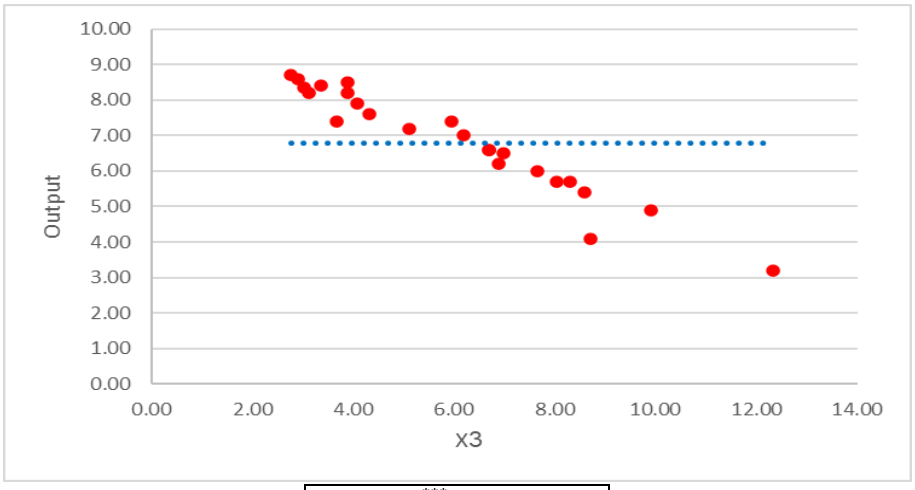


pv=5.530***+0.001.dv

شکل ۳. تحلیل حساسیت پارامتر pH (X2) در مدل پیش‌بینی GPR

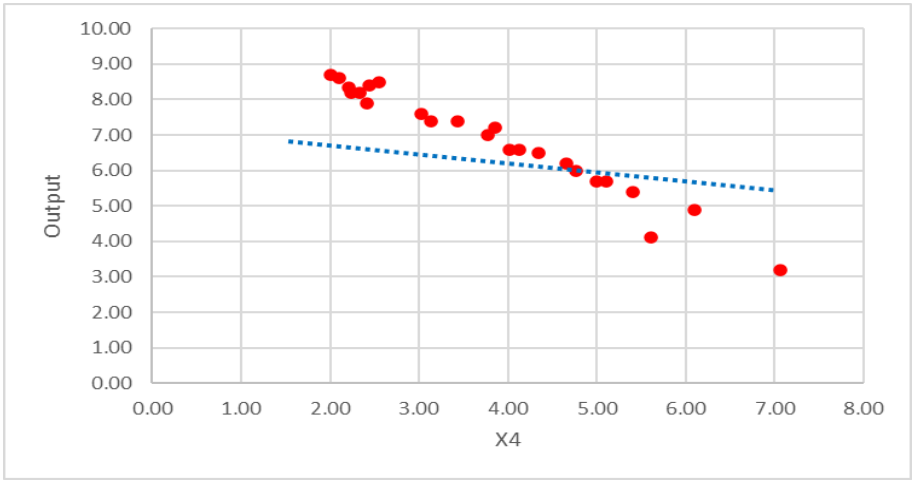
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]



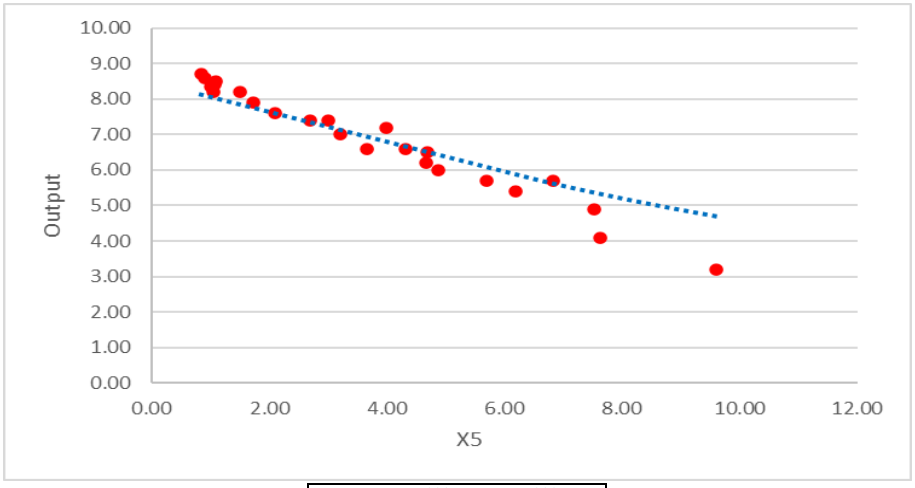
$pv=6.800^{***}$ -5.74E-17.dv

شکل ۴. تحلیل حساسیت پارامتر TVC (X3) در مدل پیش‌بینی GPR



$pv=4.967^{***}$ $+0.234^{***}$.dv

شکل ۵. تحلیل حساسیت پارامتر PTC (X4) در مدل پیش‌بینی GPR

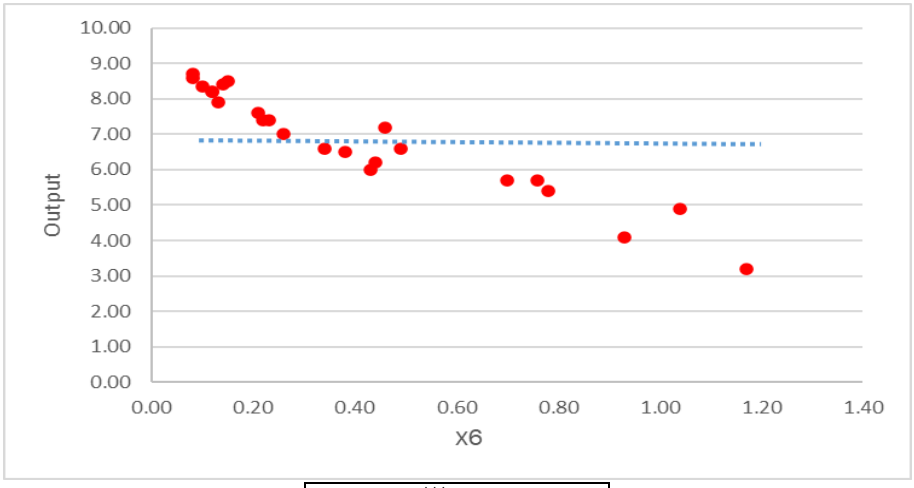


$pv=2.567^{***}$ $+0.624^{***}$.dv

شکل ۶. تحلیل حساسیت پارامتر PV (X5) در مدل پیش‌بینی GPR

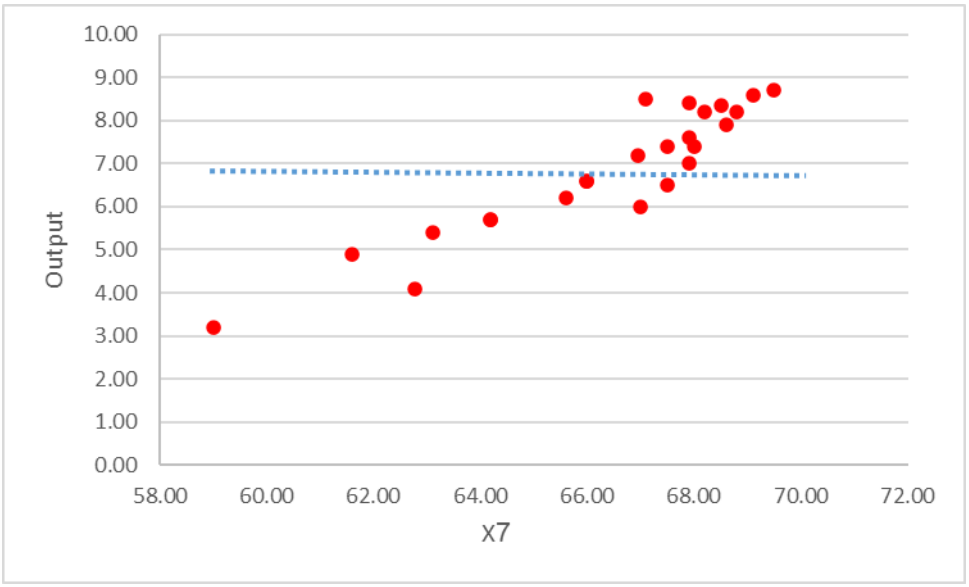
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]



pv=6.830*** -5.74E-17.dv

شکل ۷. تحلیل حساسیت پارامتر TBA (X6) در مدل پیش‌بینی GPR



pv=6.850*** +7.90E-17.dv

شکل ۸. تحلیل حساسیت پارامتر درصد سختی (X7) در مدل پیش‌بینی GPR

• بحث

استفاده از موسیلاژ *Plantago lanceolata* غنی شده با پروبیوتیک *Lacticaseibacillus rhamnosus* CWKu-12 به‌دلیل خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی می‌تواند حفظ کیفیت و ایمنی گوشت بره را به دنبال داشته باشد (۲۷). با این حال، مسئله پذیرش این نوع محصولات توسط مصرف کنندگان همواره دارای ابهام و سوال بوده است. تأثیر بسیار مثبت پوشش‌های خوراکی بر کیفیت غذا، ایمنی غذا و محیط زیست بسیار مرتبط به ادراک مصرف‌کننده در زمینه پذیرش این محصولات و تمایل به خوردن این محصولات توسط مصرف‌کنندگان است (۲۸). به طور مثال Sevi و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که مردم اندونزی علاقه‌مند به استفاده از پودر فلفل بسته‌بندی شده با مواد خوراکی بوده و حاضر و مشتاق هستند که بسته‌بندی‌های خوراکی را همراه با محصولات غذایی خود بخورند (۲۹). با این حال، پوشش خوراکی مواد غذایی هنوز به طور گسترده توسط مردم بویژه در کشورهای در حال توسعه مورد پذیرش مصرف‌کنندگان واقع نمی‌شود (۳۰). از این‌رو، حل این مسئله نیازمند ارائه یک رویکرد بازاریابی موثر و یا شناخت عوامل فیزیکی-شیمیایی اثرگذار بر بازارپسندی این محصولات است (۳۱). بنابراین، برای ارتقای موفقیت مواد غذایی با پوشش‌های خوراکی که حاوی پرو، پری و سین بیوتیک هستند، نیاز به انجام تحقیقات عمیق‌تری در مورد رفتار مصرف‌کننده و یا عوامل موثر بر پذیرش این محصولات توسط مصرف‌کنندگان است (۳۲).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

مرور ادبیات موضوع نشان می‌دهد که امروزه از مدل‌سازی ریاضی به طور گسترده برای پیش‌بینی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و حسی مواد غذایی مختلف تحت تأثیر فرآیندهای تولید (۳۳)، نگهداری و حفظ (۳۵، ۳۴)، بسته‌بندی (۳۶)، خشک‌کردن (۳۸، ۳۷) و پوشش‌های خوراکی (۱۹) استفاده شده است تا هزینه‌های آزمایشگاهی کاهش یابد و از اتلاف زمان جلوگیری شود. در این میان، روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی توانایی مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی و بسیار انعطاف‌پذیر را دارند، اما برای دستیابی به نتایج دقیق به حجم زیادی از داده‌ها نیاز دارند (۳۹). بنابراین، برای پیش‌بینی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی با استفاده از این روش‌ها، زمان و هزینه بیشتری برای استخراج حجم زیادی از داده‌ها مورد نیاز است. برای غلبه بر این مشکل، استفاده از نوع خاصی از این مدل‌ها به نام مدل‌های GPR توصیه می‌شود که می‌توانند با گروه‌های کوچک داده نتایج دقیقی را پیش‌بینی کنند (۲۲).

براساس یافته‌های مطالعه حاضر مشخص شد که مدل GPR، قابلیت پیش‌بینی بالایی جهت پذیرش گوشت بره پوشش داده شده توسط مصرف کنندگان دارد. دقت بالای پیش‌بینی این مدل در سایر مطالعات مربوط به محصولات صنایع غذایی نیز به اثبات رسیده است (۱۹، ۲۰، ۴۰). به طور مثال در مطالعه زیبایی راد و همکاران (۲۰۲۳)، از مدل‌های شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) و رگرسیون فرآیند گاوسی (GPR) با روش اعتبارسنجی متقاطع k-fold برای پیش‌بینی نرخ بقای پروبیوتیکی بر اساس سه سطح pH و زمان استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل GPR کمترین خطا را دارد. بنابراین، مدل GPRمی‌تواند به‌عنوان یک روش مفید و قابل اعتماد برای پیش‌بینی بقای پروبیوتیکی در موارد مختلف استفاده شود (۱۲). علیزاده بهبهانی و همکاران (۲۰۲۴) سویه *Lacticaseibacillus paracasei* B31-2 از ماست محلی جداسازی و خواص پروبیوتیکی آن به اثبات رسید. در مطالعه آن‌ها مشخص شد که مدل GPR با دقت بسیار بالایی می‌تواند زنده ماندن پروبیوتیک در این سویه را پیش‌بینی کند (۲۰). رحمتی جنیدآباد و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی پتانسیل پروبیوتیک، ضد میکروبی، ضد بیوفیلم و خواص ایمنی سویه *Levilactobacillus brevis* Lb13H پرداختند. آن‌ها با استفاده از مدل GPR پارامتر pH در این سویه را پیش‌بینی کردند و نتیجه گرفتند که این مدل از دقت پیش‌بینی بسیار بالایی برخوردار است (۴۰). برزگر و همکاران (۲۰۲۴) دریافتند که می‌توان با مدل GPR پارامترهای ماندگاری گوشت بره پوشش داده شده با موسیلاژ بذر بالنگوی شیرازی حاوی مایع رویی بدون سلول *Levilactobacillus brevis* G145 (CFS) را با دقت بالایی پیش‌بینی کرد (۱۹). فرادنبه و همکاران (۲۰۲۴) به پیش‌بینی پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و حسی گوشت شترمرغ پوشش داده شده با یک پوشش خوراکی نوآورانه با استفاده از موسیلاژ دانه ریحان (OBSM) حاوی عصاره Hypericum perforatum (HPE)پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مدل GPR در مقایسه با مدل MLP از دقت بالاتری جهت پیش‌بینی داده‌های آزمایشگاهی برخوردار است (۴۱).

یکی از بینش‌های کلیدی این پژوهش، شناسایی تأثیرگذارترین پارامترها بر پذیرش مصرف‌کننده است. نتایج نشان داد که پارامترهایی مانند مقدار پر اکسید (PV)، تعداد باکتری‌های سرمازدگی (PTC) و درصد رطوبت تاثیرات قابل توجهی بر پذیرش مصرف گنندگان گوشت بره پوشش داده شده دارند. تأثیرگذاری خواص فیزیکی-شیمیایی محصولات پوشش داده شده بر انواع پارامترهای حسی بویژه امتیاز پذیرش مصرف کنندگان در مطالعات مختلفی به اثبات رسیده است (۴۲، ۱۹). تأثیر معکوس مقدار پر اکسید و تعداد باکتری‌های سرمازدگی و تأثیر تا حدی مثبت درصد رطوبت بر پذیرش مصرف کنندگان از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر است. این یافته از طریق تحلیل حساسیت مدل پیش‌بینی و به صورت کاملاً علمی و مدل‌سازی حاصل شد که تاکنون در مطالعات گذشته چنین تحلیلی صورت نگرفته است. با این حال، همبستگی مقدار پراکسید با طعم و بوی محصولات غذایی در مطالعات مختلفی به اثبات رسیده است (۴۳).

این مطالعه همچنین بر اهمیت مدل‌سازی در پذیرش فناوری‌های غذایی جهت کاهش هزینه‌های آزمایشگاهی و میدانی تأکید می کند. برنامه‌ریزان و تولیدکنندگان محصولات فناورانه می‌توانند از طریق نتایج مدل‌سازی پیش‌بینی انواع پارامترهای حسی، هزینه‌های بازاریابی خود را کاهش و با شناسایی و تغییر عوامل اثرگذار، تمایل مصرف کنندگان برای خرید این محصولات را افزایش دهند (۴۴).

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر گوشت بره حاوی پوشش خوراکی موسیلاژ *Plantago lanceolata* غنی شده با پروبیوتیک *Lacticaseibacillus rhamnosus* CWKu-12 در تیمارهای مختلف آماده‌سازی و با استفاده از مدل پیش‌بینی GPR به پیش‌بینی امتیاز پذیرش مصرف کنندگان این محصول پرداخته شد. مطابق با یافته‌ها مشخص شد که استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مانند GPR در فرآیند تحقیق و توسعه محصولات جدید می‌تواند به کاهش هزینه‌های آزمایشگاهی و میدانی کمک کند و بهبود کیفیت محصولات را منجر شود. همچنین،

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

با توجه به تأثیرات منفی مقدار پراکسید و تعداد باکتری‌های سرمازدگی و تأثیرات مثبت درصد رطوبت بر پذیرش مصرف-کنندگان، پیشنهاد می‌شود که فرمولاسیون این مواد به گونه‌ای بهینه‌سازی شود که این پارامترها در محدوده مطلوب قرار گیرند. نتایج مطالعه حاضر می‌تواند راهنمای خوبی برای برنامه-ریزان و تولیدکنندگان جهت شناسایی و تغییر عوامل اثرگذار بر پذیرش مصرف کنندگان و به دنبال آن گسترش بازار محصولات فناورانه باشد. از این‌رو، انجام پژوهش‌های بیشتر برای بررسی تأثیرات سایر پارامترهای فیزیکی-شیمیایی این محصولات و همچنین تحلیل ادراک مصرف کنندگان می‌تواند امنیت و ایمنی غذایی را تضمین کند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت حمایت مالی طرح پژوهشی به‌شماره ۱۴۰۲/۴۵ که این مقاله مستخرج از آن می-باشد، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

• References

1. Mauricio R. A., Campos J. A. D. B., Nassu R. T. Meat with edible coating: Acceptance, purchase intention and neophobia. *Food Research International*. 2022$_a$; 154. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111002
2. Hesarinejad M. A., Sami Jokandan M., Mohammadifar M. A., Koocheki A., Razavi S. M. A., Ale M. T., et al. The effects of concentration and heating-cooling rate on rheological properties of Plantago lanceolata seed mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018; 115: 1260-1266.
3. Hesarinejad M. A., Shekarforoush E., Rezayian Attar F., Ghaderi S. The dependency of rheological properties of Plantago lanceolata seed mucilage as a novel source of hydrocolloid on mono- and di-valent salts. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020; 147: 1278-1284.
4. Barzegar H., Alizadeh Behbahani B., Mehrnia M. A. Quality retention and shelf- life extension of fresh beef using Lepidium sativum seed mucilage-based edible coating containing Heracleum lasiopetalum essential oil: an experimental and modeling study. *Food Science and Biotechnology*. 2020; 29(5): 717-728.
5. Barzegar H., Alizadeh Behbahani B., Mirzaei A., Ghodsi Sheikhjan M. Assessing the protection mechanisms against Enterobacter aerogenes by analyzing aggregation, adherence, antagonistic activity, and safety properties of potentially probiotic strain Lactobacillus brevis G145. *Microbial Pathogenesis*. 2023$_a$; 181. 106175. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106175.
6. Barzegar H., Alizadeh Behbahani B., Mirzaei A., Ghodsi Sheikhjan M. Evaluation of the physicochemical and microbial properties of lamb meat coated with Shirazi balangu seed mucilage-based edible coating containing cell-free supernatant of Levilactobacillus brevis G145. *Food Chemistry Advances*. 2023$_b$; 3. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100456.
7. Vasiee A., Mortazavi S. A., Sankian M., Yazdi F. T., Mahmoudi M., Shahidi F. Antagonistic activity of recombinant Lactococcus lactis NZ1330 on the adhesion properties of Escherichia coli causing urinary tract infection. *Microbial Pathogenesis*. 2019; 133: 103547.
8. Vasiee A., Falah F., Behbahani B. A., Tabatabaee-Yazdi F. Probiotic characterization of Pediococcus strains isolated from Iranian cereal-dairy fermented product: Interaction with pathogenic bacteria and the enteric cell line Caco-2. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2020; 130(5): 471-479.
9. Falah F., Vasiee A., Alizadeh Behbahani B., Tabatabaee Yazdi F., Mortazavi S. A. Optimization of gamma-aminobutyric acid production by Lactobacillus brevis PML1 in dairy sludge-based culture medium through response surface methodology. *Food Science & Nutrition*. 2021$_a$; 9(6): 3317-3326.
10. Falah F., Zareie Z., Vasiee A., Tabatabaee Yazdi F., Mortazavi S. A., Alizadeh Behbahani B. Production of synbiotic ice-creams with Lactobacillus brevis PML1 and inulin: functional characteristics, probiotic viability, and sensory properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021$_b$; 15(6): 5537-5546.
11. Vasiee A., Falah F., Mortazavi S. A. Evaluation of probiotic potential of autochthonous lactobacilli strains isolated from Zabuli yellow kashk, an Iranian dairy product. *Journal of Applied Microbiology*. 2022; 133(5): 3201-3214.
12. Zibaei-Rad A., Rahmati-Joneidabad M., Alizadeh Behbahani B., Taki, M. Assessing the protection mechanisms on Enterobacter aerogenes ATCC 13048 by potentially probiotic strain Lacticaseibacillus casei XN18: An experimental and modeling study. *Microbial Pathogenesis*. 2023; 181, 106177.
13. Alizadeh Behbahani B., Barzegar H., Mehrnia M. A., Ghodsi M. Probiotic Characterization of Limosilactobacillus fermentum Isolated from Local Yogurt: Interaction with Pathogenic Bacteria and Caco-2 Enteric Cell Line. *Nutrition and Food Sciences Research*. 2023; 10(1): 37-45.
14. Rolland N. C., Markus C. R., Post M. J. The effect of information content on acceptance of cultured meat in a tasting context. *PLoS One*. 2020; 15(4): e0231176.
15. Wan V. C. H., Lee C. M., LEE S. Y. Understanding consumer attitudes on edible films and coatings: Focus group findings. *Journal of Sensory Studies*. 2007; 22(3): 353-366.
16. Ortega D. L., Wang H. H., Wu L., Olynk N. J. Modeling heterogeneity in consumer preferences for select food safety attributes in China. *Food policy*. 2011; 36(2): 318-324.
17. Tait P., Saunders C., Guenther M., Rutherford P. Emerging versus developed economy consumer willingness to pay for environmentally sustainable food production: A choice experiment approach comparing Indian, Chinese and United Kingdom lamb consumers. *Journal of Cleaner Production*. 2016; 124: 65-72.
18. Bucher T., Malcolm J., Mukhopadhyay S. P., Vuong Q., Beckett E. Consumer acceptance of edible coatings on

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

apples: The role of food technology neophobia and information about purpose. *Food Quality and Preference*. 2023; 112: 105024.

19. Barzegar H., Alizadeh Behbahani B., Mirzaei A., Ghodsi Sheikhjan M. Prediction of physicochemical and sensory parameters of coated lamb meat based on a novel edible coating. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2024; *18*(3): 1664-1678.
20. Behbahani B. A., Jooyandeh H., Taki M., Falah F. Evaluation of the probiotic, anti-bacterial, anti-biofilm, and safety properties of Lacticaseibacillus paracasei B31-2. *LWT*. 2024$_a$; 207: 116676.
21. Behbahani B. A., Noshad M., Vasiee A. The effect of Plantago major seed mucilage fortified with cell-free supernatant (CFS) of probiotic Lactococcus lactis NJ414 on extending shelf life and ensuring the safety of lamb meat slices stored at 4° C. *LWT*. 2024$_b$; 210: 116868.
22. Rohani A., Taki M., Abdollahpour M. A novel soft computing model (Gaussian process regression with K-fold cross validation) for daily and monthly solar radiation forecasting (Part: I). *Renewable Energy*. 2018; 115: 411-422.
23. Alizadeh Behbahani B., Noshad M., Jooyandeh H. Improving oxidative and microbial stability of beef using Shahri Balangu seed mucilage loaded with Cumin essential oil as a bioactive edible coating. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020; 24: 101563.
24. AOAC editors. (2000). Official methods of analysis. 17th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
25. Alizadeh Behbahani B., Imani Fooladi A. A. Shirazi balangu (Lallemantia royleana) seed mucilage: Chemical composition, molecular weight, biological activity and its evaluation as edible coating on beefs. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018; 114: 882-889.
26. Taki M., Rohani A. Machine learning models for prediction the Higher Heating Value (HHV) of Municipal Solid Waste (MSW) for waste-to-energy evaluation. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2022; 31: 101823.
27. Echresh S., Behbahani B. A., Falah F., Noshad M., Ibrahim S. A. Assessment of the probiotic, anti-bacterial, and anti-biofilm characteristics of Lacticaseibacillus rhamnosus CWKu-12, along with its potential impact on the expression of virulence genes in Listeria monocytogenes ATCC 19115. *LWT*. 2024; 203: 116391.
28. Aldred Cheek K., Wansink B. Making it part of the package: Edible packaging is more acceptable to young consumers when it is integrated with food. *Journal of food products marketing*. 2017; 23(6): 723-732.
29. Sevi T., Jati I. R. A., Tristanto N. A., Ristiarini S. Consumer perceptions of edible packaging made of gelatin as chili powder packaging. *Consumer perceptions of edible packaging made of gelatin as chili powder packaging*. 2021; 344(E3S): 1-10.
30. Siddiqui S. A., Khan S., Mehdizadeh M., Nirmal N. P., Khanashyam A. C., Fernando I., et al. Consumer studies focus on prebiotics, probiotics, and synbiotics in food packaging: A review. *Current Food Science and Technology Reports*. 2023; 1(1): 13-29.
31. Mauricio R. A., Deliza R., Nassu R. T. Consumers' attitudes toward the use of an edible coating for lamb meat according to label information. *Foods*. 2022$_b$; 11(3): 323.
32. Yang S. H., Nugraha W. S. What makes consumers purchase fresh eggs in supermarkets: The effect of unrealistic choice set matters. *Animals*. 2021; 11(12): 3542.
33. Mumali F. Artificial neural network-based decision support systems in manufacturing processes: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*. 2022; 165: 107964.
34. Mohammed M., Munir M., Aljabr A. Prediction of date fruit quality attributes during cold storage based on their electrical properties using artificial neural networks models. *Foods*. 2022; 11(11): 1666.
35. Rafiei Nazari R, Arabameri M, Nouri L. Modeling and Predicting the Oxidative Stability of Olive Oil during the Storage Time at Ambient Conditions Using Artificial Neural Network. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2015; 10 (1) :71-80.
36. Kumar A., Srivastav P. P., Pravitha M., Hasan M., Mangaraj S., Prithviraj V., Verma D. K. Comparative study on the optimization and characterization of soybean aqueous extract based composite film using response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN). *Food Packaging and Shelf Life*. 2022; 31: 100778.
37. Meerasri J., Sothornvit R. Artificial neural networks (ANNs) and multiple linear regression (MLR) for prediction of moisture content for coated pineapple cubes. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2022; 33: 101942.
38. Ganjeh M, Jafari M, Ghanbari F, Dezyani M, Ezzati R, Soleimani M. Modeling the drying kinetics of onion in a fluidized bed drier equipped with a moisture controller using regression, fuzzy logic and artificial neural networks methods. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2013; 7 (5): 399-407.
39. Nam K., Schaefer, T. Forecasting international airline passenger traffic using neural networks. *The Logistics and Transportation Review*. 1995; 31 (3): 239-252.
40. Rahmati-Joneidabad M., Behbahani B. A., Taki M., Hesarinejad M. A., Toker O. S. Evaluation of the probiotic, anti-microbial, anti-biofilm, and safety properties of Levilactobacillus brevis Lb13H. *LWT*. 2024; 207: 116636.
41. Faradonbeh M. Z., Barzegar H., Hojjati M., Behbahani B. A., Taki M. Active packaging coating based on Ocimum basilicum seed mucilage and Hypericum perforatum extract: Preparation, characterization, application and modeling the preservation of ostrich meat. *Applied Food Research*. 2024; 4(2): 100524.
42. Zibaei-Rad A., Rahmati-Joneidabad M., Alizadeh Behbahani B., Taki M. Probiotic-loaded seed mucilage-based edible coatings for fresh pistachio fruit preservation: an experimental and modeling study. *Scientific Reports*. 2024; 14(1): 509.
43. Gotoh N., Wada S. The importance of peroxide value in assessing food quality and food safety. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2006; 83: 473–474. https://doi.org/10.1007/s11746-006-1229-4
44. Majdi F., Alizadeh Behbahani B., Barzegar H., Mehrnia M. A., Taki M. Active packaging coating based on Lepidium sativum seed mucilage and propolis extract: Preparation, characterization, application and modeling the preservation of buffalo meat. *Plos one*. 2024; 19(10): e0311802.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]

Evaluation of Consumer Acceptance of Lamb Meat Coated With *Plantago lanceolata* Mucilage Containing the Probiotic Bacterium *Lacticaseibacillus rhamnosus* CWKu-12: An Experimental and Modeling Study

*Mirzaei A[*1], Abdoshahi A[2], Alizadeh Behbahani B[3], Falah F[4]*

*1-*Corresponding author Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. Email: amirzaei@asnrukh.ac.ir*

2-Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

3-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

4-PhD, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received 17 Jan, 2025 **Accepted 26 Feb, 2025**

Background and Objectives: Modeling consumer acceptance of products with edible coatings having antimicrobial and antioxidant properties is crucial for marketing and commercializing these products in the food industry. This study was conducted to evaluate and predict consumer acceptance of lamb meat coated with edible materials having antimicrobial and antioxidant properties.

Materials and Methods: To achieve the objective of the present study, an edible bioactive coating of *Plantago lanceolata* mucilage enriched with cell-free supernatant of probiotic *Lacticaseibacillus rhamnosus* CWKu-12 was prepared and used to coat lamb meat. Then, microbial population parameters (including TVC, PTC), pH, moisture, hardness, and oxidation status (including PV, TBA) were measured and the consumer acceptance score parameter was predicted using the Gaussian Process Regression (GPR) model.

Results: The results showed that the prediction accuracy of the GPR model based on RMSE, MAPE, and R2 criteria was 0.248, 2.330, and 0.971, respectively, indicating the high power of this model in predicting consumer acceptance of coated lamb meat. Additionally, the sensitivity analysis results showed that PV, PTC, and moisture percentage parameters had the most significant effect on the consumer acceptance score.

Conclusion: According to the findings, with the values of the input parameters, the proposed GPR model can be used to evaluate consumer acceptance of lamb meat with different edible coatings, taking a significant step towards the commercialization of these products.

Keywords: Consumer acceptance, *Plantago lanceolata*, Probiotic, Gaussian Process Model, Antioxidant properties

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/nsft.20.2.69]