

مقاله پژوهشی

بررسی اثر لایه پوششی و پرتو دهی مادون قرمز بر برخی خواص شیمیایی تخم‌مرغ با استفاده از روش سطح پاسخ

محمد جواد محمودی^۱، محسن آزادبخت^{۲*}، علی اصغری^۳ و بهروز دستار^۴

چکیده

امروزه تخم‌مرغ یکی از راه‌های تأمین مواد مغذی برای انسان است و از این رو حفظ کیفیت داخلی و خارجی تخم‌مرغ از اهمیت بالایی برخوردار بوده و سبب افزایش عمر اقتصادی محصول می‌شود. همین امر سبب می‌گردد به شناخت و درک عوامل موثر بر کیفیت تخم‌مرغ پرداخته شود و یکی از این راه‌ها جهت افزایش بهره‌وری و حفظ کیفیت، استفاده از روش پرتو دهی با تابش‌های مختلف است که در این تحقیق از تابش مادون قرمز استفاده شد. ابتدا نمونه‌های تخم‌مرغ تحت پرتو مادون قرمز قرار داده شدند. سطوح فاکتورهای عددی شامل تعداد ال‌ای‌دی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و زمان پرتو دهی ۱، ۲ و ۳ ساعت بود. فاکتور آغشتگی پوسته به روغن آفتابگردان شامل دو سطح آغشته شده و آغشته نشده بود. در ادامه محتویات داخلی تخم‌مرغ‌ها به صورت همگن مخلوط و مقدار pH آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت به منظور بررسی مقدار درصد پروتئین، چربی خام و خاکستر کل، نمونه‌ها در آون خشک شده و خواص شیمیایی مورد نظر اندازه‌گیری شدند. طبق نتایج به دست آمده، تنها اثر فاکتور آغشتگی به روغن آفتابگردان بر مقدار درصد پروتئین خام، معنی‌دار شده و با آغشتگی پوسته تخم‌مرغ، مقدار پروتئین کاهش یافت. بیش‌ترین و کمترین مقدار پروتئین در فاکتور آغشتگی به ترتیب ۲۳/۵۷ و ۴۲/۵۰، به ترتیب برای تخم‌مرغ‌های آغشته نشده و آغشته شده به روغن مشاهده شد. در بررسی چربی خام تخم‌مرغ، با افزایش سطح فاکتورهای مورد نظر، مقدار چربی خام افزوده گردید و همچنین وجود رابطه مستقیم بین افزایش سطح فاکتورها و میزان چربی خام نیز مشاهده شد. به‌طوری که بیشترین و کمترین مقدار چربی خام ۴۲/۵۰ (۲۰ لامپ و ۳ ساعت زمان پرتو دهی) و ۳۲/۰۲ (۲۰ لامپ و ۱ ساعت زمان پرتو دهی) درصد بود. همچنین در نهایت با افزایش سطح فاکتورها، وجود رابطه معکوسی بین سطوح و مقدار درصد خاکستر کل و مقدار pH نتیجه شد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تخم‌مرغ، روش سطح پاسخ، مادون قرمز.

ارجاع: محمودی م. ج. آزادبخت م. اصغری ع. و دستار ب. ۱۴۰۰. بررسی اثر لایه پوششی و پرتو دهی مادون قرمز بر برخی خواص شیمیایی تخم‌مرغ با استفاده از روش سطح پاسخ. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۰: ۷۵-۸۵.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۴- استاد گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

* نویسنده مسئول: azadbakht@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷

مقدمه

با توجه به استفاده از تخم مرغ به عنوان بسته غذایی کامل به صورت مستقیم و غیر مستقیم، حفظ کیفیت آن از اهمیت بالایی برخوردار است. مفهوم کیفیت تخم مرغ پیچیده است و شامل اندازه تخم مرغ، رنگ و کیفیت پوسته، شکل تخم مرغ و کیفیت داخلی آن می شود (Mahmoodi *et al.*, 2020). تخم مرغها از جمله مواد مغذی فراوان و بسیار سودمند برای سلامت انسان هستند. این ماده غذایی علاوه بر پروتئینها و چربیها شامل ویتامینهای مختلفی مانند تیامین، ریبوفلاوین، ویتامین A, B, D, E و مواد معدنی مانند Ca, P, K, Na, Mg, Fe, Zn است. با این حال، تخم مرغ در کنار شیر گاو، دارای اهمیت بسیار و مسبب حساسیت غذایی کودکان است (Gray *et al.*, 2015; Savage *et al.*, 2007) عنوان یک محصول پر اهمیت، در کشور ما از حجم تولید بسیار بالایی برخوردار است. اما متأسفانه به دلیل کمبود فضای مطلوب نگهداری و طی مسافت‌های معمولاً زیاد تا مراکز مصرف و نگهداری، همواره مقدار زیادی از خواص بیوشیمیایی آن کاهش می‌یابد. شناخت خواص انبارداری محصول و نحوه حفظ یا تغییر آن‌ها در جهت اهداف مورد نظر در فرآیندهای گوناگون می‌تواند در حفظ کمی و کیفی محصول نهایی و همچنین انتخاب شرایط بهینه تأثیر زیادی داشته باشد. همچنین استفاده از مواد پوششی نیز یکی از متداول‌ترین روش‌ها، برای افزایش عمر انبارداری محصولات بوده است (Jafarian *et al.*, 2011 2013). عوامل مختلفی بر کیفیت اولیه این بسته غذایی تأثیرگذار هستند که شامل ژنوتیپ، سن، اندازه بدن و نژاد مرغ مادر، ترکیبات غذایی و میزان مصرف آب، شرایط محیطی و وجود بیماری است (Şekeroğlu & Altuntaş, 2009). میان کیفیت داخلی تخم مرغ‌ها حتی در لحظه تخم‌گذاری نیز اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود دارد؛ به طوری که بلافاصله بعد از تخم‌گذاری، فرایند زوال (تغییرات شیمیایی و ویژگی‌های موثر بر کیفیت غذایی تخم مرغ) با تولید گاز CO₂ آغاز می‌شود. تولید گاز CO₂ سبب تغییر pH می‌گردد. در طی دوره انبارداری تخم مرغ، تغییرات شیمیایی و فیزیکی زیادی رخ می‌دهد که به طور عمده یکی از مشهودترین تغییرات، افزایش مساحت کیسه هوایی به دلیل از دست دادن آب و CO₂ از طریق پوسته و هم چنین تغییرات مربوط به

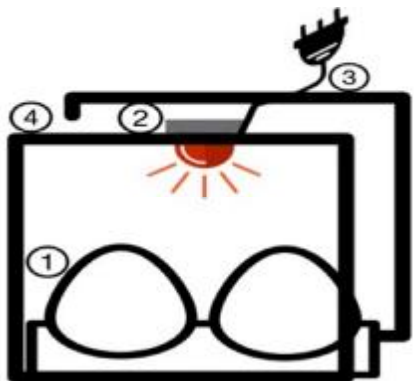
کهنه‌تر شدن سفیده و زرده تخم مرغ است (Arivazhagan *et al.*, 2013).

با توجه به موارد گفته شده، شاخص‌های شیمیایی متغیر در خلال انبارداری به عنوان توصیف‌گر تازگی تخم مرغ در نظر گرفته شده است (Anton *et al.*, 2003). ارزش بیولوژیکی یک تخم مرغ بسیار زیاد است؛ زیرا تخم مرغ یک منبع غنی از پروتئین است. کیفیت پروتئین در تخم مرغ اغلب استاندارد برای اندازه‌گیری کیفیت همه پروتئین‌های غذایی دیگر است. علاوه بر این موارد، تخم مرغ نیز شامل اسیدهای چرب ضروری غیر اشباع (لینولئیک، اسید اولئیک)، مواد معدنی رقیق و ویتامین‌های محلول در چربی است (Stadelman *et al.*, 2017). تخم مرغ حاوی ۱۲ درصد پروتئین، ۱۱ درصد چربی و سایر اجزای مهم معدنی و ویتامین است (Candra, 1995). همچنین تخم مرغ یک منبع مرطوب و منحصر به فرد از مواد مغذی برای افراد مختلف در برنامه غذایی روزانه افراد را فراهم می‌کند. تخم مرغ به طور مهمی در رشد سریع مغز و به رفع نیاز به مواد مغذی بدن کمک کرده و به همین دلیل غذایی عالی برای رشد کودکان و نوجوانان است (Stadelman *et al.*, 1995). با توجه به خصوصیات مهم و اثرگذار تخم مرغ در رژیم غذایی روزانه افراد، بررسی عوامل تأثیرگذار بر خواص شیمیایی آن از اهمیت بالایی برخوردار است. سان و همکاران، (۲۰۱۸) در بررسی محتویات داخلی تخم مرغ (زرده و سفیده به صورت جداگانه)، تأثیر مدت انبارداری بر روی مقدار pH را بررسی کردند و در نهایت مدت انبارداری ۴۴ روز را در نظر گرفتند. در پایان تحقیق مشاهده شد که با افزایش مدت انبارداری، مقدار pH زرده و سفیده تخم مرغ افزایش معنی‌داری یافته است (Cedro *et al.*, 2009). در تحقیقی در این زمینه، اثر گذر زمان بر مقدار پروتئین موجود در تخم مرغ بررسی شد و محققان نتیجه گرفتند با افزایش مدت انبارداری تخم مرغ، مقدار پروتئین آن کاهش یافت (Sun *et al.*, 2018). در تحقیقی دیگری به بررسی خصوصیات کیفی تخم مرغ پرداخته اند که در این تحقیق از یک مدل آنالیز سطح پاسخ استفاده شده است و ترکیبات زمان و دما مورد بررسی قرار گرفت و نتایج خوبی را نیز با استفاده از سطح پاسخ نشان داد (Dawson & Martinez-Dawson, 1998).

استفاده شد. به منظور آغشته‌سازی تخم‌مرغ‌ها، روغن مورد استفاده به مقدار یکسانی برای هر تخم‌مرغ تهیه شده و عمل آغشته‌شدن نمونه‌ها به وسیله پنبه انجام شد. سپس با توجه به شروع تغییرات شیمیایی تخم‌مرغ پس از گذشت دو روز، نمونه‌ها به مدت دو روز در آزمایشگاه گروه مکانیک بیوسیستم (با دمای ۱۸ درجه سلسیوس) انبار شده و در ادامه خواص شیمیایی مورد نظر (شامل پروتئین، چربی خام، pH و خاکستر کل) اندازه‌گیری شد (Mahmoodi et al., 2019).

روش پرتودهی مادون قرمز

شکل ۱ منبع تولید پرتو مادون قرمز و روش پرتودهی به تخم‌مرغ را نشان می‌دهد. در این روش از سه سطح مختلف تعداد ال‌ای‌دی مادون قرمز با قطر ۳ میلی متری، طول موج ۸۵۰ نانومتر و ولتاژ بین ۳-۴ ولت استفاده شده است. فاصله قرارگیری منبع پرتو مادون قرمز با نمونه‌ها در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری و به موازات قرارگیری نمونه‌ها بود. مدار به کار گرفته شده به منظور راه‌اندازی ال‌ای‌دی‌ها، نیاز به ولتاژ ۱۲ ولت و جریان ۰/۸۴ آمپر و مساحت به کارگیری پرتو مادون قرمز به صورت ۲۰×۵۰ سانتی متر مربع بود.



شکل ۱- شماتیک مدار و روش پرتودهی مادون قرمز (۱) محل قرارگیری نمونه؛ (۲) مدار لامپ؛ (۳) آداپتور؛ (۴) محافظ.

اندازه‌گیری pH

به منظور اندازه‌گیری مقدار pH تخم‌مرغ، محتویات داخلی آن به صورت تازه در ظرف‌هایی تخلیه و همگن شدند. سپس با استفاده از دستگاه pH متر مدل AD 132 ساخت کشور رومانی با دقت ± 0.01 واحد و مجهز به یک الکتروود شیشه‌ای و الکتروود مرجع مناسب، پارامتر مورد نظر برای تمامی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری pH

همچنین تحقیق دیگری بر روی تخم‌مرغ بی‌صورت گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داد مواد فرار حاوی گوگرد در اثر تابش تولید شده و با افزایش دوز تابش، مقدار آن‌ها افزایش می‌یابد. با این حال، مواد فرار گوگرد در طی ذخیره‌سازی تحت شرایط هوایی ناپدید شدند. همچنین نشان داد که تابش بر پوسته تخم‌مرغ در دوزهای پایین‌تر (تا ۲/۵ کیلوگرم بر ساعت) تأثیر منفی کمی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مایع سفید تخم‌مرغ دارد، اما می‌تواند به دلیل اثر کاهش ویسکوزیته، کارایی پردازش تخم را بهبود بخشد.

همچنین بر روی تأثیر و استفاده از تابش بر روی خصوصیات سفیده و زرده تخم‌مرغ نیز تحقیقی انجام شده است. نتایج این تحقیق تفاوت معنی‌داری از نظر آماری برای خصوصیات سفیده و زرده مانند رطوبت، خاکستر و... را نشان نداد (Mendes de Souza, 2012).

به منظور شناسایی و توضیح شرایط و فرصت‌هایی برای انبارمانی و نگهداری بهتر تخم‌مرغ، هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثرات پرتو مادون قرمز بر ویژگی‌های شیمیایی تخم‌مرغ شامل پروتئین خام، چربی خام، pH و خاکستر کل بعد از انبارمانی کوتاه است.

مواد و روش‌ها

روش تهیه و آماده‌سازی تخم‌مرغ‌ها

در ابتدا تعداد ۲۸ عدد تخم‌مرغ، از یک واحد پرورش مرغ تخم‌گذار واقع در شهرستان گرگان، استان گلستان (ایران)، با میانگین وزنی تخم‌مرغ‌های تولیدی ۶۰ گرم تهیه و به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. تخم‌مرغ‌ها از مرغ‌های نژاد هایلاین (Hyline-W36)، با متوسط سنی ۳۰ هفته و با جیره غذایی یکسان انتخاب شدند. در ادامه پس از قرارگیری نمونه‌ها تحت اثر پرتو ال‌ای‌دی مادون قرمز، به دو دسته آغشته‌شده و آغشته‌نشده به روغن آفتابگردان، تقسیم شدند. فاکتور تعداد ال‌ای‌دی‌های موجود در آزمایش به منظور پرتودهی نمونه‌ها دارای سه سطح مختلف ۲۰، ۴۰ و ۶۰ عدد بود. همچنین فاکتور زمان پرتودهی مادون قرمز دارای سه سطح ۱، ۲ و ۳ ساعت و فاکتور آغشته‌سازی پوسته به روغن آفتابگردان دارای دو سطح (آغشته‌شده و آغشته نشده) بود. به منظور آغشته‌سازی پوسته تخم‌مرغ به روغن، از روغن آفتابگردان تولید شده در کارخانه لادن ایران

نمونه‌ها قرار گرفت. این نمونه استاندارد تنها حاوی قرص کاتالیزور و اسید سولفوریک بود. پس از روشن کردن هود، عملیات هضم شروع شد. نمونه‌ها بر روی اجاق به مدت ۴ ساعت و در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس باقی مانده، تا شفافیت رنگ نمونه‌ها مانند نمونه استاندارد شود. سپس دستگاه اجاق خاموش شده و نمونه‌ها سرد شدند.

در این مرحله از دستگاه تقطیر با نام تجاری Peco Food Equipments مدل PDU-500SI ساخت ایران استفاده شد. با اضافه کردن ۴۰-۳۵ میلی‌لیتر آب مقطر و سود ۴۰ درصد به نمونه حاوی آمونیاک، تقطیر انجام شده و در ظرف موجود، اسید بوریک جمع‌آوری شد.

مرحله تیتراسیون، توسط دستگاه تیترا تور با نام تجاری SCHOTT TitroLine easy ساخت کشور آلمان انجام شد. هیدروکسید آمونیوم جمع‌آوری شده توسط محلول متیل، تیترا و مقدار درصد ازت (N) خوانده شد.

در محاسبات انجام شده پس از انجام آزمایش، با استفاده از فرمول ۱ مقدار درصد پروتئین نمونه‌های تخم مرغ به دست آورده شد (Abdi et al., 2018).

$$(1) \quad \text{درصد پروتئین} = (6.25) \times (\text{درصد ازت})$$

اندازه‌گیری چربی خام

به منظور اندازه‌گیری مقدار درصد چربی خام موجود در نمونه‌های تخم مرغ، ابتدا مقدار ۲ گرم از نمونه خشک شده بسته‌بندی شد. سپس وزن نمونه‌های آماده شده در کاغذ صافی (کارتوش) اندازه‌گیری گردید. در مرحله بعد، کارتوش‌ها در دستگاه قرار گرفت و حدود ۲۰۰ میلی‌لیتر اتر به آن اضافه شد. نمونه‌ها حدود ۸ ساعت در دستگاه قرار گرفتند. سپس جهت خشک شدن به درون آون، با دمای ۸۰ درجه سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. در مرحله آخر وزن کارتوش‌های خشک شده اندازه‌گیری و مقدار درصد چربی خام نمونه‌های خشک شده طبق فرمول ۲ محاسبه شد (Zhao et al., 2018).

$$(2) \quad \text{درصد چربی خام} = \frac{\text{وزن کارتوش بعد از آون} - \text{وزن کارتوش اولیه}}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

اندازه‌گیری خاکستر کل

حدود ۲ گرم از پودر خشک شده تخم مرغ با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده و درون بوتله‌های سرامیکی ریخته شد. سپس بوتله‌های حاوی نمونه خشک شده به مدت ۸ ساعت

هر نمونه از استاندارد شماره ۳۱۹۵ کمیته ملی استاندارد بیولوژی و میکروبیولوژی استفاده گردید (Martin-Diana et al., 2009).

اندازه‌گیری محتوای رطوبت

با توجه به وجود محتوای رطوبتی متفاوت در تخم مرغ‌های تولید شده و به منظور گزارش سطح رطوبتی نمونه‌های موجود در آزمایش و انجام ارزیابی جامع، محتوای رطوبتی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای رطوبتی نمونه‌ها، محتویات داخلی تخم مرغ به صورت کاملاً همگن تهیه و در ظروف مخصوص خشک کردن (دارای جنس آلومینیوم) قرار داده شدند. فرایند کامل خشک شدن نمونه‌ها، به مدت ۲۴ ساعت، تحت اثر حرارت ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون انجام شد (Mahmoodi et al., 2020).

اندازه‌گیری خواص شیمیایی تخم مرغ

به منظور اندازه‌گیری خواص شیمیایی در نظر گرفته شده در این تحقیق، ابتدا پس از شکستن پوسته تخم مرغ و تخلیه محتویات داخلی آن، مقدار pH نمونه‌های همگن اندازه‌گیری شد. سپس تمامی نمونه‌ها در ظروف آلومینیومی و در آون قرار داده تا خشک شدند. در نهایت نمونه‌های خشک شده برای اندازه‌گیری پروتئین خام، خاکستر کل و چربی خام آماده شدند.

اندازه‌گیری پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌ها، با استفاده از روش کج‌لدال پس از طی مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون انجام شد. نمونه‌های خشک شده تخم مرغ، با اسید سولفوریک، هضم شده و آمونیاک آزاد کردند. آمونیاک آزاد شده در مرحله تقطیر خارج و توسط اسید بوریک جمع‌آوری شد. سپس با تیتراسیون میزان آن مشخص گردید (Calsamiglia et al., 1995; Gargallo et al., 2006). در ادامه روش اندازه‌گیری پروتئین در سه مرحله آورده شده است.

در مرحله هضم، مقدار ۰/۳ گرم از نمونه‌ها در لوله‌های هضم قرار داده شد. پس از آن به مقدار ۱/۷ گرم از قرص کاتالیزور به شیشه‌های هضم اضافه و سپس به هر شیشه به مقدار ۲/۴ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ اضافه شد. در مرحله بعد، شیشه‌ها در رک (Rack) مخصوص و به همراه سرپوش مخصوص روی اجاق قرار داده شد. یک نمونه استاندارد نیز جهت ارزیابی کار دستگاه در کنار

تخم‌مرغ استفاده شد. تعیین تعداد و طرح کلی آزمایش‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش سطح پاسخ به کمک این نرم افزار صورت گرفت. طراحی بر اساس دو عامل عددی تعداد ال‌ای‌دی‌ها (n) و زمان قرارگیری هر نمونه (t) و یک عامل مقایسه‌ای آغستگی یا عدم آغستگی پوسته به روغن آفتابگردان انجام شد. در انجام این پژوهش از طرح مرکب مرکزی (CCD) استفاده شد. سطوح واقعی و کدگذاری شده در جدول ۱ نشان داده شده است. برای ارزیابی خطای خالص ۲۸ آزمایش با ۶ نقطه مرکزی (سطح صفر در جدول ۱) انجام شد.

در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس و در یک کوره الکتریکی با نام تجاری Exciton EX.1200_30 L ساخت ایران قرار داده شدند. پس از تشکیل خاکستر، نمونه‌ها برای خنک شدن به دسیکاتور منتقل و سپس وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد (Al-Shahib & Marshall, 2003). در مرحله آخر نیز مقدار درصد خاکستر کل از فرمول ۳ محاسبه شد (AACC, 1990).

$$(3) \quad \text{درصد خاکستر} = \frac{\text{وزن بوته} - \text{وزن بوته و خاکستر}}{\text{گرم وزن نمونه}} \times 100$$

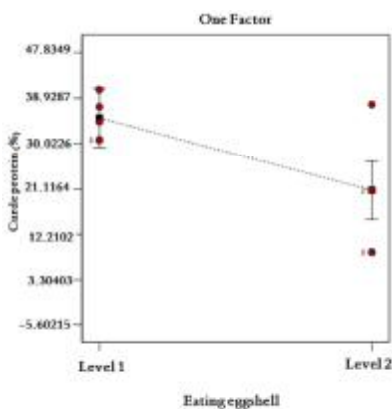
طراحی آزمایش و روش آماری

در این مطالعه از نرم افزار Design Expert 10 جهت پیش‌بینی اثر پرتو مادون قرمز بر خواص شیمیایی

جدول ۱- سطوح متغیرهای مستقل آزمایش در روش سطح پاسخ

سطوح		واحد	پارامترهای عددی	
۲+	۱+		کدگذاری شده	واقعی
-	۶۰	۲۰	۴۰	A (تعداد LED مادون قرمز)
-	۳	۱	۲	B (زمان پرتودهی)
آغشته شده	آغشته نشده	-	-	C (آغستگی به روغن آفتاب گردان)

نقش پوششی جایگزین را ایفا کند. به همین دلیل ورود میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا و گرد و غبار سبب تخریب پروتئین‌های موجود در تخم‌مرغ شده و سطح پایین‌تری از مقدار پروتئین خام، نسبت به حالت دیگر (عدم آغشته-سازی پوسته به روغن آفتابگردان) حاصل شد (شکل ۲).



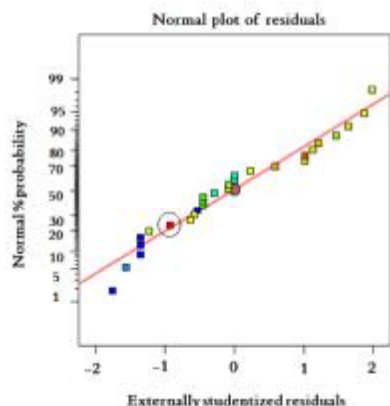
شکل ۲- نمودار آشفستگی برای مقدار درصد پروتئین خام تخم‌مرغ با آغستگی و عدم آغستگی به روغن

نتایج و بحث

رطوبت محتویات داخلی تخم‌مرغ، با مقدار ۷۳ درصد بر پایه مرطوب به دست آمد.

پروتئین خام

با توجه به جدول ۲، مشاهده شد که بیشترین مقدار میانگین مربعات (MS) مربوط به فاکتور آغستگی پوسته به روغن آفتابگردان بوده است. مقدار بالای میانگین مربعات در فاکتور آغستگی نشان داد که این فاکتور تأثیر بالایی نسبت به بقیه فاکتورها بر مقدار پروتئین داشته است. با آغستگی پوسته تخم‌مرغ به روغن آفتابگردان مقدار پروتئین کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. مقدار پروتئین خام در نمونه‌های آغشته شده و آغشته نشده به ترتیب ۲۳/۵۶۷۴ و ۳۵/۰۷۲۱ درصد نتیجه شد. دلیل این مشاهده این است که با آغشته‌سازی پوسته تخم‌مرغ به روغن آفتابگردان، لایه پوششی محافظت‌کننده کوتیکول که به عنوان یک سد دفاعی، تخم‌مرغ را از ورود میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا و گرد و غبار مصون می‌سازد، از بین می‌رود. همچنین روغن آفتابگردان نیز نمی‌تواند



شکل ۳- میزان پراکندگی خطای داده‌های پروتئین خام

شکل ۳ میزان پراکندگی خطای داده‌های بررسی شده را نشان می‌دهد. این شکل با مقایسه داده‌های تجربی و پیش‌بینی شده، می‌تواند کارایی مدل‌های درجه دوم برازش یافته را تأیید نماید. مطابق این شکل می‌توان بیان کرد که جز یک مورد در پروتئین که پرت پیش‌بینی شده است بقیه موارد به خوبی و نزدیک به خط خطای نرمال هستند. این امر نشان‌دهنده خطای پایین مدل پیشنهاد شده است.

جدول ۲- نتایج روش سطح پاسخ برای مقدار درصد پروتئین خام

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	مقدار p
مدل	۲۳۱۸/۱۷	۱۱	۲۱۰/۷۴	۲/۱۰	۰/۰۸۵۶
A (تعداد LED مادون قرمز)	۴۹۰/۷۰	۱	۴۹۰/۷۰	۴/۰۹	۰/۰۶۰۱
B (زمان پرتو دهی)	۵۴/۵۲	۱	۵۴/۵۲	۰/۵۴	۰/۴۷۱۳
C (آغستگی به روغن افتاب گردان)	۶۸۵/۷۳	۱	۶۸۵/۷۳	۶/۸۵	۰/۰۱۸۷
AB	۱۳۹/۴۹	۱	۱۳۹/۴۹	۱/۳۱	۰/۲۶۸۷
AC	۱۵۷/۸۱	۱	۱۵۷/۸۱	۱/۵۸	۰/۲۲۷۴
BC	۲۶۱/۶۱	۱	۲۶۱/۶۱	۲/۶۱	۰/۱۲۵۶
باقیمانده	۱۶۰۲/۱۹	۱۶	۱۰۰/۱۴		
ضعف برازش	۸۵۳/۱۷	۶	۱۴۲/۲۰	۱/۹۰	۰/۱۷۶۸
خطای خالص	۷۴۹/۰۲	۱۰	۷۴/۹۰		

چربی خام

همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، مقدار چربی خام با افزایش تعداد لامپ‌های ال‌ای‌دی مادون قرمز، مدت زمان پرتو دهی و آغستگی پوسته تخم مرغ به روغن آفتابگردان، افزایش پیدا کرده است. پراکندگی داده‌های به دست آمده از انجام آزمایش‌ها، با در نظر گرفتن مقادیر معین، کاهش پیدا کرده است. همچنین اثر سایر داده‌ها نیز کاهش یافته است. دلیل افزایش مقدار چربی خام در تعداد بیشتر لامپ‌ها و مدت زمان بیشتر پرتو دهی به دلیل ایجاد دمای بالاتر بود. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده شد که با آغستگی پوسته تخم مرغ به روغن آفتابگردان مقدار چربی خام بیشتری به دست آمده است.

شکل ۵ میزان پراکندگی خطای داده‌های بررسی شده را نشان می‌دهد. بر طبق این شکل می‌توان بیان کرد که جز چند مورد در چربی خام که پرت پیش‌بینی شده اند بقیه موارد به خوبی و نزدیک به خط خطای نرمال ترسیم

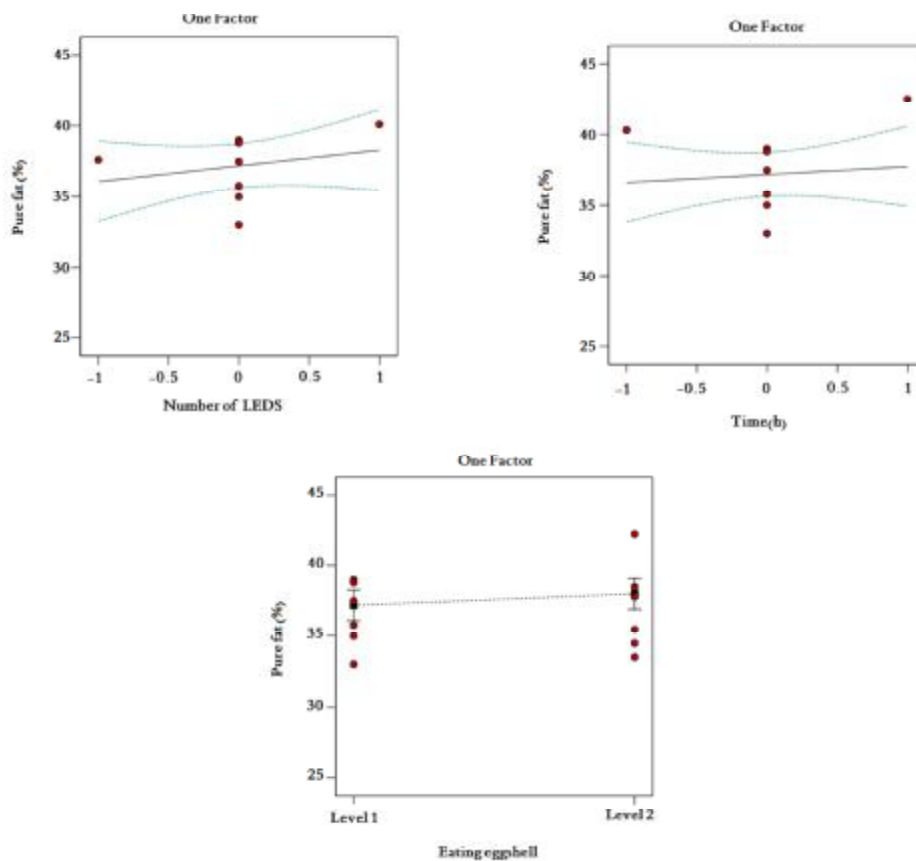
شده‌اند. این شکل نشان دهنده خطای پایین مدل پیشنهاد شده برای داده‌های به دست آمده فاکتور وابسته چربی خام است.

خاکستر کل

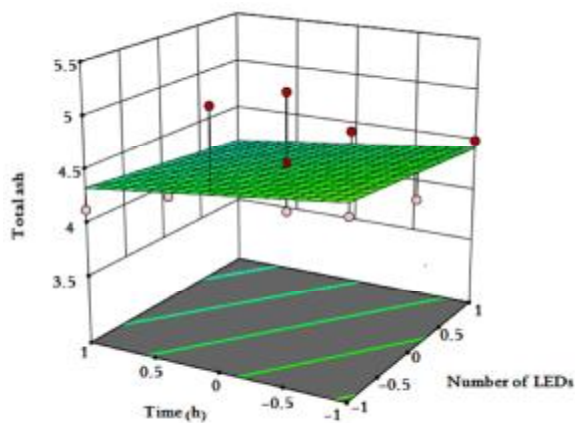
در شکل ۶ مقادیر به دست آمده خاکستر کل تحت اثر فاکتورهای مورد بررسی شامل تعداد ال‌ای‌دی‌های مادون قرمز و زمان پرتو دهی نشان داده شده است. در این شکل، تأثیر آغستگی بر روی مقدار خاکستر کل نشان داده نشده است. با توجه به شکل، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش سطوح فاکتورهای مستقل مورد بررسی، اثر کاهش بر روی مقدار خاکستر کل داشته است. با افزایش تعداد ال‌ای‌دی و زمان پرتو دهی و با قرار گرفتن نمونه‌ها در دمای بالاتر، مقدار خاکستر کل کاهش داشته است. شیب بیشتر نمودار در مجاورت محور زمان پرتو دهی، نشان‌دهنده تأثیرگذاری بیشتر سطوح این فاکتور نسبت به فاکتور تعداد ال‌ای‌دی است. همچنین مشاهده شد که

کاهش یافته است. بالا بودن دمای محیط قرارگیری تخم‌مرغ، سبب افزایش قطر منافذ پوسته تخم‌مرغ گشته و به دلیل خروج بیشتر رطوبت و کربن‌دی‌اکسید و نیز ورود بیشتر هوا و میکروارگانیسم‌های مخرب به تخم‌مرغ، مقداری از خاکستر کل تخم‌مرغ تخریب و سطح آن کاهش یافته است.

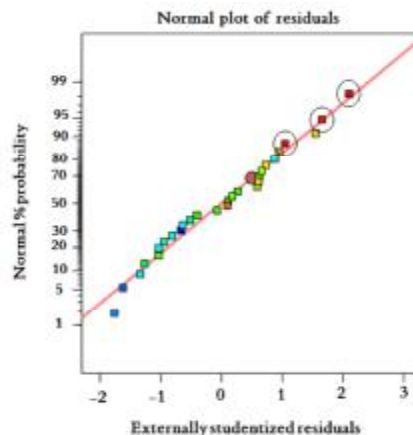
شیب نمودار در تعداد ال‌ای‌دی ۶۰ عدد دارای مقدار بیشتری بوده و در نتیجه تأثیر زمان بر مقدار خاکستر کل در ۶۰ لامپ بیشتر از ۲۰ لامپ است. همچنین در شکل ۷ نیز به صورت واضح‌تری نشان داده شده است. در شکل ۷ نشان داده شده است که با افزایش سطح فاکتورهای تعداد ال‌ای‌دی و زمان پرتودهی، مقدار خاکستر کل



شکل ۴- نمودار آشفته‌گی تمامی پارامترها در بررسی مقدار چربی خام تخم‌مرغ



شکل ۶- نمودار سه بعدی برای بررسی مقدار خاکستر کل تخم‌مرغ در تعداد لامپ و زمان پرتودهی

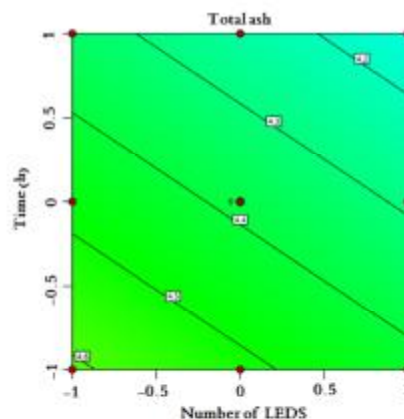


شکل ۵- میزان پراکندگی خطاهای داده‌های چربی خام

است که فاکتورهای مدل و آغستگی به روغن در سطح ۰/۰۰۷۰ و ۰/۰۰۵۰ معنی دار شده و فاکتور تعداد لامپ و مدت پرتو دهی به نمونه‌ها معنی دار نشده است. معنی داری فاکتور مدل نشان دهنده تناسب صحیح مدل انتخاب شده در این مورد بوده است. همچنین به دلیل عدم معنی داری آزمون ضعف برازش، می‌توان نتیجه گرفت که این مدل برای مقدار pH مدل مناسبی بوده است. با بررسی مقادیر به دست آمده برای میانگین مربعات نتیجه شد که مقدار میانگین مربعات (MS) فاکتور مستقل و آغستگی دارای بیشترین مقدار میانگین مربعات نسبت به سایر فاکتورها است. طبق این مشاهده نتیجه شد که فاکتور آغستگی دارای بیشترین تأثیر در بین بقیه فاکتورها بر مقدار pH است.

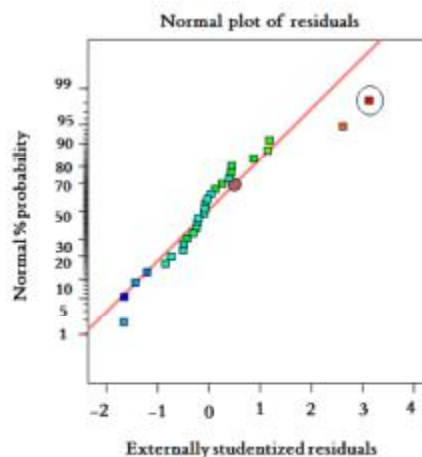
در شکل ۹ اثر فاکتورهای مختلف تعداد ال‌ای دی و زمان پرتو دهی مادون قرمز بر نمونه‌های تخم مرغ نشان داده شده است. با توجه به شکل نتیجه شد که با افزایش تعداد ال‌ای دی و زمان پرتو دهی مقدار pH کاهش یافته است. شیب بیشتر نمودار در تعداد ال‌ای دی‌های ۶۰ عدد نسبت به تعداد ۲۰ عدد نشان دهنده اثر گذاری بیشتر مقدار زمان پرتو دهی در تعداد ال‌ای دی ۶۰ عدد بود. اما با توجه به جدول ۲ نتیجه شد که این تغییرات کاهشی فقط در مورد وضعیت آغستگی پوسته به روغن آفتابگردان دارای اختلاف معنی داری بوده است. این کاهش معنی دار می‌تواند به دلیل کاهش در سرعت تنفس نمونه‌ها بوده که به موجب آن غلظت اکسیژن داخلی کاهش بیشتری یافته و سطح دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. این عمل منجر به بالا نگه داشتن اسید آسکوربیک خواهد شد. با توجه به وجود رابطه معکوس بین مقدار اسید آسکوربیک و pH می‌توان این نتایج را اینگونه توجیه کرد (Purohit et al., 2003).

شکل ۱۰ میزان پراکندگی خطاهای داده‌های بررسی شده را نشان می‌دهد. بر طبق این شکل می‌توان بیان کرد که جز یک مورد در pH که پرت پیش‌بینی شده است بقیه موارد به خوبی و نزدیک به خط خطای نرمال ترسیم شده اند. این امر نشان دهنده خطای پایین مدل پیشنهاد شده برای پارامتر pH است.



شکل ۷- نمودار حد فاصل برای بررسی مقدار خاکستر کل تخم مرغ در تعداد لامپ و زمان پرتو دهی

شکل ۸ میزان پراکندگی خطاهای داده‌های بررسی شده را نشان می‌دهد. بر طبق این شکل می‌توان بیان کرد که جز یک مورد در خاکستر کل که پرت پیش‌بینی شده است بقیه موارد به خوبی و نزدیک به خط خطای نرمال ترسیم شده است. این نمودار نشان دهنده خطای پایین مدل پیشنهاد شده برای داده‌های حاصل از اندازه‌گیری مقدار خاکستر کل تخم مرغ است.



شکل ۸- میزان پراکندگی خطاهای داده‌های خاکستر کل

بررسی pH

در جدول ۳ نتایج بررسی واریانس با روش سطح پاسخ برای مقدار pH با توجه به فاکتورهای مورد بررسی نشان داده شده است. نتایج برای مقدار pH تخم مرغ بدین گونه

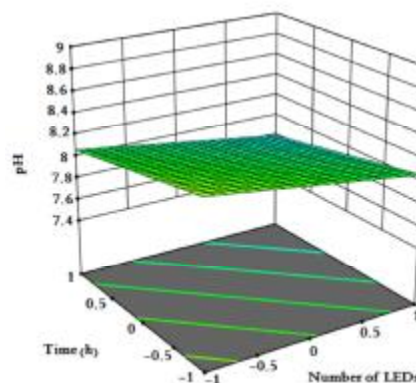
جدول ۳- طرح آزمایش مورد استفاده و نتایج به دست آمده برای مقدار pH

مقدار p	مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع
۰/۰۰۷۰	۵/۱۲	۰/۴۰	۳	۱/۱۹	مدل
۰/۱۰۲۱	۲/۸۹	۰/۲۲	۱	۰/۲۲	A (تعداد LED مادون قرمز)
۰/۱۰۲۱	۲/۸۹	۰/۲۲	۱	۰/۲۲	B (زمان پرتودهی)
۰/۰۰۵۰	۹/۵۸	۰/۷۴	۱	۰/۷۴	C (آغستگی به روغن افتاب گردان)
		۰/۰۷۸	۲۴	۱/۸۶	باقیمانده
۰/۸۲۷۴	۰/۵۸	۰/۰۶۰	۱۴	۰/۸۴	ضعف برازش
		۰/۱۰	۱۰	۰/۰۳	خطای خالص

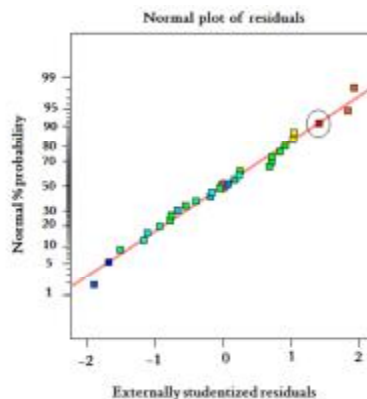
زمان پرتودهی و آغستگی پوسته تخم‌مرغ به روغن آفتابگردان سبب افزایش مقدار چربی خام شد. همچنین با افزایش سطوح فاکتورهای تعداد ال‌ای‌دی و زمان پرتودهی مقدار درصد خاکستر کل یافت و برای pH نیز آغستگی به روغن آفتابگردان مقدار معنی داری را داشت.

منابع

- Abdi, h., Seifdavati, J., Fathi, R., & Kachuee, R. (2018). Comparison of Hach Method with Kjeldahl Method for Determining of Crude Protein Contents of Some Animal Feeds. *Research on Animal Production*, 8(18): 107-112.
- AACC. (1990). *Approved methods of Analysis of the American Association of cereal chemists*. Paul Minnesota . usa.
- Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4): 247-259.
- Anton, M., Martinet, V., Dalgalarondo, M., Beaumal, V., David-Briand, E., & Rabesona, H. (2003). Chemical and structural characterisation of low-density lipoproteins purified from hen egg yolk. *Food Chemistry*, 83(2): 175-183.
- Arivazhagan, S., Shebiah, R. N., Sudharsan, H., Kannan, R. R., & Ramesh, R. (2013). External and internal defect detection of egg using machine vision. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 4(3): 257-262.
- Calsamiglia, S., Stern, M. D., & Stern, M. D. (1995). ruminants A Three-Step In Vitro Procedure for Estimating Intestinal Digestion of Protein in. *Journal of Animal Science*, 1459-1465.
- Candra, P. (1995). *Text book on egg and poultry technology*. Vikas Publishing House Pvt Limited.
- Cedro, T. M. M., Calixto, L. F. L., Gaspar, A.,



شکل ۹- نمودار سه بعدی برای مقدار pH تخم‌مرغ در تعداد لامپ و زمان پرتودهی



شکل ۱۰- میزان پراکندگی خطاهای داده‌های pH

نتیجه‌گیری

در بررسی اثر پرتو مادون قرمز بر پروتئین تخم‌مرغ، نتایج آزمایش‌ها نشان داد که تنها فاکتور آغستگی پوسته به روغن آفتابگردان اثر معنی‌داری بر مقدار درصد پروتئین داشته است؛ به طوری که عدم آغستگی به روغن آفتابگردان سبب حفظ مقادیر پروتئین شد. در بررسی چربی خام نتیجه شد که افزایش سطوح فاکتورهای تعداد ال‌ای‌دی،

- physicochemical and functional properties of liquid egg white. *Poultry science*, 91(10): 2649-2657.
- Purohit, A. K., Rawat, T. S., & Kumar, A. (2003). Shelf life and quality of ber [*Zizyphus mauritiana* Lamk.] fruit cv. Umran in response to post harvest application of ultraviolet radiation and paclobutrazol. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3): 1-7.
- Savage, J. H., Matsui, E. C., Skripak, J. M., & Wood, R. A. (2007). The natural history of egg allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 120(6): 1413-1417.
- Şekeroğlu, A., & Altuntaş, E. (2009). Effects of egg weight on egg quality characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (3), 379-383.
- Stadelman, William J, Newkirk, D., & Newby, L. (2017). The egg industry. In *Egg Science and Technology, Fourth Edition*. CRC Press. 17-24.
- Stadelman, W J., & Cotterill, O. J. (1995). Egg science and technology. Ed.
- Sun, C., Liu, R., Liang, B., Wu, T., Sui, W., & Zhang, M. (2018). Microparticulated whey protein-pectin complex: A texture-controllable gel for low-fat mayonnaise. *Food Research International*, 108: 151-160.
- Zhao, Q., Lv, X., Jia, Y., Chen, Y., Xu, G., & Qu, L. (2018). Rapid determination of the fat, moisture, and protein contents in homogenized chicken eggs based on near-infrared reflectance spectroscopy. *Poultry science*, 97(6): 2239-2245.
- Curvello, F. A., & Hora, A. S. (2009). Internal quality of conventional and omega-3-enriched commercial eggs stored under different temperatures. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 11(3): 181-185.
- Dawson, P. L., & Martinez-Dawson, R. (1998). Using response surface analysis to optimize the quality of ultrapasteurized liquid whole egg. *Poultry Science*, 77(3): 468-474.
- Gargallo, S., Calsamiglia, S., Ferret, A., Gargallo, S., Calsamiglia, S., & Ferret, A. (2006). A modified three-step in vitro procedure to determine intestinal digestion of proteins The online version of this article, along with updated information and services, is located on the World Wide Web at: Technical note: A modified three-step in vitro. *Journal of Animal Science*, 2163-2167.
- Gray, C. L., Goddard, E., Karabus, S., Kriel, M., Lang, A. C., Manjra, A. I., Levin, M. E. (2015). Epidemiology of IgE-mediated food allergy. *SAMJ: South African Medical Journal*, 105(1): 68-69.
- Jafarian, M., Sadrnia, H., & Aghkhani, M. H. (2011). Study the effect of cac12. 2H2o on chemical properties of apple in different conditions of storage. *20th National Food Science and Industries Congress. Tehran, Iran*. (In Persian).
- Jafarian, M., Sadrnia, H., Aghkhani, M. (2013). Effect of Calcium Chloride Concentration on Some Mechanical Properties of Apple during Storage. *Journal of Agriculture Machinery*, 3: 133-143. (In Persian).
- Mahmoodi, M. J., Azadbakht, M., Asghari, A., & Dastar, B. (2019). Investigating the Amount of Resistance to Break the Eggshell Under the Influence of a Strong Magnetic Field (MRI). *Poultry Science Journal*, 7(2): 101-108.
- Mahmoodi, M. J., Azadbakht, M., Asghari, A., Dastar, B. (2020). Evaluation of the effect of UV light on the biochemical properties of egg internal contents using the response surface method. *Innovative Food Technologies*, 7(3): 365-378.
- Martín-Diana, A. B., Rico, D., Barat, J. M., & Barry-Ryan, C. (2009). Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(4): 590-600.
- Mendes de Souza, P. (2012). Study of short-wave ultraviolet treatments (UV-C) as a non-thermal preservation process for liquid egg products. *Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València*.
- Min, B., Nam, K. C., Jo, C., & Ahn, D. U. (2012). Irradiation of shell egg on the

جدول پیوست روش سطح پاسخ

پروتئین خام	چربی خام	خاکستر کل	pH					
۳۳/۴۹۷۵	۸/۶۹۱۶۷	۴/۴۵۷۷۸	۸/۰۹	سطح ۲ از C	۰	۰	۱	۲۳
۴۰/۰۹۹	۳۳/۳۳۷۵	۴/۴۲۲۶	۷/۸۱	سطح ۱ از C	۰	۱	۲	۶
۳۷/۸۱۰۹	۳۹/۹۵۸۳	۴/۶۳۴۵	۷/۵۸	سطح ۲ از C	۰	-۱	۳	۱۹
۳۴/۵	۴۴/۲۷۵	۴/۴۷۳۹۷	۸/۰۳	سطح ۲ از C	-۱	۰	۴	۲۱
۳۴/۶۵۳۵	۳۶/۵۱۶۷	۳/۹۸۸۴۷	۸/۲۴	سطح ۲ از C	-۱	-۱	۵	۱۵
۳۵/۷۸۴۳	۳۰/۸	۵/۱۰۶۵۹	۷/۹۸	سطح ۱ از C	۰	۰	۶	۱۱
۳۹	۴۰/۶	۴/۴۲۰۴۳	۸/۷	سطح ۱ از C	۰	۰	۷	۱۰
۴۱	۴۶/۹۸۷۵	۴/۲۳۲۲۸	۸/۰۸	سطح ۲ از C	-۱	۱	۸	۱۶
۳۷/۶۲۳۸	۳۸/۹۴۵۸	۵/۲۶۳۱۶	۸/۱۷	سطح ۱ از C	۰	-۱	۹	۵
۴۲/۵	۳۵/۸۴۵۸	۴/۰۷۹۶	۷/۷۲	سطح ۲ از C	۱	۰	۱۰	۲۲
۳۴/۴۸۲۸	۳۷/۷۱۲۵	۴/۱۸۱۰۱	۷/۸۶	سطح ۲ از C	۰	۰	۱۱	۲۷
۴۲/۵	۳۶/۱۰۸۳	۳/۸۹۰۲۷	۷/۹۹	سطح ۱ از C	۱	۰	۱۲	۸
۳۸/۸۰۶	۳۷/۲۴۵۸	۴/۲۸۴۳۲	۸/۰۸	سطح ۱ از C	۰	۰	۱۳	۱۴
۴۰/۳۹۴۱	۳۸/۱۵	۴/۰۸۵۶	۷/۸۳	سطح ۲ از C	۰	۱	۱۴	۲۰
۴۱/۵	۳۶/۵۴۵۸	۴/۰۱۹۸۵	۷/۷۴	سطح ۲ از C	۱	-۱	۱۵	۱۷
۳۳	۳۴/۳۲۹۲	۴/۳۰۵۲۸	۷/۹۲	سطح ۱ از C	۰	۰	۱۶	۱۳
۳۷/۸۱۰۹	۱۴/۵۸۳۳	۴/۰۸۷۷۴	۷/۶۵	سطح ۲ از C	۱	۱	۱۷	۱۸
۳۵	۳۰/۸	۴/۲۲۳۹۷	۸/۵۱	سطح ۱ از C	۰	۰	۱۸	۹
۳۵/۴۶۸	۸/۶۹۱۶۷	۳/۷۱۲۷۵	۸/۱	سطح ۲ از C	۰	۰	۱۹	۲۴
۴۲/۲۸۸۶	۸/۶۹۱۶۷	۴/۱۹۶۸۲	۷/۴۷	سطح ۲ از C	۰	۰	۲۰	۲۵
۳۷/۵	۳۰/۸	۳/۹۴۶۷۲	۸/۷۲	سطح ۱ از C	۰	۰	۲۱	۱۲
۳۶/۵	۳۴/۷۹۵۸	۴/۱۲۷۷۶	۸/۴۸	سطح ۱ از C	۱	-۱	۲۲	۳
۴۰/۲۹۸۵	۲۰/۸۸۳۳	۴/۲۶۷۹۹	۷/۹۹	سطح ۱ از C	-۱	۰	۲۳	۷
۳۴/۶۵۳۵	۸/۶۹۱۶۷	۴/۰۸۵۷	۸	سطح ۱ از C	۱	۱	۲۴	۴
۳۷/۸۱۰۹	۲۰/۸۸۳۳	۴/۴۷۶۸۹	۸/۱۵	سطح ۲ از C	۰	۰	۲۵	۲۶
۳۸	۸/۶۹۱۶۷	۴/۵۰۰۴۹	۸/۰۴	سطح ۱ از C	-۱	۱	۲۶	۲
۳۲/۰۱۹۷	۳۴/۷۹۵۸	۴/۴۹۱۶۱	۸/۸۴	سطح ۱ از C	-۱	-۱	۲۷	۱
۳۸/۵	۲۰/۸۸۳۳	۴/۱۴۱۷۲	۸/۱۳	سطح ۲ از C	۰	۰	۲۸	۲۸

