

مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر نور ماوراءبنفش بر خواص بیوشیمیایی محتویات تخم‌مرغ با استفاده از روش سطح پاسخ

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

۱. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران
۲. دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران
۴. استاد، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۳، تاریخ آخرین بازنگری: ۹۸/۷/۲۹، تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۲۴)

چکیده

تخم‌مرغ، بسته غذایی کاملی است که به صورت مستقیم و غیرمستقیم مصرف می‌شود؛ از این رو حفظ کیفیت آن بسیار مهم است. در این تحقیق، ابتدا تخم‌مرغ‌های تازه خریداری شد و پس از قرارگیری نمونه‌ها تحت پرتوهای لامپ‌های ماوراءبنفش با سطوح مختلفی از پارامترها، به دو دسته آغشته‌شده و آغشته نشده به روغن آفتابگردان تقسیم شدند. خواص بیوشیمیایی نمونه‌ها، از جمله مقدار درصد چربی و پروتئین خام، pH و خاکستر کل، بعد از دو روز انبارمانی اندازه‌گیری شد. در بررسی آماری، نتایج حاصل‌شده برای چربی خام، بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب ۴۸/۳۳۳۳ (۲۰ لامپ - سه ساعت زمان پرتودهی) و ۳۳/۳۳۳۳ (۶۰ لامپ - یک ساعت زمان پرتودهی) مشاهده شد. در بررسی اثرات تعداد لامپ و زمان پرتودهی ماوراءبنفش بر روی خاکستر کل، تغییرات معنی‌داری در سطوح مختلف پارامترها دیده نشد؛ ولیکن در بخش بررسی پروتئین خام، تغییرات معنی‌داری در سطوح مختلف تعداد لامپ‌های ال‌ای‌دی و زمان پرتودهی مشاهده شد؛ به طوری که بالاترین سطح پروتئین از پارامترهای مورد بررسی در این بخش، تعداد ۴۰ عدد لامپ و ۱ ساعت زمان پرتودهی و پایین‌ترین سطح پروتئین، مربوط به ۲۰ لامپ و ۲ ساعت زمان پرتودهی ماوراءبنفش بود. در بررسی pH، افزایش تعداد لامپ‌های ال‌ای‌دی ماوراءبنفش و زمان پرتودهی، سبب کاهش مقدار pH شد؛ چراکه رابطه معکوسی بین افزایش سطوح مختلف تعداد لامپ‌های ال‌ای‌دی و زمان پرتودهی با مقدار pH وجود داشت. شایان ذکر است که آغشته‌سازی پوسته تخم‌مرغ به روغن آفتابگردان نیز سبب کاهش مقدار pH شد.

کلیدواژه‌ها: تخم‌مرغ، ماوراءبنفش، بیوشیمیایی، پروتئین، سطح پاسخ

* نویسنده مسئول: azadbakht@gau.ac.ir

۱. مقدمه

وابسته به سفیده و زرده، در تخم‌مرغ سالم اندازه‌گیری می‌شود. این اعمال بر روی خط تولید و به صورت زنده و برای همه تخم‌مرغ‌ها قابل اجراست [۷][۸][۹].

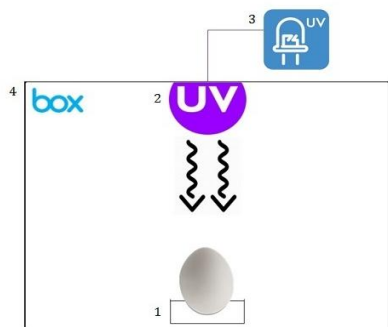
محققین در تحقیقاتی بر روی محتویات تخم‌مرغ، زرده و سفیده به صورت جداگانه، تأثیر مدت انبارمانی بر روی مقدار pH را بررسی کردند. مدت بازه انبارمانی ۴۴ روز بود، ولی با گذشت مدت انبارمانی، مشاهده شد که مقدار pH زرده و سفیده تخم‌مرغ افزایش معنی داری یافت [۱۰]. طی تحقیقات در این زمینه، اثر گذر زمان بر مقدار پروتئین موجود در تخم‌مرغ بررسی شد و محققان نتیجه گرفتند که با افزایش مدت انبارمانی تخم‌مرغ، مقدار پروتئین آن کاهش می‌یابد [۱۱].

روش سطح پاسخ، مجموعه‌ای از تکنیک‌های مشخص آماری برای طراحی آزمایشات، ساخت مدل‌ها، ارزیابی اثرات فاکتورهای مستقل و جست‌وجو برای تعیین شرایط بهینه برای نیل به پاسخ‌های مطلوب است [۱۲]. این روش می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا بهترین ترکیب عوامل مربوط به فرآیند تولید محصول را، با صرف زمان و هزینه کمتر، شناسایی کنند و در نتیجه بازدهی و کارایی سیستم را افزایش دهند [۱۳]. اصول و مبانی این روش برای اولین بار توسط باکس و ویلسون (۱۹۵۱) بیان شده است [۱۴]. در آزمایش‌های چندمؤلفه‌ای، روش سطح پاسخ می‌تواند به منظور آزمون همزمان پارامترهای مستقل گوناگون با حداقل زمان آزمایش، اندازه‌گیری بیشترین فاکتورهای مرتبط و دامنه اثر آن‌ها و همچنین اثرات متقابل فاکتورهای مستقل، مورد استفاده قرار گیرد [۱۵].

هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی برخی از ویژگی‌های بیوشیمیایی تخم‌مرغ، از جمله: مقدار pH، درصد پروتئین خام، درصد چربی خام و درصد خاکستر کلف تحت اثر پرتو ماوراءبنفش و شرایط انبارداری است. نمونه‌ها به دو دسته آغشته شده و آغشته نشده به روغن آفتابگردان تقسیم شدند. از روغن آفتابگردان، به دلیل تأثیر مثبت آن بر ماندگاری و حفظ کیفیت تخم‌مرغ، استفاده شد. با توجه به این ارزیابی، می‌توان تأثیر نور ماوراءبنفش بر روی خواص بیوشیمیایی تخم‌مرغ و در نتیجه تأثیر آن بر روی مدت ماندگاری تخم

امروزه استفاده از تخم‌مرغ به عنوان بسته غذایی کامل به صورت مستقیم و غیرمستقیم بسیار گسترش یافته است؛ به همین دلیل، توجه به سطح کیفیت آن از اهمیت بالایی برخوردار است. مفهوم کیفیت تخم‌مرغ پیچیده است و شامل اندازه، رنگ، کیفیت پوسته، شکل و کیفیت داخلی آن می‌شود [۱]. بلافاصله بعد از تخم‌گذاری، فرآیند زوال (تغییرات شیمیایی تخم‌مرغ) با تولید گاز CO₂ آغاز می‌شود. این فرآیند سبب تغییر pH تخم‌مرغ می‌شود. همچنین فرآیند زوال سفیده تخم‌مرغ طی انبارداری، به شرایط نگه‌داری (دما و رطوبت نسبی) و ویژگی‌های پوسته (یکپارچگی، وزن و ضخامت پوسته) بسیار وابسته است. معمولاً دانستن مدت انبارمانی تخم‌مرغ، سبب تشخیص تخم‌مرغ تازه و مناسب مصرف، از تخم‌مرغ بی کیفیت می‌شود. البته با توجه به موارد ذکر شده، نمی‌توان فقط به تعداد روزهای پس از تخم‌گذاری اعتماد کرد [۲]؛ از این رو شاخص‌های شیمیایی که در طول انبارداری تغییر می‌کنند، به عنوان توصیف‌کننده تازگی تخم‌مرغ در نظر گرفته شده‌اند [۳].

وظیفه تولید تخم‌مرغ باکیفیت خارجی و داخلی خوب در سراسر جهان به عهده صنعت تخم‌مرغ است؛ وظیفه‌ای که برای حیات اقتصادی آن در صنعت ضروری است. در حال حاضر مشکلات کیفیت تخم‌مرغ، هزینه‌های زیادی را بر صنعت تحمیل کرده است که همین امر، اهمیت درک عوامل مؤثر بر کیفیت خارجی و داخلی تخم‌مرغ را دو چندان می‌کند. با توجه به موارد گفته شده، ضرورت بررسی تخم‌مرغ از لحاظ کیفیت داخلی و خارجی، دوچندان می‌شود [۴][۵][۶]. در گذشته از روش‌های مختلفی برای ارزیابی محتویات داخلی تخم‌مرغ استفاده می‌شد که می‌توان آن‌ها را به دو روش کلی مخرب و غیرمخرب تقسیم کرد. برتری روش‌های گوناگون مخرب نسبت به غیرمخرب این است که اندازه‌گیری‌ها به صورت مستقیم بر روی محتویات داخلی صورت می‌گیرد؛ البته در این روش، تخم‌مرغ‌ها باید شکسته شوند. از این جهت، آزمایش برای تعداد محدودی از آن‌ها امکان‌پذیر است. این روش وقت‌گیر، نیازمند آماده‌سازی تخصصی نمونه است. از سوی دیگر، در روش‌های غیرمخرب ویژگی‌های



شکل (۱) شماتیک مدار و روش پرتودهی ماوراءبنفش
Fig (1) schematic of circuit and ultraviolet radiation method
 (۱) محل قرارگیری نمونه؛ (۲) مدار لامپ؛ (۳) آداپتور؛ (۴) محفظه

۲.۳. اندازه‌گیری رطوبت

محتویات داخلی تخم‌مرغ در دمای 10.5°C و به مدت ۲۴h در داخل آون قرار داده شد و محتوای رطوبت آن اندازه‌گیری شد [۱۶][۱۷].

۲.۴. اندازه‌گیری خواص شیمیایی محتویات داخلی تخم

مرغ

برای اندازه‌گیری خواص شیمیایی در نظر گرفته شده در این تحقیق، به دو حالت تازه (مخلوط زرده و سفیده) و خشک‌شده از نمونه‌های تخم‌مرغ نیاز بود. ابتدا پس از شکستن پوسته تخم‌مرغ و تخلیه محتویات داخلی آن، مقدار pH اندازه‌گیری شد. سپس تمامی نمونه‌ها را در ظروفی آلومینیومی در آون قرار داده و خشک شدند. در نهایت نمونه‌های خشک‌شده برای اندازه‌گیری پروتئین خام، خاکستر کل و چربی خام آماده شدند.

۲.۴.۱. اندازه‌گیری pH

به منظور اندازه‌گیری مقدار pH، محتویات داخلی تخم‌مرغ به صورت تازه در ظرف‌هایی تخلیه و با هم ترکیب 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 هر

مرغ را مشخص کرد؛ به طوری که، با یافتن شرایط مطلوب انبارداری بتوانیم مدت ماندگاری و قدرت حفظ خواص بیوشیمیایی را افزایش دهیم.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. روش تهیه و آماده‌سازی تخم‌مرغ‌ها

تعداد ۲۸ عدد تخم‌مرغ به صورت یکجا و کاملاً تصادفی از یک واحد پرورش مرغ تخم‌گذار، واقع در شهرستان گرگان، استان گلستان (ایران)، در تاریخ ۱۹ آذرماه سال ۱۳۹۸، با میانگین وزن تخم‌مرغ‌های تولیدی ۷۰ g تهیه و سپس به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. تخم‌مرغ‌ها از مرغ‌های نژاد هایلاین (Hyline W36)، با متوسط سنی ۳۰ هفته و جیره غذایی یکسان انتخاب شدند. پس از قرارگیری نمونه‌ها تحت پرتوهای ال‌ای‌دی‌های ماوراءبنفش با سطوح مختلفی از پارامترها، به دو دسته آغشته‌شده و آغشته‌نشده به روغن آفتابگردان، تولیدشده در کارخانه لادن، تقسیم شدند. به منظور آغشته‌سازی تخم‌مرغ‌ها، روغن را در ظرفی ریخته و عمل آغشته‌شدن به وسیله پنبه و با میزان یکسانی انجام شد. سپس نمونه‌ها به مدت زمان دو روز در آزمایشگاه گروه مکانیک بیوسیستم، با دمای 18°C انبار شده و بعد خواص بیوشیمیایی مورد نظر برای آن‌ها اندازه‌گیری شد.

۲.۲. روش پرتودهی ماوراءبنفش

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، تولید نور ماوراءبنفش از طریق چندین عدد ال‌ای‌دی UV با مشخصات قطر ۳ mm، طول موج ۴۰۰ nm و ولتاژ بین ۳/۳ - ۴ v انجام شد. نوع پرتودهی منبع نور از مدل UV-A بود. فاصله قرارگیری منبع نور ماوراءبنفش با نمونه‌های تخم‌مرغ به موازات کف و در ارتفاع حدود ۴۰ cm بود. مشخصات کل مدار دارای ولتاژ ۱۲ v، جریان ۰/۸۴ A و مساحت به کارگیری پرتو ماوراءبنفش، به صورت $20\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ بود.

نمونه، از استاندارد شماره ۳۱۹۵ کمیته ملی استاندارد بیولوژی و میکروبیولوژی استفاده شد [۱۸].

۲.۴.۲. اندازه‌گیری پروتئین خام

طی محاسبات و انجام آزمایش‌ها، مقدار درصد پروتئین نمونه‌های خشک‌شده تخم‌مرغ، با استفاده از فرمول ۱ بدست آورده شد:

$$\text{فرمول (۱)} \quad (6.25) \times (\text{درصد ازت}) = \text{درصد پروتئین خام}$$

۲.۴.۳. اندازه‌گیری خاکستر کل

حدود ۲ g از پودر خشک‌شده تخم‌مرغ، با دقت ۰/۰۱ وزن شد و درون بوتله‌های سرامیکی ریخته شد. سپس بوتله‌های حاوی نمونه خشک‌شده، به مدت ۸ h در دمای ۵۵۰°C در کوره الکتریکی با نام تجاری Exciton EX.1200_30 L ساخت کشور ایران قرار داده شدند. پس از تشکیل خاکستر نمونه جهت خنک‌شدن به دسیکاتور منتقل و سپس وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد [۲۱]. در مرحله آخر، مقدار درصد خاکستر کل از فرمول ۲ محاسبه شد.

$$\text{فرمول (۲)} \quad 100 \times \frac{\text{وزن بوتله} - \text{وزن بوتله و خاکستر}}{\text{گرم وزن نمونه}} = \text{درصد خاکستر}$$

۲.۴.۴. اندازه‌گیری چربی خام

برای اندازه‌گیری مقدار درصد چربی خام موجود در نمونه‌های خشک‌شده تخم‌مرغ، ابتدا مقدار ۲ g از نمونه خشک و بسته‌بندی شد. سپس وزن نمونه‌های آماده‌شده در کاغذ صافی (کارتوش) اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، کارتوش‌ها را در دستگاه قرار داده و حدود ۲۰۰ mL اتر به آن اضافه شد. نمونه‌ها حدود ۸ h در دستگاه قرار گرفتند، سپس جهت خشک‌شدن به درون آون، با دمای ۸۰°C، به مدت ۲۴ h قرار داده شدند. در مرحله آخر، وزن کارتوش‌های خشک‌شده اندازه‌گیری شده و مقدار درصد چربی خام نمونه‌های خشک شده، طبق فرمول ۳ محاسبه شد.

فرمول (۳)

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

اندازه‌گیری پروتئین خام، با استفاده از روش کجلدال پس از طی مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون انجام شد. نمونه‌های خشک‌شده تخم‌مرغ، با اسید سولفوریک هضم‌شده و آمونیاک آزاد کردند. آمونیاک آزادشده در مرحله تقطیر خارج و توسط اسید بوریک جمع‌آوری و سپس با تیتراسیون، میزان آن مشخص شد [۱۹][۲۰]. اندازه‌گیری پروتئین خام در سه مرحله آورده شده است:

۲.۴.۲.۱. مرحله اول

در مرحله هضم، مقدار ۰/۳ g از نمونه‌ها در لوله‌های هضم قرار داده شدند. پس از آن، به مقدار ۱/۷ g از قرص کاتالیزور به شیشه‌های هضم اضافه شد. سپس به هر شیشه به مقدار ۲/۴ mL اسیدسولفوریک 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 نمونه‌ها قرار گرفته شد. این نمونه استاندارد تنها حاوی قرص کاتالیزور و اسیدسولفوریک بود. پس از روشن کردن هود عملیات هضم شروع شد. نمونه‌ها بر روی اجاق به مدت ۴ h و در دمای ۵۰°C باقی‌مانده تا شفافیت رنگ نمونه‌ها به مقدار نمونه استاندارد شود. سپس دستگاه اجاق خاموش شده و نمونه‌ها سرد شد.

۲.۴.۲.۲. مرحله دوم

در این مرحله، از دستگاه تقطیر، با نام تجاری Peco Food Equipments مدل PDU-500SI ساخت کشور ایران، استفاده شد. این دستگاه در شکل ۳ نشان داده شده است. با اضافه‌کردن ۳۵-۴۰ mL آب‌مقطر و سود ۴۰٪ به نمونه حاوی آمونیاک، مرحله تقطیر انجام شده و در ظرف موجود، اسیدبوریک جمع‌آوری شد.

۲.۴.۲.۳. مرحله سوم

مرحله تیتراسیون، توسط دستگاه تیترا تور با نام تجاری

۲.۵. طراحی آزمایش و روش آماری

عامل مقایسه‌ای آغشتگی یا عدم آغشتگی 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 این مطالعه، از نرم‌افزار Design Expert 10 جهت پیش‌بینی اثر نور ماوراء بنفش بر خواص بیوشیمیایی تخم‌مرغ استفاده شد. تعیین تعداد و طرح کلی آزمایش‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش سطح پاسخ به کمک این نرم‌افزار صورت گرفت. طراحی بر اساس دو عامل عددی، تعداد ال‌ای‌دی‌ها (n) و زمان قرارگیری هر نمونه (t) و یک

جدول (۱) سطوح متغیرهای مستقل آزمایش در روش سطح پاسخ

Table (1) Test independent variables levels in response surface methodology

سطوح Levels				واحد Unit	پارامترهای عددی Numerical Parameters	
-1	0	+1	+2		کد گذاری شده Encoded	واقعی Real
20	40	60	-	-	A	تعداد Number
1	2	3	-	ساعت (h) Hour	B	زمان Time
-	-	عدم آغشتگی No oil	آغشته شدن With oil	-	C	آغشتگی پوسته Eating Egg Shell

۳. نتایج و بحث

سازی شرایط ماندگاری تخم‌مرغ از نظر مقدار pH در جدول ۲ نشان داده شده است؛ بدین‌گونه که هر یک از شماره‌های آزمایش نشان‌دهنده یک نمونه یا تخم‌مرغ در شرایط مختلف شامل: تعداد لامپ، زمان پرتودهی و آغشتگی یا عدم آغشتگی به روغن و مقدار pH بود. برازش مقادیر به دست آمده برای مقدار pH محتویات داخلی تخم‌مرغ، بر اساس مدل چندجمله‌ای درجه دوم صورت گرفت. در جدول ۳، معادله واقعی برای مقدار pH نشان داده شده است.

پیش از انجام آزمایش‌های موردنظر، رطوبت محتویات داخلی تخم‌مرغ، به جهت اثرگذاری بر خواص بیوشیمیایی آن، اندازه‌گیری شد. رطوبت محتویات داخلی تخم‌مرغ، با مقدار ۷۳٪ بر پایه مرطوب به دست آمد.

۳.۱. بررسی pH

نتایج حاصل از طرح آزمایش مورد استفاده به‌منظور بهینه

جدول (۲) طرح آزمایش مورد استفاده و نتایج به‌دست آمده برای مقدار pH

Table (2) The test plot used and the results obtained for the pH value

پ هاش pH	آغشتگی به روغن Eating Egg Shell	زمان Time (s)	تعداد لامپ ها Number of Lamps	شماره آزمایش Test Number	پ هاش pH	آغشتگی به روغن Eating Egg Shell	زمان Time (s)	تعداد لامپ ها Number of Lamps	شماره آزمایش Test Number
7.97	سطح 1	2	40	15	7.54	سطح 1	3	40	1
7.64	سطح 1	2	40	16	8.01	سطح 1	2	40	2
7.62	سطح 2	2	60	17	7.64	سطح 1	2	40	3

7.51	سطح 2	2	40	18	7.69	سطح 2	2	20	4
7.5	سطح 2	1	60	19	7.37	سطح 2	2	40	5
7.76	سطح 1	3	60	20	7.81	سطح 2	1	20	6
7.74	سطح 1	2	40	21	7.73	سطح 2	2	40	7
7.54	سطح 2	3	40	22	7.35	سطح 2	3	60	8
7.81	سطح 2	3	20	23	7.57	سطح 1	2	60	9
7.41	سطح 2	2	40	24	7.98	سطح 1	1	40	10
7.81	سطح 1	3	20	25	7.75	سطح 1	2	40	11
7.74	سطح 2	1	40	26	8.06	سطح 1	1	20	12
7.54	سطح 2	2	40	27	7.65	سطح 1	1	60	13
7.69	سطح 1	2	20	28	7.44	سطح 2	2	40	14

جدول (۳) معادله واقعی برای مقدار pH
Table (3) Is the actual equation for the pH value

معادله واقعی Real equation
$\text{pH} = 7.83 - 0.11 \times \text{تعداد لامپ} - 0.07 \times \text{زمان پرتودهی} - 0.09 \times \text{روغن} + 0.0004 \times \text{سطح} + 0.0069 \times \text{سطح} + 0.0010 \times \text{سطح}$

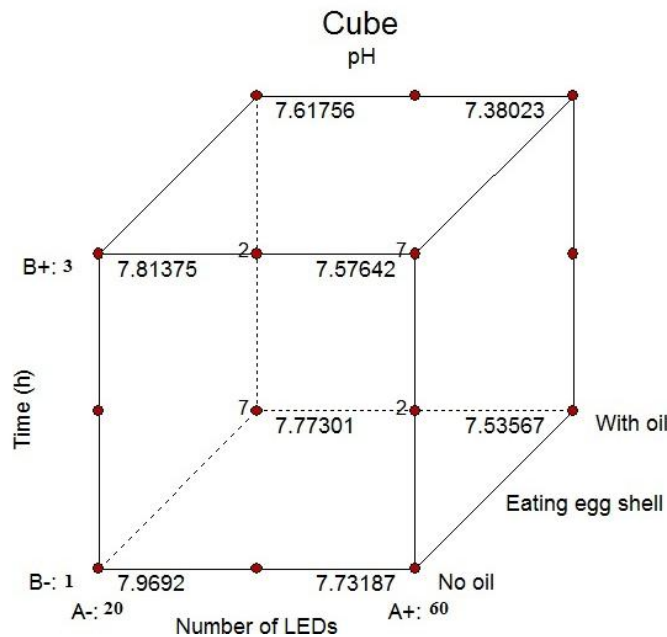
در جدول ۴، نتایج روش سطح پاسخ برای مقدار pH با توجه به مدت انبارمانی و فاکتورهای مورد بررسی نشان داده شده است. نتایج حاصله از مقدار pH مایع داخلی تخم‌مرغ بدین گونه است که فاکتورهای مدل، تعداد لامپ و آغستگی به روغن، همگی در سطح ۰/۰۰۰۴، ۰/۰۰۶۹ و ۰/۰۰۱۰ معنی دار شده و فاکتور مدت پرتودهی به نمونه‌ها معنی‌دار نشده است. به دلیل عدم معنی‌داری آزمون ضعف برازش، می‌توان نتیجه گرفت که این مدل برای مقدار pH مدلی مناسب بوده است.

جدول (۴) نتایج روش سطح پاسخ برای مقدار pH
Table (4) The results of the response surface method for pH value

یادداشت Note	مقدار p p value	مقدار F F value	میانگین مربعات Average of Squares	درجه آزادی Degrees of Freedom	مجموع مربعات Sum of Squares	منبع Source
قابل قبول	0.0004	8.79	0.17	3	0.51	مدل Model
	0.0069	8.72	0.17	1	0.17	A
	0.0650	3.74	0.072	1	0.072	B
	0.0010	13.90	0.27	1	0.27	C
غیر قابل قبول	0.6240	0.84	6.019	24	0.47	باقیمانده Residual
			0.018	14	0.25	ضعف برازش Lake of fite
			0.021	10	0.21	خطا خالص Pure error

شکل ۲، نمودار مکعبی مقدار pH، تحت اثر فاکتورهای تعداد لامپ، زمان پرتودهی و آغشته‌گی به روغن آفتابگردان نمونه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، مشاهده شد که با افزایش تعداد لامپ‌ها و زمان پرتودهی، مقدار pH کمتری برای نمونه‌های مایع تخم‌مرغ حاصل می‌شود. همچنین با آغشته‌کردن پوسته تخم‌مرغ به روغن آفتابگردان، مقدار pH پایین‌تری برای نمونه‌ها حاصل شد. بیشترین و کمترین مقدار به‌دست آمده، به ترتیب ۸/۰۶ (تعداد ۲۰ لامپ - زمان پرتودهی ۱ ساعت - آغشته‌شده به روغن آفتابگردان) و ۷/۳۵ (تعداد ۶۰ لامپ - زمان پرتودهی ۳ ساعت - آغشته‌نشده به روغن آفتابگردان) ثبت شد. نتایج به‌دلیل کاهش در سرعت تنفس نمونه‌ها است که به‌موجب آن، غلظت اکسیژن داخلی کاهش یافته و سطح دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد؛ در نتیجه منجر به بالا نگه‌داشتن اسیدآسکوربیک می‌شود. با توجه به وجود رابطه معکوس بین مقدار اسیدآسکوربیک و pH، می‌توان نتایج را این‌گونه توجیه کرد [۲۲].

شکل ۲، نمودار مکعبی مقدار pH، تحت اثر فاکتورهای تعداد لامپ، زمان پرتودهی و آغشته‌گی به روغن آفتابگردان نمونه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، مشاهده شد که با افزایش تعداد لامپ‌ها و زمان پرتودهی، مقدار pH کمتری برای نمونه‌های مایع تخم‌مرغ حاصل می‌شود. همچنین با آغشته‌کردن پوسته تخم‌مرغ به روغن آفتابگردان، مقدار pH پایین‌تری برای نمونه‌ها حاصل شد. بیشترین و کمترین مقدار به‌دست آمده، به ترتیب ۸/۰۶ (تعداد ۲۰ لامپ - زمان

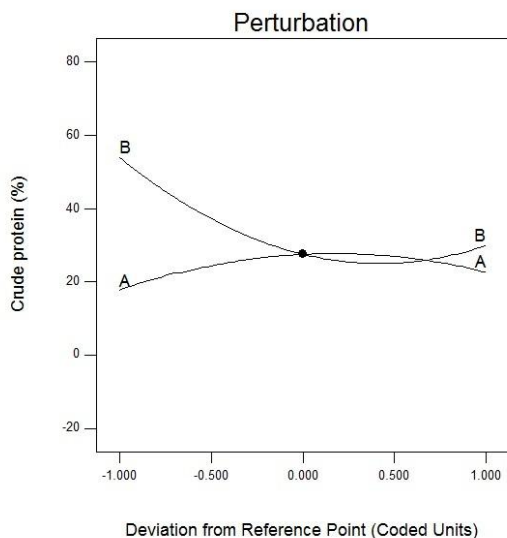


شکل (۲) نمودار مکعبی مقدار pH تحت اثر فاکتورهای تعداد لامپ، زمان پرتودهی و آغشته‌گی به روغن
Fig (2) The cubic diagram of the pH value under the number of lamp factors, irradiation time and oil

پرتودهی، غالباً درصد پروتئین خام کمتری برای نمونه‌های تخم‌مرغ حاصل شد. دلیل مشاهدات به‌دست‌آمده و کاهش میزان پروتئین خام تخم‌مرغ، افزایش تنش اکسیداتیو القاشده با افزایش تعداد لامپ‌ها و زمان پرتودهی در نمونه‌ها و در نتیجه تخریب درشت مولکول‌های زیستی، مثل پروتئین‌ها است [۲۳].

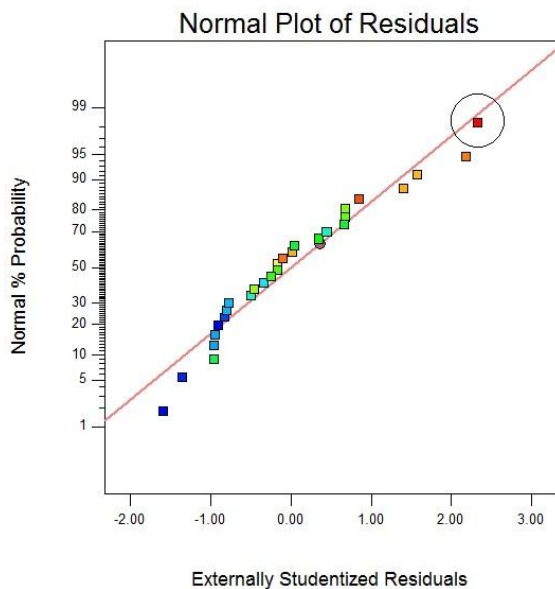
۳.۲. پروتئین خام

در شکل ۳، مقدار درصد پروتئین خام تحت اثر فاکتورهای A و B نشان داده شده است. با توجه به شکل، مشاهده شد که با افزایش تعداد لامپ‌ها از ۲۰ به ۴۰ عدد، مقدار پروتئین خام افزایش و از ۴۰ به ۶۰ عدد، این مقدار کاهش یافت. همچنین در بررسی زمان پرتودهی با افزایش مقدار



شکل (۳) نمودار آشفتگی برای بررسی مقدار درصد پروتئین خام تخم‌مرغ در تعداد لامپ و زمان پرتودهی
 Fig (3) Disturbance diagram to determine the percentage of egg crude protein in the number of lamp and irradiation time

در شکل ۴، میزان پراکندگی خطاهای داده‌های بررسی و نزدیک به خط خطای نرمال ترسیم شده‌اند که این امر نشان‌دهنده خطای پایین مدل پیشنهاد شده است. در پروتئین خام که پرت پیش‌بینی شده، باقی موارد به خوبی

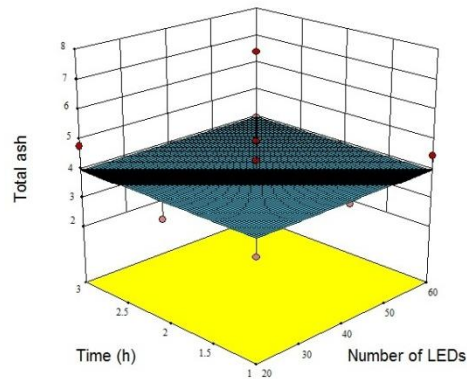


شکل (۴) میزان پراکندگی خطاهای داده‌های درصد پروتئین خام
 Fig (4) Dispersion Rate of Error Data on Crude Protein percentage

۳.۳. خاکستر کل

نتوانستند بین سطوح مختلف فاکتورها تأثیرگذار باشند تا احتمال معنی داری حاصل شود؛ به عبارت دیگر تغییر در تعداد لامپ‌های ال‌ای‌دی و مدت زمان پرتودهی، نتوانست تغییرات معناداری بر روی مقدار خاکستر کل بر جای گذارد.

در شکل ۵، مقادیر مختلف خاکستر کل تحت اثر فاکتورهای مورد بررسی A و B نشان داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان نتیجه گرفت که فاکتورهای مورد بررسی،

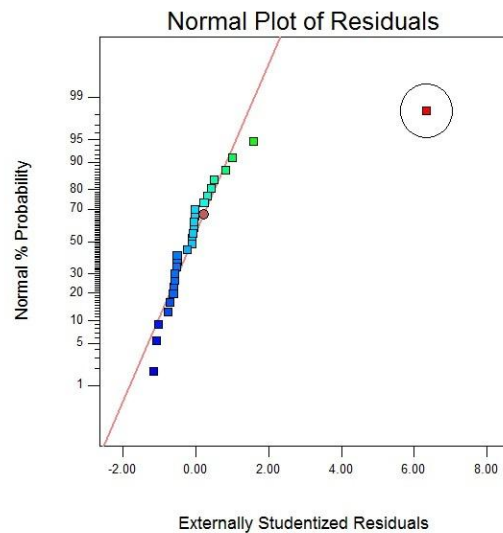


شکل (۵) نمودار سه بعدی برای بررسی مقدار خاکستر کل تخم مرغ در تعداد لامپ و زمان پرتودهی

Fig (5) three-dimensional graph for determine the amount of egg total ash in the number of lamp and irradiation times

خوبی و نزدیک به خط خطای نرمال ترسیم شده‌اند که این امر نشان‌دهنده خطای پایین مدل پیشنهاد شده است.

شکل ۶ میزان پراکندگی خطاهای داده‌های بررسی شده را نشان می‌دهد. بر این اساس می‌توان بیان کرد که جز یک مورد، در خاکستر کل که پرت پیش‌بینی شده، بقیه موارد به



شکل (۶) میزان پراکندگی خطاهای داده‌های خاکستر کل

Fig (6) The amount of dispersion of total ash data errors

۳.۴. چربی خام

چربی خام، بر اساس مدل چند جمله‌ای درجه دوم صورت گرفت. در جدول ۶ معادله کد شده، به منظور به دست آوردن مقدار درصد چربی خام نشان داده شده است.

در جدول ۵، نتایج به دست آمده از طرح آزمایش مورد استفاده برای بهینه‌سازی شرایط نگهداری تخم مرغ آورده شده است. برازش داده‌های به دست آمده برای مقدار درصد

جدول (۵) طرح آزمایش مورد استفاده و نتایج بدست آمده برای مقدار درصد چربی خام
Table (5) The test design used and the results obtained for the percentage of pure fat

درصد چربی خام Pure fat percentage	آغشتگی به روغن Eating Egg Shell	زمان Time (s)	تعداد لامپ ها Number of Lamps	شماره آزمایش Test Number	درصد چربی خام Pure fat percentage	آغشتگی به روغن Eating Egg Shell	زمان Time (s)	تعداد لامپ ها Number of Lamps	شماره آزمایش Test Number
40.33	سطح 1	2	40	15	45.61	سطح 1	3	40	1
45.66	سطح 1	2	40	16	40.66	سطح 1	2	40	2
36.87	سطح 2	2	60	17	43	سطح 1	2	40	3
45	سطح 2	2	40	18	41.33	سطح 2	2	20	4
33.33	سطح 2	1	60	19	41	سطح 2	2	40	5
36.87	سطح 1	3	60	20	40.66	سطح 2	1	20	6
40	سطح 1	2	40	21	36	سطح 2	2	40	7
45.61	سطح 2	3	40	22	45.61	سطح 2	3	60	8
48.33	سطح 2	3	20	23	35.5	سطح 1	2	60	9
38.66	سطح 2	2	40	24	38.58	سطح 1	1	40	10
46	سطح 1	3	20	25	42	سطح 1	2	40	11
38.58	سطح 2	1	40	26	41	سطح 1	1	20	12
36.33	سطح 2	2	40	27	39.33	سطح 1	1	60	13
43.46	سطح 1	2	20	28	41.66	سطح 2	2	40	14

جدول (۶) معادله کد شده برای چربی خام

Table (6) coded equation for pure fat

معادله کد شده Coded equation
Pure fat (%)=40.76-2.77×A+3.05×B-1.05×C

آفتابگردان معنی‌دار نشده است؛ همچنین اثر متقابل سه فاکتور بر روی هم نیز معنی‌دار نشده است. با توجه به نتیجه آزمون ضعف برازش که معنی‌دار نشده، می‌توان چنین بیان کرد که این مدلی مناسب برای درصد چربی خام بوده است.

نتایج روش سطح پاسخ برای مقدار درصد چربی خام، طی ۲ روز انبارمانی و پارامترهای تعداد لامپ‌های ماوراءبنفش (A) و زمان پرتودهی تحت این لامپ‌ها (B)، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به نتایج مقدار درصد چربی خام مدل، تعداد لامپ و زمان پرتودهی همگی معنی‌دار شده و از لحاظ آغشتگی به روغن

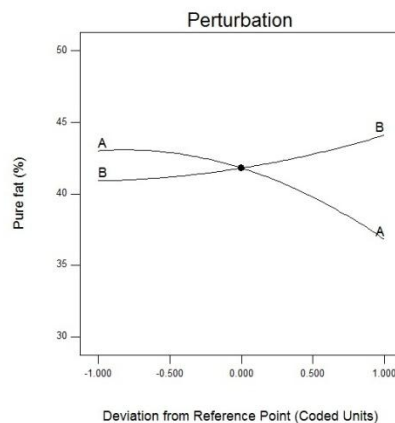
جدول (۷) نتایج روش سطح پاسخ برای مقدار درصد چربی خام

Table (7) The results of the response surface method for the percentage of pure fat

یادداشت Note	مقدار p p value	مقدار F F value	میانگین مربعات Average of Squares	درجه آزادی Degrees of Freedom	مجموع مربعات Sum of Squares	منبع Source
قابل قبول	0.0054	4.12	25.75	11	283.24	مدل Model
	0.0014	14.74	92.25	1	92.25	A
	0.0007	17.78	111.27	1	111.27	B
	0.1419	2.39	14.93	1	14.93	C
	0.6927	0.16	1.01	1	1.01	AB
	0.6309	0.24	1.50	1	1.50	AC
	0.0618	4.03	25.24	1	25.24	BC
			6.26	16	100.12	باقیمانده Residual
غیر قابل قبول	0.8935	0.35	2.91	6	17.43	ضعف برازش Lake of fite
			8.27	10	82.69	خطا خالص Pure error

مرئی کاملاً پایدار هستند؛ بنابراین در اثر قرارگرفتن نمونه های حاوی اسیدهای چرب اشباع نشده و استرها در معرض نور مصنوعی و یا نور روز، این اسیدها سبب افزایش غلظت نور خورشید می شوند. پس در ادامه می توان دلیل کاهش روغن خام نمونه ها با افزایش تعداد ال ای دی ها را این گونه تعبیر کرد که افزایش تعداد ال ای دی ها، سبب افزایش غلظت نور و در نتیجه اکسیداسیون اسید چرب به هیدروپراکسید کاتالیز شده می شود. [۲۴][۲۵][۲۶][۲۷].

همان طور که در شکل ۷ نشان داده شده است T با افزایش تعداد لامپ ها، مقدار درصد چربی خام کاهش و با افزایش زمان پرتو دهی، این مقدار افزایش پیدا کرده است. بیشتر و کمترین مقدار درصد چربی خام، به ترتیب ۴۸/۳۳۳۳ (۲۰ لامپ - ۳ ساعت زمان پرتو دهی) و ۳۳/۳۳۳۳ (۶۰ لامپ - ۱ ساعت زمان پرتو دهی) مشاهده شده است. اسیدهای چرب اشباع نشده و استر آن ها، نور UV را در طول موج های خاصی جذب می کنند و در حضور نور



شکل (۷) نمودار آشفتگی برای بررسی مقدار درصد چربی خام تخم مرغ در تعداد لامپ و زمان پرتو دهی

Fig (7) Disturbance diagram to determine the percentage of egg pure fat percentage in the number of lamp and irradiation time

۴. نتیجه‌گیری

نمونه‌ها سبب افزایش درصد چربی و کاهش مقدار pH شد. در بررسی اثر تعداد لامپ‌ها و زمان پرتودهی بر مقدار خاکستر کل، مشخص شد که این مقدار در سطوح مختلف، دارای تغییرات معنی‌داری نبود. همچنین بهترین سطح پارامترها برای حاصل‌شدن بیشترین مقدار پروتئین، ۴۰ لامپ در مدت زمان ۱ ساعت حاصل شد. با توجه به همه پارامترهای مورد بررسی و روند افزایشی pH و درصد چربی خام و روند کاهشی درصد پروتئین خام، به صورت واحد، می‌توان دریافت که استفاده از ۴۰ عدد لامپ، تأثیر مفیدی بر مقادیر درصد چربی، پروتئین خام و pH می‌گذارد.

در این آزمایش، تأثیر سطوح مختلف فاکتورهای تعداد و زمان پرتودهی لامپ ماوراءبنفش و آغستگی پوسته تخم‌مرغ به روغن آفتابگردان، بر مقدار خواص بیوشیمیایی pH، درصد پروتئین خام، خاکستر کل و درصد چربی خام بررسی شد. نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که در همه موارد، به‌جز فاکتور خاکستر کل، تغییر در سطوح مختلف فاکتورهای مورد نظر، بر روی خواص بیوشیمیایی تعیین‌شده تأثیرگذار است. افزایش تعداد لامپ‌ها در اندازه‌گیری درصد چربی خام و pH، سبب کاهش مقادیر شد. همچنین افزایش زمان پرتودهی به

منابع

- [1] Seregély, Z., Farkas, J., Tuboly, E., Dalmadi, I. (2006). Investigating the properties of egg white pasteurised by ultra-high hydrostatic pressure and gamma irradiation by evaluating their NIR spectra and chemosensor array sensor signal responses using different methods of qualitative analysis. *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, 82: 115–121.
- [2] Rossi, M., Casiraghi, E., Primavesi, L., Pompei, C., Hidalgo, A. (2010). Functional properties of pasteurised liquid whole egg products as affected by the hygienic quality of the raw eggs. *LWT-Food Sci. Technol.*, 43: 436–441.
- [3] 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 Chem.*, 83: 175–183.
- [4] Roberts, J.R. (2004). Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens. *J. Poult. Sci.*, 41: 161–177.
- [5] Lin, J., Lin, Y., Hsieh, M., Yang, C. (1998). An automatic system for eggshell quality monitoring. *ASAE Annual Meeting* . 1.
- [6] Mehdizadeh, S.A., Nadi, F. (2016). Experimental and numerical analysis for prediction of mechanical properties of eggshell. *Int. J. food Eng.*, 12: 287–293.
- [7] Kemps, B.J., Bamelis, F.R., De Ketelaere, B., Mertens, K., Tona, K., Decuyper, E.M., De Baerdemaeker, J.G. (2006). Visible transmission spectroscopy for the assessment of egg freshness. *J. Sci. Food Agric.*, 86: 1399–1406.
- [8] Dutta, R., Hines, E.L., Gardner, J.W., Udrea, D.D., Boilot, p. (2003). Non-destructive egg freshness determination: an electronic nose based approach. *Meas. Sci. Technol.*, 14: 190.
- [9] Arendse, E., Fawole, O.A., Magwaza, L.S., Opara, U.L. (2016). Non-destructive characterization and volume estimation of pomegranate fruit external and internal morphological fractions using X-ray computed tomography. *J. Food Eng.*, 186: 42–49.
- [10] Cedro, T.M.M., Calixto, L.F.L., Gaspar, A., Curvello, F.A., Hora, A.S. (2009). Internal quality of conventional and omega-3-enriched commercial eggs stored under different temperatures. *Brazilian J. Poult. Sci.*, 11: 181–185.
- [11] 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 Res. Int.*, 108: 151–160.
- [12] Park, K.J., Bin, A., Brod, F.P.R. (2003). Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. *J. Food Eng.*, 56: 97–103.
- [13] Montgomery, D.C. (2005). Design and Analysis of Experiments, 6th ed, John Wiley&Sons.
- [14] Ozdemir, M., Ozen, B.F., Dock, L.L., Floros, J.D. (2008). Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. *LWT-Food Sci. Technol.*, 41: 2044–2050.
- [15] Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., Mortazavi, S.A. (2012). Multi-objective optimization of osmotic-ultrasonic pretreatments and hot-air drying of quince using response surface methodology. *Food Bioprocess Technol.*, 5: 2098–2110.
- [16] Azadbakht, M., Torshizi, M.V., Ziaratban, A. (2016). Application of Artificial Neural Network (ANN) in predicting mechanical properties of canola stem under shear loading. *Agric. Eng. Int. CIGR J.*

18: 413–425.

[17] Marsilio, V., Lanza, B., Campestre, C., De Angelis, M. (2000). Oven-dried table olives: textural properties as related to pectic composition. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 1271–1276.

[18] Martín-Diana, A.B., Rico, D., Barat, J.M., Barry-Ryan, C. (2009). Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life. *Innov. food Sci. Emerg. Technol.*, 10: 590–600.

[19] Calsamiglia, S., Stern, M.D., Stern, M.D. (1995). ruminants A Three-Step In Vitro Procedure for Estimating Intestinal Digestion of Protein in. *J. Anim. Sci.*, 1459–1465.

[20] 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. *J. Anim. Sci.*, 2163–2167.

[21] Al-Shahib, W., Marshall, R.J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future?. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 54: 247–259.

[22] 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 Hum. Nutr.*, 58: 1–7.

[23] Salama, H.M.H., Al Watban, A.A., Al-Fughom, A.T. (2011). Effect of ultraviolet radiation on chlorophyll, carotenoid, protein and proline contents of some annual desert plants. *Saudi J. Biol. Sci.*, 18: 79–86.

[24] Rawls, H.R., Van Santen, P.J. (1970). A possible role for singlet oxygen in the initiation of fatty acid autoxidation. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 47: 121–125.

[25] Wolff, J.P. (1968). Methodes physicochimiques d'analyse des corps gras. *Chim. Anal.*, 50: 18–24.

[26] Clements, A.H., Van Den Engh, R.H., Frost, D.J., Hoogenhout, K., Nooi, J.R. (1973). Participation of singlet oxygen in photosensitized oxidation of 1, 4-dienoic systems and photooxidation of soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 50: 325–330.

[27] Khattab, A.H., El Tinay, A.H., Khalifa, H.A., Mirghani, S. (1974). Stability of peroxidised oils and fat to high temperature heating. *J. Sci. Food Agric.*, 25: 689–696.

Research Article

Evaluation of the effect of UV light on the biochemical properties of egg contents using the response surface method

Mohammad Javad Mahmoodi¹, Mohsen Azadbakht^{*2}, Ali Asghari³, Behrouz Dastar⁴

1. M. Sc. in Bio-System Mechanical Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2. Associate Professor of Department of Bio-System Mechanical Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3. Assistant Professor of Department of Bio-System Mechanical Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

4. Professor of Department of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Abstract

Today, due to the use of eggs as a complete food package directly and indirectly, it is important to maintain quality. In this study, fresh eggs purchased and after placing the samples under UV rays with different levels of parameters, they were divided into two groups of impregnated and not impregnated sunflower oil. The samples were then stored for two days and then, the biochemical properties were determined for them including the percentage of fat and crude protein, pH and total ash. In the statistical analysis, the results for pure fat were the highest and the lowest was 48.3333 (20 lamps- 3 hours irradiation time) and 33.3333 (60 lamps- 1 hour irradiation time). In the study of the effects of the number of lamps and UV irradiation time on total ash, no significant changes were made at different levels of the parameters. There were also significant changes in the number of LED lamps and irradiation times in the raw protein review, so that the highest level of protein in the parameters studied in this section was 40 lamps and 1 hour of irradiation and the lowest level The protein was about 20 lamps and 2 hours of ultraviolet radiation. In the pH check, the increase in the number of ultraviolet lamps and irradiation time reduced the amount of pH; As a result of the inverse relationship between the increase in the number of LED lamps and the irradiation time with the pH value. Also performing impregnated egg shell sunflower oil was a decrease in pH value.

Keywords: Egg, Biochemical, Ultraviolet, Response Surface, Protein.

* Corresponding author: azadbakht@gau.ac.ir