مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۳ شماره ۱/ سال ۱۴۰۲/ صفحات ۱۲۹ تا ۱۴۱
DOI: 10.22034/FR.2022.51617.1836

مهار قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی پودرهای سفیده و تخم مرغ کامل با آنزیم و تغییر pH: تاثیر بر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی و حسی

بیوک‌آقا فرمانی[1*] و سمیه محمدخانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۹

[1] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، ایران
[2] دانشجوی کارشناسی گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز
[*]مسئول مکاتبه: Email: bfarmani@tabrizu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: هدف از این مطالعه، تهیه پودر سفیده و تخم مرغ کامل با استفاده از تیمارهای اسیدی و آنزیمی بود. در روش آنزیمی، گلوگز اکسیداز-کاتالاز (۶ h–۳۰°C) برای تخم مرغ کامل مایع (pH ۷/۶) و سفیده مایع (pH ۹) در اینکوباتور شیکردار انجام شد. در روش اسیدی (اسید سیتریک)، برای تخم مرغ کامل مایع، pH ها روی ۷/۶ (شاهد)، ۶/۶، ۵/۶ و ۴/۶ و برای سفیده تخم مرغ pH ها روی ۹ (شاهد)، ۸، ۷ و ۶ تنظیم شده و برای پاستوریزاسیون از بن ماری (۲/۵ min–۶۵°C) استفاده شد. پاستوریزاسیون سفیده و تخم مرغ مایع بر اساس غیرفعال شدن آنزیم آلفا آمیلاز (با هدف *S.senftenbarg* 557W) سنجیده شد. پودر تخم مرغ کامل با pH های ۷/۶ (شاهد) و ۶/۶ تیره‌ترین به خاطر حداکثر واکنش مایلارد در مقابل نمونه با pH ۵/۶ در حد متوسط و نمونه‌های با pH های ۷/۶ (تیمار آنزیمی) و ۴/۶ روشن‌ترین (حداقل رنگ) بودند. کف‌کنندگی پودر تخم مرغ بازساخته در pH ۴/۶ بیشترین (۷۲٪) و شاهد (pH ۷/۶) کمترین (۵۵٪) را نشان دادند. نمونه تیمار شده آنزیمی (pH ۷/۶) قدرت کف‌کنندگی حدواسطی داشت. تیره‌ترین نمونه مربوط به پودر سفیده شاهد (pH ۹) و روشن‌ترین رنگ در نمونه‌های با pH های ۹ (تیمار آنزیمی)، ۸، ۷ و ۶ (حداقل رنگ) بودند.

نتیجه‌گیری نهایی: نتایج آزمایشات نشان داد که در تهیه پودر سفیده تخم مرغ، نمونه‌های تیمار شده با آنزیم کمترین قهوه‌ای شدن را داشتند. پودر سفیده بازساخته با pH ۶ بیشترین (۸۲٪) و شاهد (pH ۹) کمترین (۶۵٪) میزان کف کنندگی را نشان دادند و نمونه تیمار شده آنزیمی (pH ۹) قدرت کف‌کنندگی ۶۸٪ داشت.

واژگان کلیدی: تیمار اسیدی، گلوکز، سیستم آنزیمی، واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی، قابلیت کف‌کنندگی

مقدمه

تخم مرغ کامل مایع شامل زرده و سفیده است که از لحاظ ارزش تغذیه‌ای بسیار مهم بوده و شامل ترکیبات ارزشمند مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها، کربوهیدرات (عمدتا گلوکز)، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد. تخم مرغ (۹۴٪) در مقایسه با گوشت (۷۴٪)، شیر (۸۴٪)، ماهی (۷۶٪)، برنج (۶۸٪)، گندم (۶۵٪)، ذرت (۵۹٪) و بادام

زمینی (۵۵٪) بالاترین ارزش بیولوژیکی را دارد (روسی و همکاران ۲۰۱۰).

با توجه به فاسدپذیر بودن تخم مرغ در شرایط اقلیمی و آب و هوای مختلف و به منظور حمایت از تولیدکنندگان و مصرف کنندگان این محصول مهم غذایی، توسعه تولید انواع محصولات پودری تخم مرغ ضروری می‌باشد. محصولات پودری تخم مرغ در صنایع مختلفی مانند صنعت نانوایی، کیک، بیسکویت، شیرینی‌ها، فرآورده‌های گوشتی (سوسیس و کالباس)، مخلوط با شیر کاربرد دارد (گرا و همکاران ۲۰۱۱). محققان در فرمول‌های مختلف مافین از پودر تخم مرغ کامل، تخم مرغ مایع کامل و پودر سفیده استفاده کرده‌اند (گرا و همکاران ۲۰۱۱). اثر سطوح مختلف تخم مرغ خشک شده همراه با ایزوله پروتئین آب پنیر، نشاسته گندم، صمغ گوار و گزانتان یا مخلوطی از آن‌ها در کیک مورد بررسی شده است که با جایگزینی پودر تخم مرغ در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰٪، محققان مشاهده کردند که سطح ۵۰٪ عملکردی خوبی نشان داد. همچنین مشاهده شد که مخلوط‌های کاربرد شده با صمغ گوار–ایزوله پروتئین آب پنیر–نشاسته و صمغ گزانتان–ایزوله پروتئین آب پنیر–نشاسته بهترین عملکرد را داشتند، به طوری که از نظر حجم و ویژگی‌های بافتی بسیار نزدیک به شاهد بودند (کوهرس و همکاران ۲۰۱۰).

برای خشک کردن تخم مرغ در سال‌های قبل بدون دانستن مفهوم اساسی خواص ارگانولپتیکی از روش‌های سنتی و قدیمی استفاده می‌شد. عملیات خشک کردن صنعتی اولین بار در اواخر قرن ۱۸ میلادی در کشور چین و همچنین در آلمان به طور وسیع در سال ۱۹۳۰ میلادی آغاز شد. در سال ۱۹٤٤ میلادی، ۱۳۳ خشک‌کن عمل خشک کردن تخم مرغ مایع را برای طرف‌های قرار داد و ارتش در آمریکا استفاده انجام می‌داد (اُبارا و همکاران ۲۰۰٦). در سال ۱۹۵۰ میلادی ایالات متحده آمریکا به منظور حمایت از قیمت محصولات تخم مرغ در مواقع کمبود و افزایش تقاضا تدابیر ویژه‌ای را بکار گرفت و در این زمینه مطالعات زیادی در مورد محتویات رطوبتی تخم مرغ کامل، زرده و سفیده خشک شده در شرایط مختلف رطوبتی–دمای انجام گرفت (داویس و کلین ۱۹٦۵). هیل و همکاران (۱۹٦۵) در زیر میکروسکوپ خشک شدن واقعی تخم مرغ کامل و زرده را بررسی کردند (هیل و همکاران ۱۹٦۵). اولین فرآیند پاستوریزاسیون اصولی و علمی در مورد تخم مرغ کامل و زرده انجام شد و در ادامه کار برهمکنش کربوهیدرات با پروتئین‌ها و فسفولیپیدهای موجود در تخم مرغ مورد مطالعه قرار گرفت و نقش پروتئین‌های سفیده تخم مرغ بر خواص عملکردی در کیک بررسی شد (گاندهی و همکاران ۱۹٦۸).

در سال‌های بعد، تاثیر فرآیند پاستوریزاسیون بر تخم مرغ مایع در سطح پایلوت مجددا ارزیابی شد و اثر تخریب حرارتی بر گونه‌های سالمونلا برای سفیده با ۹ pH و تخم مرغ کامل با ۷/٦ pH در دمای ٦۰ °C حدود ۱٤ min تعیین گردید (حمید–صمیمی و همکاران ۱۹۸۵). در ادامه کارهای تحقیقاتی، مقاومت حرارتی سایر گونه‌های سالمونلا در محصولات مختلف تخم مرغ مطالعه و بررسی گردید. پاستوریزاسیون سفیده را در ۵۷/۵ °C اثر کاهشی خوبی روی فلور میکروبی داشت. همچنین، نقش پاستوریزاسیون برای از بین بردن *S. typhimurium* ارزیابی گردید (تیلور و همکاران ۲۰۱٤).

عوامل مهم تاثیرگذار در افزایش کیفیت محصولات تخم مرغ خشک به وسیله محققین متخصص در این زمینه بررسی شده است (برگکوئیست ۱۹۹۵). قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (مایلارد)، واکنش بین گروه آمینه (پروتئین‌ها یا آمینو اسید) و قند گلوکز است در تولید پودر تخم مرغ به عنوان رنگ نامطلوب تشکیل شده که باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای می‌گردد (سیساک و همکاران ۲۰۰٦). برای حذف گلوکز به عنوان قند احیاء کننده از تخم مرغ مایع قبل از تهیه پودر برای جلوگیری از

قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی از آنزیم گلوکزاکسیداز استفاده می‌گردد. این آنزیم اکسیداسیون گلوکز را کاتالیست کرده تا گلوکونولاکتون و پراکسید هیدروژن تولید گردند که در ادامه واکنش، اسید گلوکونیک حاصل می‌شود (ونگ و همکاران ۲۰۰۸). علاوه بر این، پراکسید هیدروژن تولید شده در واکنش همچنین می تواند باعث مرگ یا مهار رشد میکروارگانیسم‌ها شود (دوبنی و همکاران ۱۹۹۵).

هدف از این کار پژوهشی تولید پودرهای سفیده و تخم مرغ کامل با کیفیت بالای باکتریایی و حداقل تغییر در خواص فیزیکی شیمیایی و حسی بود. برای خشک کردن محصولات تخم مرغ از آون فن‌دار و نمونه‌های با pH های مختلف تیماری با اسید خوراکی و مخلوط آنزیمی استفاده گردید.

مواد و روش ها

تخم مرغ‌های تازه (۲۰ کیلوگرم) از سوپر مارکت محلی تهیه و فورا برای انجام کارهای عملی لازم به آزمایشگاه منتقل شدند. سایر وسایل آزمایشگاهی شامل شیشه‌آلات، هاون چینی، خردکن دستی، هیتر ، پمپ خلاء، کاغذ صافی، بشرها، بالون ژوژه و ... بودند.

روش تهیه نمونه‌ها: تخم مرغ‌های دریافتی تحت یکسری عملیات آماده‌سازی مانند بازرسی، شستشو، ضد عفونی و جداسازی قرار گرفتند تا آماده تیمار و فرآوری باشند. برای هر کدام از تیمارها ۶۰۰ گرم تخم مرغ (۱۰ عدد تخم مرغ) آماده‌سازی شده و سپس سفیده و تخم مرغ مایع داخل بشرهای شیشه‌ای شماره‌گذاری شده منتقل تا به صورت همگن مخلوط گردند. برای حذف و یا به حداقل رساندن اثر گلوگز از تیمار اسید سیتریک و مخلوط آنزیم گلوگز اکسیداز-کاتالاز استفاده گردید.

۱- در روش آنزیمی: از آنزیم گلوگز اکسیداز ($20\ U\ L^{-1}$ با EC 1.1.3.4)-کاتالاز ($35\ U\ L^{-1}$ با EC 1.11.1.6) و پراکسید هیدروژن (۰/۱ mM) (سیگما) در ۳۰ °C طی h ۶، نیم کیلوگرم تخم مرغ کامل مایع (با pH ۷/۶) و نیم کیلوگرم سفیده مایع (با pH ۹) در اینکوباتور شیکردار تیمار شدند (دوبنی و همکاران ۱۹۹۵). نقش آنزیم کاتالاز تخریب پراکسید هیدروژن و تامین اکسیژن لازم جهت اکسیداسیون گلوگز به وسیله آنزیم گلوگز اکسیداز با نقش کاتالیستی تا گلوگز به اسید گلوکونیک تبدیل گردد (دوبنی و همکاران ۱۹۹۵). سپس برای پاستوریزاسیون از بن ماری (۶۵ °C- ۲/۵ min) استفاده شد.

۲- در روش اسیدی: بعد از تهیه مخلوط همگن سفیده و تخم مرغ مایع در بشرهای شیشه‌ای (۵۰۰ mL)، pH تخم مرغ کامل مایع، روی ۷/۶ (شاهد)، ۶/۶، ۵/۶ و ۴/۶ و سفیده روی ۹ (شاهد)، ۸، ۷ و ۶ با محلول اسید سیتریک (۱۰٪) تنظیم و سپس برای پاستوریزاسیون از بن ماری (۶۵ °C- ۲/۵ min) استفاده شد.

با رعایت شماره بشرها، داخل سینی‌ها ریخته و در آون فن‌دار (فن آوران سهندآذر) قرار گرفتند. یکنواختی و نازک بودن لایه‌ها مدت زمان خشک شدن را کاهش و یکنواختی خشک شدن را افزایش می‌داد . نمونه‌های خشک شده از سینی‌ها جمع‌آوری شده و با خردکن دستی به پودر تبدیل شدند. در پایان پودرها در بسته-های پلاستیکی بعد از هواگیری بسته‌بندی، تاریخ تولید و شماره هر نمونه‌ها را مشخص کرده و روی بسته‌ها نوشه شدند.

تعیین pH: از pH متر کالیبره شده (بافرهای ۷ و ۴) برای تعیین pH نمونه‌ها استفاده شد (استاندارد ملی ایران ۳۱۹۵ سال ۱۳۸۶).

تعیین رطوبت نمونه‌ها: برای اندازه‌گیری رطوبت هر کدام از محصولات پودری تولید شده، g ۵ نمونه داخل کپسول چینی برداشته به مدت h ۳ در ۱۰۳ °C درون آون خشک و از تفاضل وزن، رطوبت به صورت درصد محاسبه گردید (استاندارد ملی ایران ۲۴۸۷ سال ۱۳۹۶).

تعیین قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی: برای اندازه‌گیری میزان قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی از روش اسپکتروفتومتری

(JENWAY 6405 UV/Vis) در ٤٢٠ nm استفاده شد. ابتدا محلول ۱٪ وزنی سوسپانسیون پودرها در آب مقطر تهیه شده و به آرامی حدود ۱۰ min همزده شد. در ادامه محلول حاصل از کاغذ صافی واتمن با منافذ ۰/٤٥ µm عبور داده و از مایع صاف شده برای تعیین مقدار جذب و بیان قهوه‌ای شدن به صورت واحدهای رنگ در گرم نمونه استفاده گردید (کاتو و همکاران ۱۹۸۸).

تعیین حجم کف‌کنندگی: مقدار g ۱ پودر تخم مرغ کامل و یا سفیده به آب مقطر اضافه شده و pH آن‌ها روی عدد ۷ تنظیم (با هیدروکسید سدیم یا اسید هیدروکلریک N ۱) شد. بعد رساندن حجم سوسپانسیون به mL ۱۰۰ به مدت min ۲ داخل بشر mL ۲۵۰ با مخلوط کن سرعت بالا همزده و سپس به استوانه مدرج mL ۲۵۰ منتقل شد. حجم کف از روی تغییر مقدار افزایش کف در محدوده زمانی صفر و min ۳۰ ثبت گردید (یو و همکاران ۲۰۱۲).

کفایت پاستوریزاسیون نمونه‌ها: برای ارزیابی کارایی فرآیند پاستوریزاسیون در تخم مرغ مایع کامل و سفیده (٦٥ °C–۲/٥ min)، از روش سنجش فعالیت آلفا–آمیلاز با استفاده از محلول نشاسته ۱٪ (کمپلکس نشاسته–ید) استفاده شد (داسیلوا و همکاران ۲۰۱۷).

ارزیابی خصوصیات حسی: جهت بررسی خصوصیات حسی و پذیرش هر یک از صفات مورد نظر از روش اوریشاقبمی و همکاران (۲۰۱۸) استفاده شده که به طور خلاصه ۱ گرم از هر کدام نمونه‌های پودری با ۸ میلی–لیتر آب مقطر بازساخته شده تا گروه ارزیاب ویژگی–های مورد نظر را ارزیابی کردند (اوریشاقبمی و همکاران، ۲۰۱۸). برای بررسی صفات رنگ ظاهری، ثبات حرارتی و لخته‌شدگی در پودرهای سفیده و تخم مرغ کامل بازساخته از گروه ارزیاب نیمه آموزش دیده استفاده شدند. از مقیاس هدونیک ٥ نقطه‌ای (٥ نفر دانشجو) با سطح امتیازی‌بندی خوب (٥)، متوسط (٤)، ضعیف (۳)، بد (۲) و غیرقابل قبول (۱) بکار گرفته شد.

روش آنالیز آماری

در این مطالعه اثر تیمارهای pH (۳ سطح) و آنزیم در مقابل نمونه شاهد و نمونه تیمار شده با روش آنزیم ترکیبی در ۳ تکرار بررسی شد. آزمایشات در قالب طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه قرار گرفت و همه تیمارها در سه تکرار انجام شد. داده‌های بدست آمده با روش آنالیز واریانس (ANOVA) در سطح احتمال (P <۰/۰٥) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت (IBM SPSS 22). نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

بررسی کفایت پاستوریزاسیون در سفیده و تخم مرغ مایع

تخم مرغ معمولا در یخچال حداکثر یک ماه با حفظ ایمنی میکروبی و ثبات کیفیت کلی قابل نگهداری است در مقابل پودر تخم مرغ حداقل ۱۲–۱۸ ماه در دمای معمولی به شرط بسته‌بندی غیرقابل نفوذ هوا به خوبی ثبات ماندگاری دارد. تخم مرغ پودری باید حداکثر خواص فیزیکی شیمیایی، ظاهر و حسی محصول اولیه را حفظ نماید. شاخص پاستوریزاسیون در سفیده و تخم مرغ مایع کامل براساس از بین رفتن باکتری بیماری‌زای *S.senftenbarg* 557W بوده و کفایت پاستوریزاسیون بر پایه غیرفعال شدن آنزیم آلفا–آمیلاز (دمای ٦٥ °C مدت ۲/٥ min) سنجیده می‌شود (داسیلوا و همکاران ۲۰۱۷). ارزیابی فعالیت آنزیم آلفا–آمیلاز در ارتباط با هیدرولیز نشاسته یک آزمایش سریع و کاملا کاربردی برای ارزیابی کارآیی پاستوریزاسیون محصولات تخم مرغ مایع می‌باشد. سفیده و تخم مرغ مایع کامل پاستوریزه شده در ٦٥ °C برای ۲/٥ min به آزمون کفایت پاستوریزاسیون جواب مثبت (کمپلکس نشاسته–ید) داده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱- pH، شرایط پاستوریزاسیون محصولات تخم مرغی، کفایت پاستوریزاسیون و خشک کردن

Table 1- pH, pasteurization conditions of egg products, adequacy of pasteurization and drying

No.	pH	Pasteurization time-temperature	Drying time-temperature	Pasteurization adequacy
Conditions of whole egg				
1 (control)	7.6	65 °C and 2.5 min	58 °C and 5 h	+
Enzymatic T.	7.6	65 °C and 2.5 min	58 °C and 5 h	+
2	6.6	65 °C and 2.5 min	58 °C and 5 h	+
3	5.6	65 °C and 2.5 min	58 °C and 5 h	+
4	4.6	65 °C and 2.5 min	58 °C and 5 h	+
Conditions of egg white				
1 (control)	9	65 °C and 2.5 min	56 °C and 4 h	+
Enzymatic T.	9	65 °C and 2.5 min	56 °C and 4 h	+
2	8	65 °C and 2.5 min	56 °C and 4 h	+
3	7	65 °C and 2.5 min	56 °C and 4 h	+
4	6	65 °C and 2.5 min	56 °C and 4 h	+

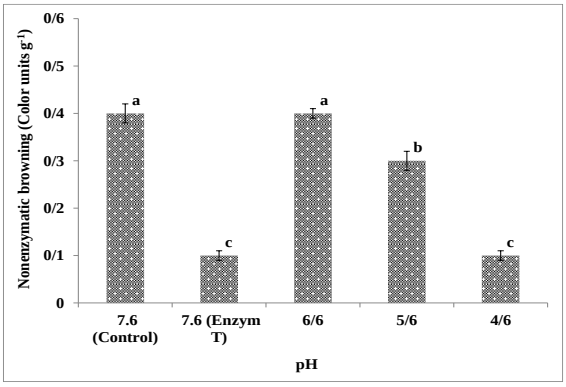
با وجود ترکیباتی با خواص شیمیایی و ضدمیکروب در تخم مرغ که از تکثیر انواع میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند، اما پس از تخم‌گذاری، تخم‌ها می‌توانند توسط میکروارگانیسم‌های مختلف (مخصوصا باکتری‌ها) موجود در محیط و یا فلور میکروبی موجود در روده پرندگان آلوده گردند. برای مثال باکترهای جنس سالمونلا موقع استفاده از تخم مرغ‌های کثیف، ترک خورده یا دارای نقص در پوسته حساسیت به آلودگی را افزایش می‌دهند. همچنین در حین فرآوری تخم مرغ‌ها هم ممکن است تعداد بالای میکروب وارد محصولات تخم مرغ مایع خام گردند (کوین و همکاران ۲۰۰۵). در این حالت نقش فرآیند حرارتی برای از بین بردن میکروب‌ها کاربرد عملی پیدا می‌کند.

مهار قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در حین تولید محصولات پودری تخم مرغ جهت کنترل ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های ظاهری بسیار مهم است. سطح شرایط قلیایی یا اسیدی در طول فرآوری آن‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. مطالعات بیشتری مورد نیاز است تا بتوان به وضوح بین برهمکنش قندهای احیاء کننده (مانند گلوکز) و گروه‌های آمینه موجود در پروتئین، آمینو اسیدها و سایر ترکیبات ازت‌دار برای شروع و تولید ترکیبات قهوه‌ای رنگ در غذا انجام گیرد (آجاندوز و همکاران ۲۰۰۱). قندزدایی (حذف گلوکز) از تخم مرغ با استفاده از آنزیم ترکیبی گلوکز اکسیداز-کاتالاز قبل از خشک کردن تاثیر قابل‌توجهی بر خصوصیات حسی و فیزیکی شیمیایی دارد. قندزدایی می‌تواند قابلیت و ثبات کف‌کنندگی را در محصولات پودری افزایش دهد. بنابراین، رنگ ظاهری و مقدار قهوه‌ای شدن در پودر سفیده و تخم مرغ کامل می‌تواند تحت تاثیر روش‌های تیماری قرار گیرد (گوان و بنجاکول ۲۰۱۹).

خصوصیات فیزیکی شیمیایی پودر تخم مرغ کامل

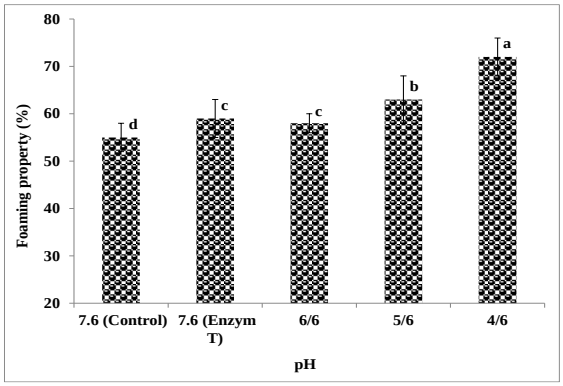
مهم‌ترین تغییر در کیفیت کل پودر تخم مرغ کامل، واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی است که ظاهر و ارزش تغذیه‌ای (واکنش بین قند گلوکز و ترکیبات آمین‌دار) محصول پودری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در طول تغییر دادن pH نمونه‌ها با محلول اسید سیتریک (۱۰٪)، از pH ۷/٦ (شاهد) به pH ٤/٦ رنگ نمونه‌ها روشن‌تر می‌شدند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بعد از خشک شدن تخم مرغ کامل پاستوریزه شده، نمونه‌های با pH های ۷/٦ (شاهد) و ٦/٦ تیره‌ترین بودند به خاطر این که

حداکثر واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی اتفاق افتاده بود در مقابل نمونه با pH ٥/٦ از لحاظ رنگ در حد متوسط و نمونه‌های با pH های ٧/٦ (تیمار آنزیمی) و ٤/٦ روشن‌ترین (حداقل رنگ) داشتند (شکل ١). طبق نتایج موجود در شکل ١، پودر تخم مرغ کامل بدست آمده از طریق تیمار آنزیمی به خاطر اکسیداسیون گلوکز توسط آنزیم گلوکزاکسیداز با کمک آنزیم کاتالاز (تامین‌کننده اکسیژن مورد نیاز عمل اکسیداسیون از طریق تجزیه پراکسید هیدروژن) کمترین قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی را داشت. بنابراین، با بررسی داده‌های موجود در شکل ١ نتیجه‌گیری شد که pH ٤/٦ و تیمار آنزیمی گلوکزاکسیداز-کاتالاز برای تهیه پودر تخم مرغ کامل می‌توانند مناسب باشد. طی پاستوریزاسیون تخم مرغ مایع، گلوکز می‌تواند با پروتئین و سایر ترکیبات آمین-دار از طریق مسیر مایلارد واکنش داده که منجر به ایجاد بد طعمی، نامحلول شدن برخی ترکیبات و رنگ قهوه‌ای شود که تاثیرات خود را در پودر تخم مرغ نشان می‌دهد (کاتو و همکاران، ١٩٨٨). این مطالعه نشان داد که چنین مشکلاتی را با حذف گلوکز یا کاهش فعالیت واکنش مایلارد در تخم مرغ مایع قبل از خشک کردن محصول مایع تا حدودی قابل جلوگیری است.



شکل ١- تاثیر تغییر pH و تیمار آنزیمی بر قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در پودر تخم مرغ کامل

Figure 1- Effect of pH change and enzymatic treatment on non-enzymatic browning in whole egg powder



شکل ٢- تاثیر تغییر pH و تیمار آنزیمی بر عمل کف‌کنندگی پودر تخم مرغ کامل

Figure 2- Effect of pH change and enzymatic treatment on foaming action of whole egg powder

عمل کف‌کنندگی نمونه‌ها با کاهش دادن pH و همچنین طی فرآیند پاستوریزاسیون در pH های پائین زیاد بود. با بررسی شکل ٢ می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کف-کنندگی پورد تخم مرغ بازساخته در pH های پایین (٥/٦ و ٤/٦) در مقایسه با سایر pH ها، بالاتر بود. نمونه با pH ٤/٦ بیشترین (٧٢٪) و شاهد با pH ٧/٦ کمترین

(۵۵٪) کف‌کنندگی را در آزمایشات نشان دادند. نمونه تیمار شده آنزیمی با pH ۷/٦ قدرت کف‌کنندگی متوسطی داشت (شکل ۲).

از میان پارامترهای اندازه‌گیری شده، خاصیت کف-کنندگی پودر تخم مرغ کامل بازساخته برای کاربرد در صنایع پخت، بستنی‌سازی، پاستا و بسیاری از غذاهای دیگر که بهبود خواص بافتی مهم می‌باشد، اهمیت بالایی دارد (استادلمن و همکاران ۲۰۱۷).

برای بررسی صفاتی مانند رنگ ظاهری، ثبات حرارتی و لخته‌شدگی پودر تخم مرغ در موقع بازساخت از گروه ارزیاب نیمه آموزش دیده استفاده شدند. از لحاظ رطوبت مطابق استاندارد ملی ایران (استاندارد ملی ایران ۲٤۸۷ سال ۱۳۹٦) نمونه‌های با pH های مختلف در محدوده رطوبتی استاندارد (٥-٤/۷٥) بودند. نتایج ارزیابی‌ها نشان داد که در pH های مختلف گروه ارزیاب ویژگی‌های متفاوتی را قضاوت کرده‌اند (جدول ۳). رنگ ظاهری نمونه‌های شاهد (pH ۷/٦) و ۲ (pH ٦/٦)، بیشترین رنگ و سایر نمونه‌های تولیدی کمترین رنگ ظاهری را در حالت پودری و بازساخته داشتند. همچنین رنگ ظاهری تخم مرغ مایع تیمارشده با آنزیمی و سپس تبدیل شده به حالت پودری هم کیفیت رنگ ظاهری بالایی داشت. همه نتایج رنگ ظاهری با داده‌های موجود در شکل ۱ مربوط به قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی مطابقت خوبی داشتند. در بررسی لخته‌شدگی پودرهای تخم مرغ بازساخته گروه ارزیاب اختلاف زیادی را بین نمونه‌ها قضاوت نکردند. اما در مورد ثبات حرارتی در نمونه ۱ (شاهد با pH ۷/٦) مقدار پائین و بقیه محصولات تولیدی از ثبات حرارتی خوبی برخوردار بودند.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی پودر تخم مرغ کامل و سفیده تخم مرغ

Table 2 - Physicochemical properties of whole egg and white egg powder

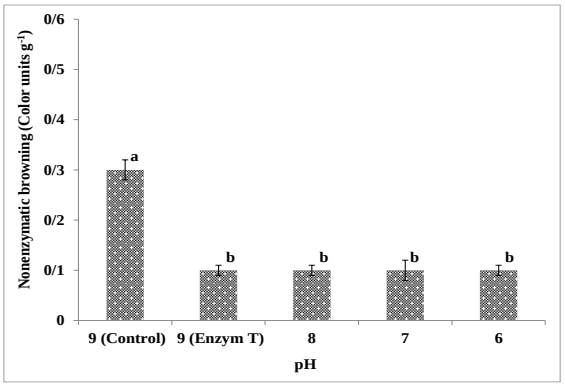
	whole egg powder		white egg powder	
No.	pH	Moisture (%)	pH	Moisture (%)
1 (control)	7.6	5±0.02	9	4.85±0.08
Enzymatic T.	7.6	4.75±0.01	9	4.75±0.11
2	6.6	4.75±0.13	8	5.03±0.02
3	5.6	5.12±0.08	7	5.06±0.06
4	4.6	4.85±0.25	6	4.85±0.12

با در نظر گرفتن عوامل بالا و نظرات گروه ارزیاب، نمونه‌های ۱ (شاهد با pH ۷/٦) و ۲ (pH ٦/٦) ویژگی مناسبی را نداشتند اما بقیه نمونه‌های پودری تهیه شده همرا با تیمار آنزیمی مخلوط شرایط مناسب برای تهیه پودر تخم مرغ را داشتند. به عنوان یک نتیجه مهم در تهیه پودر تخم مرغ رنگ ظاهری و واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی ارتباط خوبی را نسبت به هم نشان دادند.

خصوصیات فیزیکی شیمیایی پودر سفیده تخم مرغ

مهم‌ترین تغییر در کیفیت کل پودر سفیده تخم مرغ، واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی است که ظاهر و ارزش تغذیه‌ای (واکنش بین قند گلوکز و ترکیبات آمین‌دار) محصول پودری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در طول تغییر دادن pH نمونه‌ها با محلول اسید سیتریک (۱۰٪)، از pH ۹ (نمونه شاهد) به pH ٦ رنگ نمونه‌ها روشن‌تر می‌شدند. نتایج کار مطالعه‌ای نشان داد که بعد از خشک شدن سفیده تخم مرغ پاستوریزه شده، نمونه با pH ۹ (شاهد) تیره‌ترین بود به خاطر حداکثر واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی که اتفاق افتاده بود در مقابل نمونه‌های با pH های ۹ (تیمار آنزیمی)، ۸، ۷ و ٦ از لحاظ رنگ روشن‌ترین (با حداقل واکنش تشکیل رنگ) بودند (شکل ۳). طبق نتایج موجود در شکل ۳، پودر سفیده بدست آمده از تیمار آنزیمی به خاطر اکسیداسیون گلوکز

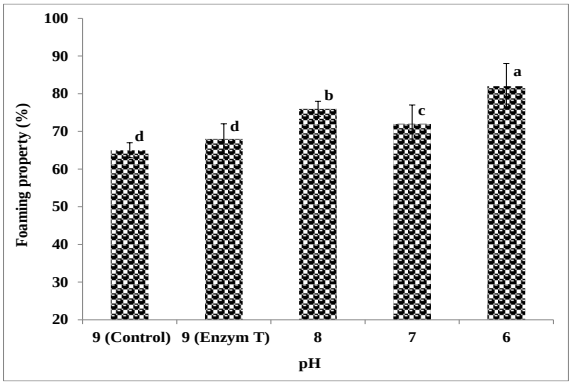
توسط آنزیم گلوکزاکسیداز با کمک آنزیم کاتالاز (تامین‌کننده اکسیژن مورد نیاز عمل اکسیداسیون از طریق تجزیه پراکسید هیدروژن) کمترین قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی را داشت. بنابراین، با بررسی داده‌های موجود در شکل ۳ نتیجه‌گیری شد که pH های ۹ (تیمار آنزیمی گلوکزاکسیداز-کاتالاز)، ۸، ۷ و ٦ برای تهیه پودر سفیده تخم مرغ می‌توانند مناسب باشد. طی پاستوریزاسیون سفیده مایع، گلوکز می‌تواند با پروتئین و سایر ترکیبات آمین‌دار از طریق مسیر مایلارد واکنش داده که منجر به ایجاد بد طعمی، نامحلول شدن برخی ترکیبات و رنگ قهوه‌ای گردد که تاثیرات خود را در پودر سفیده نشان می‌دهد (کاتو و همکاران ۱۹۸۸). در این مطالعه نتیجه‌گیری شد که چنین مشکلاتی را با حذف گلوکز یا کاهش فعالیت واکنش موجود در سفیده مایع قبل از خشک کردن محصول مایع تا حدودی قابل جلوگیری است.



شکل ۳- تاثیر تغییر pH و تیمار آنزیمی بر قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در پودر سفیده تخم مرغ

Figure 3- Effect of pH change and enzymatic treatment on non-enzymatic browning in egg white powder

عمل کف‌کنندگی نمونه‌ها با کاهش دادن pH و همچنین طی فرآیند پاستوریزاسیون در pH های پائین زیاد بود. با بررسی شکل ٤ می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کف-کنندگی پورد سفیده بازساخته در pH های ٦ و ٨ در مقایسه با سایر pH ها مانند شاهد و تیمار آنزیمی بالاتر بودند در حالیکه قدرت کف‌کنندگی در ۷ pH در حد متوسط بود. نمونه با ٦ pH بیشترین (۸۲٪) و شاهد با ۹ pH کمترین ٦٥٪) کف‌کنندگی را در آزمایشات نشان دادند. نمونه تیمار شده با آنزیم با ۹ pH قدرت کف-کنندگی ٦۸٪ را داشت که اختلاف معنی‌دار با نمونه شاهد نداشت (شکل ٤).



شکل ۴- تاثیر تغییر pH و تیمار آنزیمی بر عمل کف‌کنندگی پودر سفیده تخم مرغ

Figure 4- Effect of pH change and enzymatic treatment on foaming action of egg white powder

از میان پارامترهای اندازه‌گیری شده، قدرت کف‌کنندگی پودر سفیده بازساخته به خاطر کاربردهای متنوع مانند صنایع پخت، بستنی‌سازی، پاستا و بسیاری از غذاهای دیگر که بهبود خواص بافتی مهم می‌باشد، اهمیت بالایی دارد (استادلمن و همکاران ۲۰۱۷). پودر سفیده تخم مرغ تهیه شده از روش کاهش pH با هدف به حداقل رساندن واکنش مایلارد و سپس خشک کردن (۶۰ °C برای ۵ h) باعث بهبود کیفیت کلی پودر می‌گردد. با کاهش بیشتر pH سفیده مایع سپس تبدیل به پودر، باعث افزایش ظرفیت کف‌کنندگی و روشنی رنگ می‌شد (عزیزه و همکاران ۲۰۲۲).

برای بررسی صفاتی مانند رنگ ظاهری، ثبات حرارتی و لخته شدگی پودر سفیده در موقع بازساخت از گروه ارزیاب نیمه آموزش دیده استفاده شدند. از لحاظ رطوبت مطابق استاندارد ملی ایران (استاندارد ملی ایران ۲۴۸۷، ۱۳۹۶) نمونه‌های در pH های مختلف در محدوده رطوبتی استاندارد بودند (۵-۴/۷۵). نتایج ارزیابی‌ها نشان داد که در pH های مختلف گروه ارزیاب ویژگی‌های متفاوتی را در مورد پودر سفیده بازساخته قضاوت کرده‌اند (جدول ۳). رنگ ظاهری شاهد (۹ pH) بالاترین رنگ و سایر نمونه‌های تولیدی کمترین رنگ ظاهری را در حالت پودری و بازساخته داشتند. همچنین رنگ ظاهری سفیده مایع تیمارشده با آنزیمی و سپس تبدیل شده به پودر هم کیفیت رنگ ظاهری بالایی داشت. همه نتایج رنگ ظاهری با داده‌های موجود در شکل ۳ مربوط به قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی مطابقت خوبی داشتند. در بررسی لخته‌شدگی پودرهای سفیده تخم مرغ بازساخته گروه ارزیاب اختلاف قابل-توجهی را بین نمونه‌های۱ (شاهد با ۹ pH) و ۳ (۷ pH) را در مقایسه با سایر نمونه‌ها قضاوت کردند. اما در مورد ثبات حرارتی، نمونه شاهد مقدار پائین و در بقیه محصولات تولیدی ثبات حرارتی خوبی برخوردار بودند. ماچادو و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که آلبومین تخم مرغ در pH های ۳-۷ پایداری بیشتری داشتند (ماچادو و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۳- ویژگی‌های حسی پودر تخم مرغ کامل و سفیده تخم مرغ

Table 3- Sensory properties of whole egg and white egg powder

	whole egg powder			white egg powder		
No.	Appearance color	Thermal stability	Clotting	Appearance color	Thermal stability	Clotting
1 (control)	2	3	4	2	2	2
Enzymatic T.	5	4	4	5	5	5
2	2	4	5	5	5	5
3	5	5	5	5	4	4
4	5	5	5	5	5	5

با در نظر گرفتن عوامل بالا و نظرات گروه ارزیاب، نمونه‌های با pH های ۸ و ۶ همرا با تیمار آنزیمی مخلوط شرایط مناسب برای تهیه پودر سفیده تخم مرغ را داشتند. به عنوان یک نتیجه مهم در تهیه پودر سفیده تخم مرغ رنگ ظاهری و مقدار واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی ارتباط خوبی را نسبت به هم نشان دادند.

نتیجه‌گیری

پاستوریزاسیون سفیده و تخم مرغ کامل مایع در تهیه پودر با شاخص از بین رفتن باکتری بیماری‌زای S. senftenberg 557W است تا محصولات پودری با ثبات میکروبی و فاقد عامل بیماریزا بدست آید. گلوگز عمده-ترین ترکیب مشکل‌ساز طی تولید و پاستوریزاسیون پودرهای تخم‌مرغ است که عمدتا رنگ ظاهری محصولات را تحت تاثیر قرار می‌دهد و اثر منفی آن از طریق واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی می‌باشد. از

روش‌های اسیدی (اسید سیتریک) برای کاهش pH و به حداقل رساندن تاثیر گلوگز به عنوان روش سریع و تیمار آنزیمی (گلوگزاکسیداز-کاتالاز) برای حذف گلوکز و مهار واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و جلوگیری از تغییر رنگ ظاهری محصولات پودری قابل استفاده است. در پودر تخم مرغ کامل با pH های ۷/٦ (شاهد) و ٦/٦ تیره‌ترین (به خاطر حداکثر واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی) و در مقابل نمونه با pH ٥/٦ رنگ متوسطی و نمونه‌های با pH های ۷/٦ (تیمار آنزیمی) و ٤/٦ روشن‌ترین (حداقل قهوه‌ای شدن) رنگ را داشتند. در مورد پودر سفیده تخم مرغ نتیجه‌گیری شد که pH های ۹ (تیمار آنزیمی گلوکزاکسیداز-کاتالاز)، ۸، ۷ و ٦ روشن‌ترین رنگ را داشتند که برای تولید پودر سفیده تخم مرغ مناسب بودند. قدرت کف‌کنندگی محصولات پودری بازساخته در pH های پایین از قابلیت خوبی برخوردار بودند. در مقابل خصوصیاتی مانند ثبات حرارتی و لخته‌شدگی رفتار متفاوتی را در pH های مختلف نشان دادند.

منابع مورد استفاده

Ajandouz EH, Tchiakpe LS, Ore, FD, Benajiba A. and Puigserver A, 2001. Effects of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics in fructose-lysine model systems. Journal of food science 66(7): 926-931.

Azizah NF, Evanuarini H and Widyastuti ES, 2022, April. Physicochemical characteristics of egg white powder using Lactobacillus bulgaricus. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1020, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.

Bergquist DH, 1995. Egg dehydration. Egg science and technology: 335-376.

da Silva GR, Menezes LD, Lanza I.P, de Oliveira, DD, Silva CA, Klein, RW, de Assis DC and de Vasconcelos Cançado S, 2017. Evaluation of the alpha-amylase activity as an indicator of pasteurization efficiency and microbiological quality of liquid whole eggs. Poultry science 96(9): 3375-3381.

Davis JG and Kline L, 1965. Vapor pressure of water and carbon dioxide over whole egg solids containing added carbohydrates. Journal of Food Science 30(4): 673-679.

Dobbenie D, Uyttendaele M, Debevere J, 1995. Antibacterial activity of the glucose oxidase/glucose system in liquid whole egg. Journal of Food Protect 58: 273–279.

Gandhi SK, Schultz, JR, Boughey, FW and Forsythe RH, 1968. Chemical modification of egg white with 3, 3-dimethylglutaric anhydride. Journal of Food Science 33(2): 163-169.

Geera B, Reiling J, Hutchison M, Rybak D, Santha B, Ratnayake W, 2011. A comprehensive evaluation of egg and egg replacer on the product quality of muffin. Journal of Food Quality 34: 333–342.

Hamid-Samimi MH and Swartzel KR, 1985. Pasteurization design criteria for production of extended shelf-life refrigerated liquid whole egg. Journal of Food Processing and Preservation 8(3-4): 219-224.

Hill WM, Cotterill OJ, Funk EM and Baldwin RE, 1965. Spray-drying egg white at various pH levels. Poultry Science 44(5): 1155-1163

Kato Y, Matsuda T, Kato N and Nakamura R, 1988. Browning and protein polymerization induced by amino-carbonyl reaction of ovalbumin with glucose and lactose. Journal of agricultural and food chemistry (USA).

Kohrs D, Herald TJ, Aramouni FM, Abughoush M, 2010. Evaluation of egg replacers in a yellow cake system. Emirates Journal of Food and Agriculture 22(5): 340-352.

Machado FF, Coimbra JS, Rojas EE, Minim LA, Oliveira FC and Rita de Cássia SS, 2007. Solubility and density of egg white proteins: Effect of pH and saline concentration. LWT-food Science and Technology 40(7): 1304-1307.

National Standard of Iran 2487, 1396. Whole Egg Powder - Characteristics and Test Methods. National Standard Organization of Iran.

National Standard of Iran 3195, 2007. Food processed by heat method and packed in impermeable containers - pH measurement method. National Standard Organization of Iran.

Obara A, Obiedzinski M and Katczok T, 2006. The effect of water activity on cholesterol oxidation and freeze dried egg powder. Journal of Food Chemistry 95(2): 173-179.

Orishagbemi CO, Ichado IB and Sanda M, 2017. Physical, functional and sensory properties of foam mat dehydrated whole egg powder. Journal of Science and Research 15: 1-7.

Quinn PJ, Markey BK, Carter ME and Donnely WJ, 2005. Microbiologia Veterin´ aria e Doen¸ cas Infecciosas. Ed. Artmed, S˜ ao Pauo, 512p.

Quan TH and Benjakul S, 2019. Impacts of desugarization and drying methods on physicochemical and functional properties of duck albumen powder. Drying Technology 37(7): 864-875.

Rossi M, Casiraghi E, Primavesi L, Pompei C and Hidalgo A, 2010. Functional properties of pasteurized liquid whole egg products as affected by the hygienic quality of the raw eggs. LWT-Food Science and Technology 43(3): 436-441.

Sisak C, Csanádi Z, Ronay E and Szajáni B, 2006. Elimination of glucose in egg white using immobilized glucose oxidase. Enzyme and Microbial Technology 39(5): 1002-1007.

Taylor SL, Baumert, JL, Kruizinga AG, Remington BC, Crevel RW, Brooke-Taylor S, Allen K, Australia TA and Houben G, 2014. Establishment of reference doses for residues of allergenic foods: report of the VITAL expert panel. Food and Chemical Toxicology 63: 9-17.

Wong CM, Wong KH and Chen XD, 2008. Glucose oxidase: natural occurrence, function, properties and industrial applications. Applied microbiology and biotechnology 78(6): 927-938.

Stadelman WJ, Newkirk D and Newby L, 2017. Egg science and technology. CRC Press.

Yu C, Chi YJ, Xu W, Lv L, Chen C and Sun Q, 2012. Improvement of foaming properties of whole egg powder through Maillard reaction. In Advanced Materials Research 554: 1091-1094.

Journal of Food Research, 2023,33(1):129-141
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir
OPEN ACCESS

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

DOI: 10.22034/FR.2022.51617.1836

Inhibition of non-enzymatic browning of white and whole egg powder by enzymatic treatment and pH change: effect on physicochemical and sensory properties

B Farmani[1]* and S Mohammadkhani[2]

Received: May 16, 2022 Accepted: August 10, 2022
[1]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran
[2]Undergraduate Student of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran
*Corresponding author: bfarmani@tabrizu.ac.ir

Introduction: Effective factors for increasing the quality of dried egg products have been studied by various researchers (Bergquist 1995). Non-enzymatic browning (Millard) is the reaction between amino group (proteins/amino acids) and glucose that occurred during production of egg powder, leading to undesirable color and lower nutritional values (Sisak et al., 2006). In order to remove negative effect of glucose from liquid egg before producing the powder, glucose oxidase enzyme is applied to prevent non-enzymatic browning. This enzyme catalyzes the oxidation of glucose to gluconolactone and hydrogen peroxide, which is followed by the production of gluconic acid (Wang et al. 2008). In addition, the hydrogen peroxide produced in the reaction can also kill or inhibit the growth of microorganisms (Dobbenie et al., 1995).
Materials and methods: Eggs were washed, disinfected and separated to be ready for treating and processing. Liquid whole egg and egg white are transferred into glass jars and mixed to become homogeneous. Citric acid treatment (10% solution) and glucose oxidase-catalase mixture were used to eliminate or minimize the effect of glucose in all samples. In enzymatic method, liquid whole egg (pH 7.6) and liquid egg white (pH 9) was treated with glucose oxidase-catalase (30°C-6 h) for removing glucose effect. In the acidic method, citric acid was applied to adjust pH of liquid whole egg on 7.6 (control), 6.6, 5.6 and 4.6 and liquid egg white, on 9 (control), 8, 7 and 6 and then they were pasteurized by water bath (65°C- 2.5min). Pasteurization of white and whole egg was evaluated based on inactivation of alpha-amylase (*S. senftenbarg* 557W). The measured parameters were pH, non-enzymatic browning color, foaming volume, pasteurization adequacy, sensory properties. Experiments were conducted in completely randomized design with three replicates.
Results and discussion: Powdered eggs should retain maximum physicochemical, appearance color and sensory properties of the fresh egg. The pasteurization index in white and whole egg was based on the killing *S. senftenbarg* 557W pathogenic bacterium. Therefore, adequacy of pasteurization is measured based on the inactivation of alpha-amylase enzyme (65°C-2.5 min) (da Silva et al., 2017). Evaluation of alpha-amylase activity is a rapid test (starch-iodine complex) to evaluate the pasteurization efficiency of liquid egg products. Decreasing the pH of liquid whole egg

from pH 7.6 (control) to pH 4.6 using citric acid (10% solution) resulted in lighter color of the samples. The results showed that after drying pasteurized eggs, the samples with pHs of 7.6 (control) and 6.6 had the darkest color due to maximum non-enzymatic browning reaction. In contrast, samples with pH 5.6 had a moderate color, while samples with pHs of 7.6 (enzymatic treatment) and 4.6 had the brightest color. The results indicated that foaming ability of reconstituted whole egg powders were higher at pHs 5.6 and 4.6 in compared to other pHs. The sample with pH 4.6 and pH 7.6 showed the highest (72%) and the lowest (55%) foaming capacity, respectively. The enzyme-treated sample (pH 7.6) had moderate foaming capacity. Semi-trained sensory assessors were used to evaluate sensory attributes such as color, thermal stability and clotting of egg powder during reconstruction. In terms of moisture according to the national standard of Iran (National Standard 2487, 1396), all samples with different pHs had the standard moisture range (4.5-5%). Regarding the physicochemical properties of egg white, decreasing pH of the samples from pH 9 (control) to 6 pH with citric acid (10% solution), caused the brighter color of the samples. The results showed that sample of egg white dried with pH 9 (control) had the darkest color due to the maximum non-enzymatic browning reaction in contrast the samples with pHs 9 (enzymatic treatment), 8, 7 and 6 lightest color (minimum color reaction). The foaming ability of the reconstituted white powder was higher at pHs 6 and 8 as compared to other pHs such as control and enzymatic treatment, while the foaming capacity was moderate at pH 7. The samples with pH 6 and control (9 pH) had the highest (82%) and the lowest (65%) foaming, respectively. Semi-trained sensory assessors were used to evaluate sensory attributes such as color, thermal stability and clotting of white powder during reconstruction. In terms of moisture according to the national standard of Iran (National Standard 2487, 1396), all samples with different pHs had a standard moisture range (4.5-5%).

Conclusion: Glucose is the main problematic component in production of egg powders, which mainly affects the appearance of products and its negative effect is through the non-enzymatic browning reaction. Acidic methods (citric acid) is applied to reduce pH and minimize the effect of glucose as a rapid method and also enzymatic treatment (glucose oxidase-catalase) applied to remove glucose and inhibit the reaction of non-enzymatic browning and subsequently discoloration of powdered samples. The foaming ability of reconstituted powder products was good at low pHs. In contrast, properties such as thermal stability and clotting displayed different behavior at different pHs.

Keywords: Acid treatment, Glucose, Enzymatic system, Non-enzymatic browning reaction, Foaming ability