

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی ماکارونی غنی شده با زائادات زعفران

بهجت داودی^a، سیدحسین حسینی قابوس^{b*}، ابوالفضل فدوی^b، راضیه نیارمند^c، رمضان رضائیان^d

^a دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران
^b استادیار مرکز تحقیقات صنایع غذایی شرق گلستان، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزاد شهر، ایران
^c دانشیار گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
^d استادیار گروه آموزشی آمار و ریاضی مالی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

چکیده

مقدمه: ماده غذایی فراسودمند، حاوی ترکیباتی با فعالیت بیولوژیکی است که موجب ارتقاء سلامت می‌شود. ماکارونی یک حامل مناسب برای افزودن مواد مغذی از ضایعات مختلف کشاورزی می‌باشد. امروزه استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی به دلیل خطراتی که برای سلامتی دارند، محدود شده است از این رو، تلاش جهت یافتن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی با منشاء گیاهی افزایش یافته است.

مواد و روش‌ها: بر اساس فرمولاسیون، تأثیر افزودن مقادیر صفر تا ۰/۵ درصد زائادات زعفران شامل گلبرگ، پرچم زرد و ریشه سفید روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی، بافت و خواص حسی به روش مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام گرفت و تحلیل داده‌های حاصل از تیمارهای طرح مخلوط دی-پتیمال با استفاده از نرم‌افزار Design Expert انجام گرفت. استاندارد در قالب طرح مخلوط دی-پتیمال بررسی شد.

یافته‌ها: طی آنالیز نتایج بعد از بهینه سازی از مجموع ۰/۵ درصد زائادات زعفران، مقادیر ۰/۰۷۲ درصد سهم گلبرگ، ۰/۰۲۸ درصد سهم ریشه سفید و ۰/۴ درصد سهم پرچم توسط نرم افزار پیشنهاد گردید. افزودن زائادات زعفران بر میزان رطوبت، مواد جامد محلول در آب، وزن بعد از پخت و pH تأثیر معنی داری نداشت، درحالی که در میزان فنل کل، آنتی‌اکسیدان و آنتوسیانین تأثیر معنی داری مشاهده شد، همچنین بافت ماکارونی غنی شده استحکام کمتری نسبت به نمونه شاهد داشته و در خواص حسی تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

نتیجه گیری: افزودن زائادات زعفران با حفظ خواص فیزیکوشیمیایی و حسی در تولید ماکارونی فراسودمند حائز اهمیت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خواص آنتی‌اکسیدانی، زائادات زعفران، ماکارونی غنی شده، ویژگی فیزیکوشیمیایی

مقدمه

ماکارونی یک حامل مناسب برای مواد مغذی معرفی می‌شود. این محصول بر پایه غلات و منبع غنی کربوهیدرات به همراه پروتئین و ویتامین‌هاست (Bergman, et al., 1994; Dexter, et al., 2004). ماکارونی به دلیل برخورداری از کربوهیدرات‌های پیچیده‌تر نسبت به دیگر محصولات غلات مانند نان و برنج برتری دارد (Fuentes-Zaragoza, et al., 2010). از آنجایی که وجود ترکیبات مغذی در ماکارونی می‌تواند به افزایش سلامت بخشی جامعه کمک نماید. از این‌رو، استفاده از ضایعات مواد غذایی گوناگون حاوی ترکیبات ریزمغذی فراسودمند در فرمولاسیون ماکارونی می‌تواند در افزایش سلامت بخشی آن مؤثر باشد. یکی از این ضایعات، گلبرگ، پرچم زرد و ریشه سفید زعفران می‌باشد. زعفران با نام علمی *Crocus sativus* گیاهی کوچک به ارتفاع ده تا سی سانتی‌متر است که دارای گلبرگ‌های بنفش رنگ می‌باشد. قسمت مورد استفاده‌ی این گیاه بخش انتهایی مادگی آن است. بیش از ده ترکیب مختلف از زعفران به دست می‌آید که خواص مختلف درمانی این گیاه به این ترکیبات وابسته است. مهم‌ترین این ترکیبات ساfranal و کروسین می‌باشد (Amanpour, et al., 2015). از ترکیبات مهم موجود در گلبرگ زعفران می‌توان به فنول و فلاونوئیدها اشاره کرد که به دلیل داشتن خواص آنتی‌اکسیدانی دارای پتانسیل قوی برای شلات کردن رادیکال‌های آزاد هستند. آنتی‌اکسیدان‌ها ممکن است به‌طور طبیعی و یا سنتزی به مواد غذایی اضافه شوند. امروزه استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی به دلیل خطراتی که برای سلامتی دارند، محدود شده است از این‌رو، تلاش جهت یافتن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی با منشأ گیاهی افزایش یافته است (Kosar, et al., 2011). همچنین از ترکیبات مهم دیگر گلبرگ زعفران، آنتوسیانین‌ها هستند که بر اساس بررسی‌های انجام شده در گونه و زیر گونه، آنتوسیانین اصلی موجود در گلبرگ زعفران ۳،۷-دی-او-بتا-گلوکوزیدها؛ ۳،۵-دی-او-بتا-گلوکوزیدها؛ ۳-او-بتا-روتینوزیدها؛^۴ دلفینیدین^۵ و پتونیدین^۶ می‌باشد (Norbaek, et al., 2002; Cedola, et al., 2020).

(et al., 2020). با افزودن ضایعات روغن زیتون^۶ و خمیر زیتون^۷ در فرمولاسیون ماکارونی دریافتند که افزودن ضایعات روغن زیتون، کیفیت شیمیایی نمونه‌ها را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد اما محتوای فنل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های حسی آن تغییر زیادی نکرد آنها همچنین ملاحظه کردند که افزودن خمیر زیتون به‌طور قابل‌توجهی کیفیت حسی و شیمیایی ماکارونی را بهبود بخشید اما خمیر زیتون باعث ایجاد طعم تلخ و تندی در ماکارونی تولیدی گردید (Cedola, et al., 2020).

در مطالعه‌ای که بررسی ویژگی بافتی، فیزیکی‌شیمیایی و حسی ماکارونی غنی‌شده با زعفران و محتوای کروسین آنها به روش^۸ HPLC و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن ارزیابی شد، بیان گردید که وجود زعفران بر خصوصیات بافتی و فیزیکی‌شیمیایی ماکارونی تأثیر بسزایی داشته و غلظت‌های بالاتر زعفران باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها به‌خاطر مقادیر بیشتر کروسین گردید. تجزیه و تحلیل ویژگی‌های حسی افزایش قابل‌قبولی را در ماکارونی‌های غنی شده با زعفران نشان داد (Armellini, et al., 2018). پژوهش حاضر به‌منظور تولید و بهبود خواص ماکارونی با زائدات زعفران شامل گلبرگ، ریشه سفید و پرچم زرد انجام شد و هدف از آن تولید ماکارونی فراسودمند با نسبت‌های مختلف زائدات زعفران و بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانینی، فنلی، بافتی و حسی با استفاده از نرم‌افزار Design Expert 10.0.7.0. به کمک طرح مخلوط دی-اِپتیمال انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

- مواد اولیه

در پژوهش حاضر برای تهیه نمونه‌ها از آرد گندم نول شرکت مروارید (خاکستر ۰/۴ درصد، رطوبت ۱۱/۰۶ درصد، پروتئین ۰/۹ درصد، گلوتن ۸/۱ درصد) و زائدات زعفران از منطقه گناباد استفاده شد. فولین سیوکالتیو، بی‌کربنات سدیم و ۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH)^۹ از شرکت مرک، اتانول، بافرها و متانول از شرکت دکتر مجللی خریداری شد.

¹ 3,7-di-O-b-glucosides ² 3,5-di-O-b-glucosides

⁶ olive pomace and olive mill waste water

⁸ high-performance liquid chromatography

³ 3-O-b-rutinosides ⁴ Delphinine ⁵ Petunidin

⁷ olive paste

⁹ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

- بهینه سازی فرمولاسیون ماکارونی فراسودمند

برای تولید تیمارها ابتدا آرد گندم نول با ۲۰ درصد آب به مدت ۳ دقیقه داخل دستگاه همزن مخلوط شد. سپس زائدات زعفران مطابق نسبت جدول ۱ به مخلوط اضافه گردید. سپس مخلوط با قالب رشته‌ای و تحت فشار ۶۰ سانتی‌متر جیوه اکستروژد شد و در خشک‌کن با رطوبت ۳۰ درصد و دمای ۸۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید.

جدول ۱- سطوح مختلف زائدات زعفران مورد استفاده در

فرمول ماکارونی

Table 1- Different levels of saffron residue used in pasta formula

Treatments	White root (%)	Petal (%)	Yellow stamen (%)
T ₁	0.00	0.1	0.4
T ₂	0.3	0.00	0.2
T ₃	0.3	0.2	0.00
T ₄	0.1	0.00	0.4
T ₅	0.2	0.2	0.1
T ₆	0.17	0.12	0.21
T ₇	0.3	0.1	0.1
T ₈	0.2	0.01	0.29
T ₉	0.00	0.2	0.3
C	0.00	0.00	0.00

- آزمون‌ها

- آزمون‌های شیمیایی

رطوبت مطابق روش استاندارد ۲۷۰۵، تعیین شد (ISIRI, No. 2705, 2010). میزان مواد جامد نامحلول و بعد از پخت مطابق روش استاندارد ۲۱۳، (ISIRI, No. 213, 2009)، میزان خاکستر مطابق روش استاندارد ۲۷۰۶، (ISIRI, No. 2706, 2008)، خاکستر نامحلول در اسید و میزان pH مطابق روش استاندارد ۳۷، اندازه‌گیری شد (ISIRI, No. 37, 2019).

- اندازه‌گیری ویژگی آنتی‌اکسیدانی

برای انجام آزمون‌های اندازه‌گیری ویژگی آنتی‌اکسیدانی، فنل کل و آنتوسیانین تیمارها، ابتدا از ماکارونی عصاره تهیه شد بطوری که ۵ گرم از ماکارونی‌های غنی‌شده تولیدی آسیاب شد و با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درجه الکلی به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط و عصاره تهیه گردید و بعد با کاغذ صافی معمولی صاف شد. عصاره مورد نظر را به مدت ۳۰ ساعت در حمام فراصوت قرار داده شد.

- اندازه‌گیری ویژگی آنتی‌اکسیدانی

فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH طبق روش (Von Gadow, et al., 1997)، انجام شد. ابتدا ۲ میلی‌لیتر عصاره ماکارونی را با ۲ میلی‌لیتر معرف DDPH، ۰/۰۸ مولار مخلوط کرده و به مدت ۳۰ دقیقه در محل تاریک قرار داده شد، سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر شیماتزو خوانده شد. درصد مهار DPPH از رابطه ۱ محاسبه شد (Von Gadow, et al., 1997):

رابطه ۱)

$$\text{درصد بازدارندگی} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد}}{\text{جذب شاهد}} \times 100$$

- اندازه‌گیری فنل کل

محتوای فنولی بر اساس روش فولین-سیوکالتیو تعیین شد (McDonald, et al., 2001). میزان ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره ماکارونی غنی‌شده از هر تیمار را داخل لوله فالکن ریخته و به آن ۲/۵ میلی‌لیتر فولین سیوکالتیو افزوده و بعد از ۵ دقیقه به آن ۲ میلی‌لیتر بی‌کربنات سدیم ۰/۷ درصد افزوده و به مدت ۹۰ دقیقه در محل تاریکی قرار داده شد. سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب تیمارها در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان ترکیبات فنولی کل موجود در نمونه از روی منحنی استاندارد طبق رابطه ۲ تعیین شد.

رابطه ۲)

$$Y = \frac{0.0083}{0.049}$$

Y: مقدار جذب قرائت شده تیمارها

- اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین با روش pH افتراقی

میزان آنتوسیانین گلبرگ زعفران با استفاده از روش pH افتراقی تعیین گردید (Lee, et al., 2005). رقیق‌سازی عصاره‌ها در بافرهای با pH ۱ و ۴/۵ انجام و میزان جذب آن در طول موج‌های ۵۱۷ و ۷۰۰ نانومتر به کمک اسپکتروفتومتر خوانده شد و در نهایت غلظت آنتوسیانین از رابطه ۳ محاسبه گردید:

رابطه ۳)

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی ماکارونی غنی شده با زائدات زعفران

- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی تیمارها با روش پنج نقطه‌ای هدونیک انجام شد (Shogren, et al., 2006). برای ارزیابی حسی نمونه‌ها، از ارزیاب آموزش ندیده خواسته شد تا به شاخص‌های طعم، عطر و بو، رنگ، چسبندگی و پذیرش کلی نمونه‌ها از ۱ تا ۵ امتیاز دهند، به طوری که به بدترین کیفیت عدد ۱ و به بهترین کیفیت عدد ۵ داده شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، به منظور تولید تیمارهای ماکارونی غنی شده از طرح مخلوط دی-اِپتیمال^۲ برای سه بخش گلبرگ، ریشه سفید و پرچم زرد استفاده شد. محدوده مقادیر برای گلبرگ، ریشه سفید، پرچم ۰/۵-۰ درصد در نظر گرفته شد، و در فرمولاسیون ماکارونی ۰/۵ گرم زائدات به هر ۱۰۰ گرم آرد گندم اضافه شد. ترکیب چندگانه از این متغیرها منجر به یک طرح آزمایشی با تیمار (جدول ۱) گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام گرفت و تحلیل داده‌های حاصل از تیمارهای طرح مخلوط دی-اِپتیمال با استفاده از نرم‌افزار Design Expert 10.0.7.0 نسخه ۲۰۱۷ انجام گرفت.

یافته‌ها

- ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی ماکارونی

میزان رطوبت تیمارهای ماکارونی غنی شده در جدول ۲ ارائه گردیده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود استفاده از زائدات زعفران در فرمولاسیون ماکارونی در میزان رطوبت در تیمار T₁ نسبت به نمونه شاهد (C) تأثیر معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵) اما با دیگر تیمارها تأثیر معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵)؛ میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی زائدات زعفران نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت.

نتایج pH نشان داد مقادیر نمونه‌ها در محدوده استاندارد ملی ایران و در بازه بین ۵/۷ تا ۶/۰۶ بود. میزان pH تیمارهای ماکارونی غنی شده با زائدات زعفران در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج حاکی از این مطلب بود که از لحاظ pH فقط تیمار هفتم (حاوی ۰/۱ درصد گلبرگ

$$\text{Anthocyanin pigment} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 1000}{\epsilon \times L}$$

$$A = (\text{A510-A700}) \text{PH1.5} - (\text{A510-A700}) \text{PH4.5} \\ (\text{V} * \text{Anthocyanins}) * (100/\text{M}) = \text{mg}/100\text{g}$$

که MW: جرم مولکولی سیانیدین-۳-گلوکوزید (۴۴۹/۲ گرم بر مول)،

DF: فاکتور رقیق کردن،

ε: جذب مولی سیانیدین-۳-گلوکوزید (۲۶۹۰۰ گرم بر مول)،

A: مقدار جذب خوانده شده تیمارها و

L: طول سل بر حسب سانتی متر می‌باشند.

- تعیین شاخص‌های رنگ

این آزمون مطابق با روش Choy و همکاران (2012) انجام شد (Choy, et al., 2012). پارامترهای رنگی شامل L* (روشنی) a* (قرمزی-سبزی) b* (زردی-آبی) ثبت گردید. شاخص L* معرف میزان روشنایی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه) تا صد (سفید) متغیر است. شاخص a* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۰- (سبز خالص) تا +۰ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b* میزان نزدیکی به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۰- (آبی خالص) تا +۰ (زرد خالص) متغیر می‌باشد.

- اندازه‌گیری بافت

این آزمون مطابق با روش Choy و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد (Choy, et al., 2012). نمونه‌های ماکارونی به مدت ۱۰ دقیقه پخته و سرد شد و سپس با دستگاه بافت‌سنج (شرکت Stabile Micro Systems، مدل TA.XT pluse، انگلستان) ویژگی‌های بافت نمونه‌ها شامل سختی، چسبندگی، سفتی و تعیین انسجام ماکارونی بعد از پخت با پروب استوانه‌ای^۱ و با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد.

¹ Hdp/bs B155

² D-optimal Mixture Design

با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۳ می‌باشند (ISIRI, 2009, No. 213).

- تأثیر استفاده از زائدات زعفران بر میزان مواد جامد محلول در آب

میزان مواد جامد محلول در آب در جدول ۲ نشان می‌دهد حداکثر میزان مواد جامد کل در آب با توجه به استاندارد ۲۱۳ ایران، ۱۲ درصد می‌باشد که تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد با دیگر تیمارها وجود ندارد ($p > 0.05$). بیشترین میزان مواد جامد کل در آب مربوط به تیمار T₆ (حاوی ۰/۱۲ درصد گلبرگ + ۰/۱۷ درصد ریشه سفید + ۰/۲۱ درصد پرچم زرد) و کمترین میزان آن در تیمار شاهد بوده است. نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که افزودن اثر مجزای زائدات زعفران در ماکارونی تغییرات معنی‌داری بر میزان مواد جامد کل تیمارها نگذاشته است ($p > 0.05$) (جدول ۴).

- تأثیر استفاده از زائدات زعفران بر مهارکنندگی رادیکال آزاد در ماکارونی

مقادیر مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) ماکارونی غنی‌شده با زائدات زعفران در شکل ۱ نشان داده شده است. بالاترین فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) مربوط به عصاره نمونه ماکارونی T₁ (حاوی ۰/۱ درصد گلبرگ + ۰/۴ درصد پرچم زرد) بود و بین برخی تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$). آنالیز تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد

که افزودن زائدات زعفران بر میزان مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) توسط نمونه‌های ماکارونی تأثیر معنی‌داری دارد.

($p < 0.05$)، به طوری که اثر گلبرگ روی میزان مهارکنندگی رادیکال‌ها منفی ولی اثر ریشه سفید و پرچم مثبت بود. برهمکنش گلبرگ با ریشه سفید و گلبرگ با پرچم اثر معنی‌دار ($p < 0.01$) مثبتی داشتند یعنی با افزایش همزمان سهم آنها میزان مهارکنندگی افزایش یافت. این در حالی است که برهمکنش ریشه سفید با پرچم اثر معنی‌دار ($p < 0.05$) منفی را از خود نشان دادند (جدول ۴). تغییرات مهارکنندگی رادیکال‌های DPPH در ارتباط با متغیرهای مخلوط اجزاء در شکل ۱ آمده است.

+ ۰/۳ درصد ریشه سفید + ۰/۱ درصد پرچم زرد) با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) داشت (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که متغیرهای مخلوط اجزاء گلبرگ، ریشه سفید و پرچم بر میزان pH نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

میزان خاکستر کل و نامحلول در اسید در نمونه‌های ماکارونی غنی‌شده در جدول ۲ آمده است که در محدوده ۰/۴۹۳-۰/۶۰۲ درصد وزن خشک بوده و با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۳ مطابقت داشت (باید حداکثر ۱/۱ درصد وزن خشک باشد). همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌گردد بین تیمار هشتم (حاوی ۰/۰۱ درصد گلبرگ + ۰/۲ درصد ریشه سفید + ۰/۲۹ درصد پرچم زرد) و تیمار دوم (حاوی ۰/۳ درصد ریشه سفید + ۰/۲ درصد پرچم زرد) تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$). نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که زائدات زعفران در ماکارونی تغییرات معنی‌داری بر میزان خاکستر تیمارها نگذاشته است ($p > 0.05$) (جدول ۴).

در خصوص میزان خاکستر نامحلول در اسید، تیمار هفتم (حاوی ۰/۱ درصد گلبرگ + ۰/۳ درصد ریشه سفید + ۰/۱ درصد پرچم زرد) و چهارم (حاوی ۰/۱ درصد ریشه سفید + ۰/۴ درصد پرچم زرد) با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$) ولی در مقایسه با سایر تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). میزان خاکستر نامحلول در اسید حداکثر ۰/۰۵ درصد وزن خشک بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۳ است.

- وزن رشته‌های ماکارونی پس از پخت

محدوده مقادیر وزن بعد از پخت ماکارونی غنی شده در جدول ۲ نشان داده شده است. آنالیز تجزیه واریانس آنها نشان داد که متغیرهای مخلوط اجزاء بر نمونه‌های ماکارونی تأثیر معنی‌داری ندارد ($p > 0.05$) (جدول ۴). وزن بعد از پخت تیمار هفتم (حاوی ۰/۱ درصد گلبرگ + ۰/۳ درصد ریشه سفید + ۰/۱ درصد پرچم زرد) نسبت به نمونه شاهد دارای بیشترین میزان بوده و در تیمار اول (حاوی ۰/۱ درصد گلبرگ + ۰/۴ درصد پرچم زرد) میزان آن به حداقل رسید. طبق استاندارد ملی ایران حداقل درصد بعد از پخت بایستی بیش از ۵۷ درصد باشد. سایر تیمارها مطابق

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی ماکارونی غنی شده با زائدات زعفران

جدول ۲- نتایج آزمون فیزیکوشیمیایی و مقایسه آماری نمونه‌های ماکارونی غنی شده با زائدات زعفران

Table 2- Physicochemical test results and statistical comparison of pasta samples enriched with saffron residue

Treatment	Weight after baking (%)	Total solids insoluble in water (%)	pH	Ash insoluble in acid (%)	Total ash (%)	Moisture (%)
T ₁	80.48±0.441 ^a	10.355±1.456 ^a	6.01±0.063 ^a	0.105±0.003 ^a	0.540±0.01 ^a	4.680±0.846 ^b
T ₂	81.624±0.381 ^a	10.119±1.663 ^a	5.87±0.106 ^a	0.63±0.028 ^a	0.285±0.01 ^a	4.420±0.765 ^{ab}
T ₃	96.168±0.421 ^a	12.404±1.796 ^{ab}	5.66±0.311 ^a	0.93±0.586 ^a	0.440±0.014 ^a	3.520±0.285 ^{ab}
T ₄	98.781±0.439 ^a	12.916±1.413 ^{ab}	5.88±0.551 ^a	0.635±0.017 ^a	0.355±0.015 ^a	4.500±1.9 ^{ab}
T ₅	81.738±0.682 ^a	11.243±1.874 ^{ab}	5.86±0.169 ^a	0.37±0.021 ^a	0.566±0.01 ^a	4.140±1.56 ^{ab}
T ₆	88.082±0.478 ^a	13.858±1.349 ^b	6.04±0.098 ^a	0.35±0.021 ^a	0.585±0.0009 ^a	3.390±1.2 ^{ab}
T ₇	99.94±0.841 ^a	10.533±0.015 ^{ab}	6.06±0.136 ^a	0.25±0.007 ^a	0.525±0.013 ^a	2.750±0.66 ^{ab}
T ₈	99.327±0.829 ^a	9.806±0.681 ^a	5.7±0.353 ^a	0.23±0.091 ^a	0.595±0.017 ^a	3.480±0.25 ^{ab}
T ₉	78.890±0.356 ^a	10.47±0.786 ^a	6.02±0.084 ^a	0.458±0.065 ^a	0.495±0.002 ^a	3.460±0.25 ^{ab}
C	94.957±0.626 ^a	9.56±0.83 ^a	5.87±0.09 ^a	0.418±0.12 ^a	0.495±0.003 ^a	5.10±0.31 ^a

* Data are reported as (mean ± standard error) in three replicates.

** Similar lowercase letters in each column indicate no significant difference ($P < 0.05$) between the data based on Duncan's test.

* داده‌ها بر حسب (میانگین ± خطای استاندارد) در سه تکرار گزارش شده است.

** حروف کوچک مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنادار ($P < 0.05$) بر اساس آزمون دانکن بین داده‌هاست.

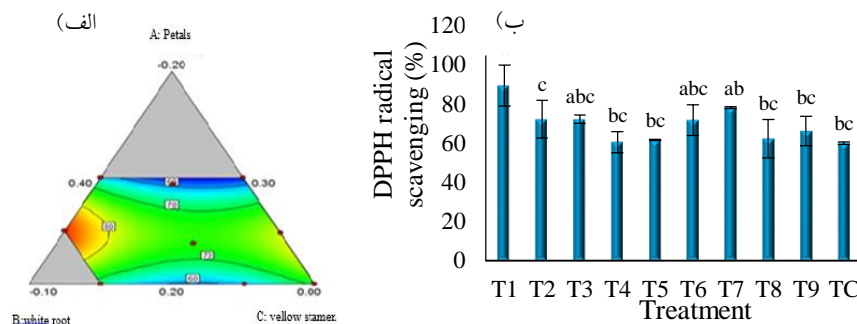


Figure 1-A: Inhibition of free radicals (DPPH) B: Contour diagram of DPPH inhibition values by pasta extracts enriched with a mixture of petals, white roots and stamens

شکل ۱- الف: مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH)، ب: نمودار کانتور مقادیر مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) توسط عصاره‌های ماکارونی غنی شده با مخلوط اجزاء گلبرگ، ریشه سفید و پرچم

- تأثیر استفاده از زائدات زعفران بر محتوای فنل تام ماکارونی

($P < 0.05$) تأثیر معنی‌دار منفی بر محتوای فنل کل نمونه‌ها داشتند (جدول ۴). تغییرات محتوای فنل در ارتباط با متغیرهای مخلوط اجزاء در شکل ۲ آمده است.

- تأثیر استفاده از زائدات زعفران بر میزان محتوای آنتوسیانینی ماکارونی

در آنالیز داده‌ها به روش مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که میزان آنتوسیانین در بین نمونه‌های ماکارونی غنی شده تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) با یکدیگر وجود دارد (شکل ۳). نمونه T₅ (حاوی ۰/۲ درصد گلبرگ + ۰/۲ درصد ریشه سفید + ۰/۱ درصد پرچم زرد) دارای بیشترین میزان آنتوسیانین نسبت به سایر نمونه‌هاست. آنالیز تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار و مثبت ($P < 0.05$) هر کدام

- تأثیر استفاده از زائدات زعفران بر محتوای فنل تام ماکارونی

میزان محتوای فنل تام در تیمارهای مطالعه شده در شکل ۲ نشان داده شده است. آنالیز داده‌ها به روش مقایسه میانگین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشته است. بیشترین مقدار فنل تام متعلق به نمونه T₂ (حاوی ۰/۳ درصد ریشه سفید + ۰/۲ درصد پرچم زرد) بود. آنالیز تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اجزای متغیرهای اختلاطی (گلبرگ، ریشه سفید و پرچم) بر میزان فنل کل نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری ندارد. اما برهمکنش دوتایی گلبرگ با پرچم اثر معنی‌دار ($P < 0.05$) منفی و ریشه سفید با پرچم اثر معنی‌دار ($P < 0.05$) مثبت و همچنین برهمکنش سه‌تایی گلبرگ، ریشه سفید و پرچم

سفید + ۰/۴ درصد پرچم زرد) نسبت به شاهد در مقایسه با دیگر نمونه‌ها نزدیک‌تر بوده ولی سایر نمونه‌ها با همدیگر تفاوت معنی‌داری دارند ($P < 0.05$). درخصوص شاخص ΔE ، مقادیر نمونه‌های تولیدی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری دارد ($P < 0.05$). آنالیز تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار ($P < 0.01$) و مثبت متغیر مخلوط اجزاء ریشه سفید و تأثیر معنی‌دار ($P < 0.01$) و منفی متغیرهای مخلوط اجزاء گلبرگ و پرچم بر شاخص L^* می‌باشد (شکل ۴-الف). همچنین تأثیر معنی‌دار ($P < 0.01$) و منفی متغیر مخلوط اجزاء ریشه سفید و تأثیر معنی‌دار ($P < 0.01$) و مثبت متغیرهای اختلاطی گلبرگ و پرچم بر شاخص ΔE مشخص شد (شکل ۴-ب). این در حالی است که متغیرهای مخلوط اجزاء بر سایر شاخص‌های a^* و b^* تأثیری نداشتند.

از متغیرهای مخلوط اجزاء بر میزان آنتوسیانین نمونه‌های ماکارونی می‌باشد. بدین معنی که با افزایش سهم هر کدام از آنها میزان آنتوسیانین افزایش یافت (شکل ۳).

- تأثیر استفاده از زائادات زعفران بر رنگ ماکارونی

از شاخص‌های رنگ سنجی می‌توان به L^* که بیانگر میزان روشنی یا تیرگی، a^* که بیانگر میزان قرمزی یا سبزی و b^* که بیانگر میزان زردی یا آبی است اشاره نمود. در خصوص شاخص روشنی یا L^* ، در بین هر نه مورد تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان رنگ b^* در نمونه T9 (حاوی ۰/۲ درصد گلبرگ + ۰/۳ درصد پرچم زرد) نسبت به شاهد و دیگر نمونه‌ها بیشتر بوده و در بین هشت مورد از تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳). میزان رنگ a^* در نمونه T4 (حاوی ۰/۱ درصد ریشه

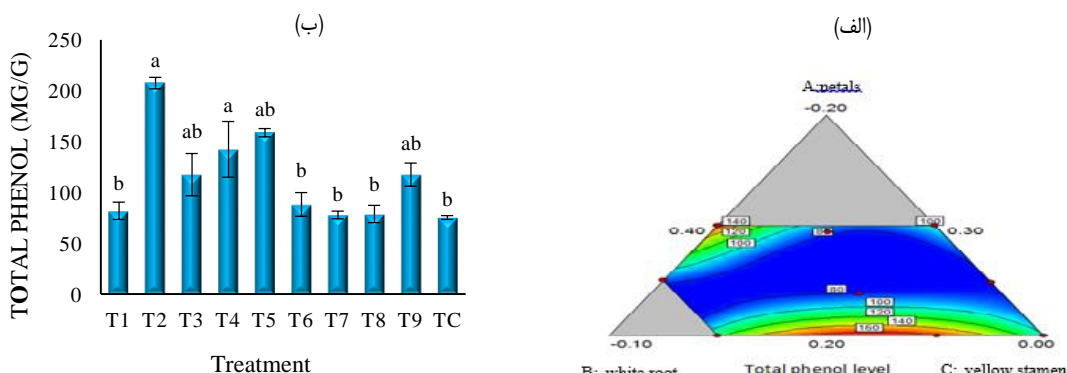


Figure 2-A: Total phenol level, B: Contour diagram of total phenol level in pasta samples enriched with a mixture of petals, white roots and stamens.

شکل ۲- الف: میزان فنل تام، ب: نمودار کانتور میزان فنل تام در نمونه‌های ماکارونی غنی شده با مخلوط اجزاء گلبرگ، ریشه سفید و پرچم

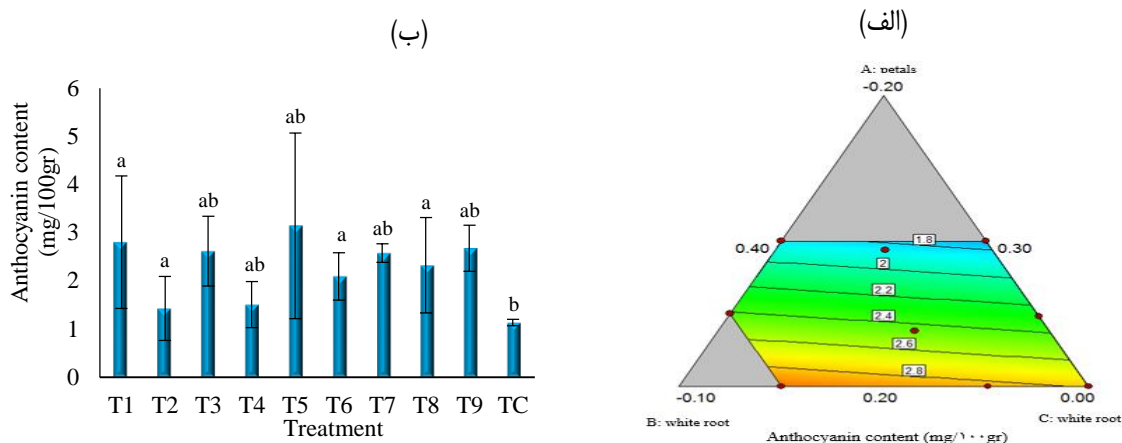


Figure 3-a: anthocyanin content, b: contour diagram of anthocyanin content by pasta extracts enriched with a mixture of petals, white roots and stamens

شکل ۳- الف: میزان آنتوسیانین، ب: نمودار کانتور میزان آنتوسیانین توسط عصاره‌های ماکارونی غنی شده با مخلوط اجزاء گلبرگ، ریشه سفید و پرچم.

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی ماکارونی غنی شده با زائدات زعفران

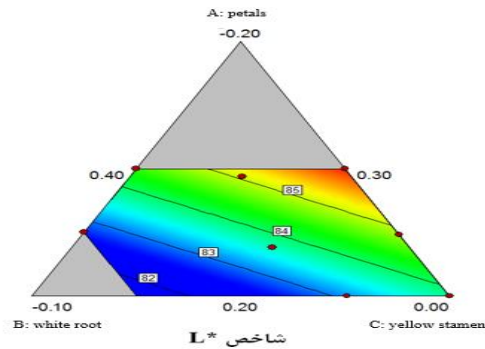


Figure 4- Contour diagram a: L* index, b: total color difference (ΔE) obtained from pasta samples produced with different concentrations of petals, white roots and stamens

شکل ۴- نمودار کانتور الف: شاخص L*، ب: اختلاف رنگی کل (ΔE حاصل از نمونه‌های ماکارونی تولید شده با غلظت‌های مختلف گلبرگ، ریشه سفید و پرچم

جدول ۳- نتایج ارزیابی رنگ نمونه‌های ماکارونی غنی شده

Table 3- Color evaluation results of enriched pasta samples

Treatment	Total color difference (E Δ)	Index b*	Index a*	Index L*
T ₁	10.15±0.73 ^a	31.5±2.21 ^{ab}	1.5±0.24 ^a	±3.25 ^{b**} 82.97
T ₂	4.3±1.19 ^c	27.54±1.76 ^{bc}	0.76±0.28 ^{ab}	85.15±1.78 ^b
T ₃	6.08±0.75 ^{bc}	29.2±0.17 ^{abc}	1.23±0.22 ^a	83.95±1.56 ^a
T ₄	6.54±3.18 ^{bc}	28.66±5.42 ^{bc}	0.6±0.87 ^{ab}	85.02±1.34 ^{ab}
T ₅	6.76±1.02 ^{bc}	31.89±2.23 ^{ab}	0.74±0.95 ^{ab}	82.58±2.54 ^b
T ₆	8.18±1.81 ^{ab}	31.54±0.93 ^{ab}	1.06±0.43 ^a	83.19±1.73 ^b
T ₇	3.84±2.12 ^c	30.02±4.93 ^{abc}	0.66±0.42 ^{ab}	86.08±2.95 ^b
T ₈	6.34±1.21 ^{bc}	30.50±0.85 ^{abc}	1.11±0.36 ^a	84.89±1.37 ^{ab}
T ₉	10.78±0.66 ^a	34.2±1.49 ^a	0.85±0.49 ^{ab}	83.45±1.27 ^b
C	--	25.43±1.03 ^c	-0.14±0.35 ^b	88.33±1.07 ^a

* Data are reported as (mean ± standard error) in three replicates.

** Similar lowercase letters in each column indicate no significant difference ($P < 0.05$) between the data based on Duncan's test.

* داده‌ها بر حسب (میانگین ± خطای استاندارد) در سه تکرار گزارش شده است.

** حروف کوچک مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنادار ($P < 0.05$) بر اساس آزمون دانکن بین داده‌هاست.

جدول ۴- مقادیر p-value بدست آمده از آنالیز تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمون‌های فیزیکی‌شیمیایی نمونه‌های ماکارونی

Table 4- p-values obtained from analysis of variance analysis of data obtained from physicochemical tests of pasta samples

	pH	Moisture	Total ash	Ash insoluble in acid	Total solids	Weight after baking	Antioxidant power	Phenolic content	Anthocyanin content	L*	a*	b*
Model	0.43	0.74	0.19	0.56	0.77	0.96	0.012*	0.29*	0.049*	0.03*	0.17	0.1
Mixture of components (linear)	0.46	0.52	0.18	0.49	0.92	0.96	0.041*	0.204	0.049*	0.03*	0.25	0.1
AB	0.34	0.56	0.29	0.77	0.43	-	0.006**	0.892	-	-	0.12	-
AC	0.16	0.43	0.24	0.67	0.89	-	0.005**	0.049*	-	-	0.12	-
BC	0.54	0.69	0.07	0.51	0.48	-	0.22**	0.015*	-	-	0.08	-
ABC				0.39	-	-	-	0.014*	-	-	0.06	-

*For linear mixing, it is deduced from the sum of squares of type 1 (mixture of components: petals, white roots, stamens)

* برای اختلاط خطی از مجموع مربع‌های نوع ۱ استنتاج شده است (مخلوط اجزا: گلبرگ، ریشه سفید، پرچم) * $p < 0.001$, ** $p < 0.05$

پذیرش کلی و طعم به ترتیب مربوط به دو تیمار T₇ و T₃ حاوی ۰/۱ درصد گلبرگ + ۰/۳ درصد ریشه سفید + ۰/۱ درصد پرچم زرد) بود.

- بهینه‌یابی

با هدف یافتن سطوح بهینه از متغیرهای اختلاطی (گلبرگ و ریشه سفید و پرچم)، در بخش بهینه یابی نرم افزار دیزاین اکسپرت، باتوجه به در نظر گرفتن شاخص هایی چون بیشترین خصوصیت مهارکنندگی رادیکالهای آزاد DPPH و بالاترین امتیازات مزه و بو برای نمونه‌های ماکارونی غنی شده با زائدات زعفران، با در نظر گرفتن درجه اهمیت ثابت برای تمامی متغیرها، تنظیمات مربوطه در نرم افزار وارد گردید و در نهایت طی آنالیز نتایج از مجموع ۰/۵ درصد زائدات زعفران، مقادیر ۰/۰۷۲ درصد سهم گلبرگ، ۰/۰۲۸ درصد سهم ریشه سفید و ۰/۴ درصد سهم پرچم توسط نرم افزار پیشنهاد گردید در این غلظت های پیشنهادشده مقدار رطوبت ۴/۲۱ درصد، خاکستر کل ۰/۵۳، خاکستر نامحلول در اسید ۰/۱۹، pH ۶، مواد جامد محلول ۱۱/۶۱، میزان فنل ۱۰۵/۳۶، میزان آنتوسیانین ۲/۲۵، فعالیت مهارکنندگی DPPH ۸۴/۲۶ L*، ۸۳/۷۲ a*، ۰/۸۳ b*، ۳۰/۹۴ و ΔE ۹/۲۴ خواهد بود. در این غلظت‌ها مقدار مهارکنندگی رادیکالهای آزاد DPPH، ۸۴/۲۶ درصد و میزان امتیاز مزه ۳/۵ و امتیاز بو ۴/۵ بود.

- تأثیر استفاده از زائدات زعفران بر بافت ماکارونی بعد از پخت

ارزیابی بافت ماکارونی غنی‌شده با زائدات زعفران در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج نشان داد که سختی رشته‌های ماکارونی غنی‌شده، از نظر آماری با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). بیشترین میزان چسبندگی در T₇ (حاوی ۰/۱ درصد گلبرگ + ۰/۳ درصد ریشه سفید + ۰/۱ درصد پرچم زرد) و کمترین میزان آن در نمونه T₃ (حاوی ۰/۲ درصد گلبرگ + ۰/۳ درصد ریشه سفید) مشاهده شد اما از نظر آماری با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). همچنین T₇ نسبت به دیگر تیمارها سفتی بیشتری داشت.

- ارزیابی حسی ماکارونی تولیدی با زائدات زعفران

ارزیابی حسی تیمارهای ماکارونی غنی‌شده در شکل ۵ ارائه گردیده است. استفاده از زائدات زعفران در ماکارونی غنی‌شده در میزان طعم، بو، رنگ، چسبندگی و پذیرش کلی تأثیر معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). نتایج ارزیابی همچنین نشان داد که نمونه شاهد از نظر رنگ بالاترین امتیاز (رنگ روشن) را به خود اختصاص داد و بیشترین چسبندگی در تیمار T₃ (حاوی ۰/۲ درصد گلبرگ + ۰/۳ درصد ریشه سفید) مشاهده شد. همچنین بالاترین امتیاز در پارامترهای

جدول ۵- ارزیابی پروفایل بافت نمونه‌های ماکارونی غنی‌شده

Table 5- Evaluation of texture profile of enriched pasta samples

Treatment	Stiffness (g.sec)	Stickiness (g)	Hardness (g)
T ₁	19.452±6.53 ^{ab}	-1.737±0.47 ^{ab}	29.97±5.73 ^a
T ₂	13.709±3.34 ^{ab}	-1.531±1.08 ^{ab}	22.66±6.7 ^{ab}
T ₃	20.881±5.12 ^a	-3.571±0.59 ^c	34.28±3.54 ^a
T ₄	17.893±2.48 ^{ab}	-3.468±0.26 ^c	32.51±6 ^b
T ₅	5.089±1.19 ^b	-3.005±0.26 ^{bc}	10.24±1.06 ^b
T ₆	14.68±6.65 ^{ab}	-1.622±0.5 ^{ab}	24.75±4.3 ^a
T ₇	21.568±6.14 ^a	-0.943±0.06 ^a	34.65±3.36 ^a
T ₈	17.687±3.03 ^{ab}	-2.086±0.37 ^{abc}	28.80±3.65 ^a
T ₉	21.499±3.06 ^a	-1.625±0.27 ^{ab}	32.54±2.43 ^a
C	19.746±3.54 ^{ab}	-2.754±0.22 ^{bc}	32.52±1.87 ^a

* Data are reported as (mean ± standard error) in three replicates.

** Similar lowercase letters in each column indicate no significant difference (P < 0.05) between the data based on Duncan's test.

* داده‌ها بر حسب (میانگین ± خطای استاندارد) در سه تکرار گزارش شده است.

** حروف کوچک مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنادار (P < ۰/۰۵) بر اساس آزمون دانکن بین داده هاست.

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی ماکارونی غنی شده با زائادات زعفران

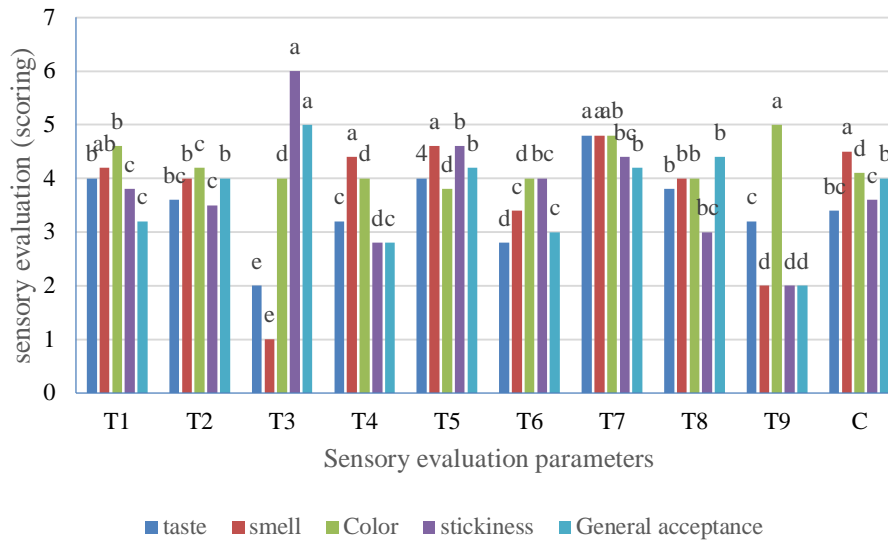


Figure 5- Sensory evaluation of enriched pasta
شکل ۵- ارزیابی حسی ماکارونی غنی شده

بحث

بسیاری از خصوصیات مواد غذایی تحت تاثیر مقدار و حالت رطوبت در مواد غذایی است. آب یا رطوبت با شرکت در واکنش‌های شیمیایی و انتقال جرم، نقش اصلی را در تعیین بافت، ساختمان و سایر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی مواد غذایی بر عهده دارد. به منظور تولید غذایی جدید یا طراحی فرآیندی نو یا یک نوع بسته‌بندی جدید مهم‌ترین عاملی که باید در نظر گرفته شود تا محصول نسبت به اکسیداسیون، قهوه‌ای شدن، ضایع شدن مواد مغذی، فساد میکروبی و سایر عوامل مخرب پایدار باشد حالت و مقدار رطوبت در محصول است که عمدتاً تحت عنوان فعالیت آبی نامیده می‌شود (Akhondzadeh, & Hosseinihaboos, 2016). زائادات زعفران شامل گلبرگ، پرچم زرد و ریشه سفید زعفران می‌باشد که استفاده از آنها در فرمولاسیون ماکارونی در میزان رطوبت تیمارها نسبت به نمونه شاهد تأثیر معنی‌داری داشت. از آنجایی که وجود ترکیبات فیبری می‌تواند میزان جذب رطوبت در نمونه‌های ماکارونی را افزایش دهد. چون این ترکیبات با جذب بیشتر و قدرت نگهداری بالاتر آب می‌توانند سبب افزایش مقدار رطوبت در محصول نهایی شوند. اما در نمونه‌های تولید شده در این پژوهش نسبت به شاهد کاهش یافت. Nematimalek و Hosseinihaboos (۲۰۱۶) فرمولاسیون رشته فرنگی فراسودمند با پودر کدو حلوائی را بهینه‌سازی کردند. نتایج

پژوهش این محققین نشان داد که تیمارهای حاصل در رطوبت اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). Niazmand و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که افزایش غلظت سبوس جوی فرآوری شده و همچنین افزایش مقدار زانتان در ماکارونی کم‌کالری تولید شده تغییر معنی‌داری در رطوبت نمونه‌های اسپاگتی به همراه نداشت ($p > 0.05$) اما به‌طور کلی رطوبت این ماکارونی‌ها نسبت به نمونه شاهد اندکی افزایش یافت که علت آن به قابلیت بالای فیبر در نگهداری آب نسبت داده شد. یکی از شاخص‌های بسیار مهم در مواد غذایی pH می‌باشد که در واقع نشانگر غلظت یون هیدروژن فعال در محیط ماده غذایی است و بسیاری از واکنش‌های غذایی نظیر قهوه‌ای شدن در pH مشخص اتفاق می‌افتد (Jalilvand & Hosseinihaboos, 2016). نتایج pH، میزان خاکستر کل و نامحلول در اسید، وزن رشته‌های ماکارونی پس از پخت نمونه‌های غنی‌شده حاکی از آن است که مقادیر آنها با استاندارد ملی ایران مطابقت نشان داد. Bagherzade و Manzaritavakoli (۲۰۱۷) عناصر معدنی موجود در زعفران را توسط دستگاه جذب و نشر اتمی اندازه‌گیری و گزارش کردند که فراوان‌ترین عنصر معدنی در گلبرگ پرچم، پتاسیم است و بیشترین مقدار آن مربوط به گلبرگ (۷۶۱/۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. میزان عنصر پتاسیم و سدیم در کلاله و زائادات زعفران تقریباً مشابه هم (۷۶۱/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. کمترین عنصر مشاهده شده

روی و گوگرد بود. Naji-Tabasi و همکاران (۲۰۲۱) بیان نمودند که افزودن دانه موسیلاژ و سبوس گندم تأثیر معنی‌داری بر خاکستر نداشت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. Naseri و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر افزودن ایزوله پروتئین سویا در فرمولاسیون ماکارونی گزارش کردند که ایزوله پروتئین سویا به دلیل داشتن میزان بالای پروتئین، اسید آمینه‌های ضروری غیر قابل تجزیه و عناصر معدنی سبب افزایش میزان خاکستر کل و خاکستر اسیدی در نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئین سویا در مقایسه با نمونه فاقد ایزوله پروتئین سویا شدند. در پژوهش حاضر استفاده از زائدات زعفران تفاوت معنی‌داری در میزان مواد جامد محلول در آب تیمارها با نمونه شاهد ایجاد نکرد افزودن زائدات زعفران به ماکارونی غنی شده شبکه گلوتهی را تضعیف نموده و باعث بیشتر شدن میزان مواد جامد کل در آب شده که با نتایج جدول ۲ مطابقت دارد. Petitot و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی غنی‌سازی ماکارونی با آرد نخود و باقلا (در سطح ۳۵ درصد) پرداختند نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از این ترکیبات بدلیل ساختار غیرگلوتهی شان سبب افزایش افت پخت و کاهش انرژی شکست می‌شود. همچنین استفاده از این ترکیبات سبب افزایش سختی و شکنندگی ماکارونی شد و مشخص گردید می‌توان با بکارگیری دماهای بالا در طول خشک کردن ماکارونی برخی از ویژگی‌های کیفی آن مانند میزان افت پخت را بهبود بخشید. افزودن زائدات زعفران در فرمولاسیون ماکارونی به دلیل افزایش میزان فیبر و قدرت جذب آب و اتصال ترکیب به یکدیگر مانع از خروج ترکیبات نظیر نشاسته از نمونه‌های ماکارونی شد و در برخی از نمونه‌ها روند کاهش و در برخی از فرمول‌ها روند افزایش افت وزن بعد از پخت در نمونه‌های ماکارونی را نشان داد اما این تغییرات با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت.

افزودن زائدات زعفران بر میزان مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) تأثیر معنی‌داری داشت. Lee و همکاران (۲۰۰۷) فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های DPPH توسط فلاونوئیدها را در ارتباط نزدیکی با ساختار گروه‌های OH و سایر گروه‌های فعال به قسمت آلیکون مرتبط دانستند و در پژوهش حاضر ملاحظه گردید که با افزایش سهم گلبرگ میزان مهارکنندگی کاهش اما با افزایش سهم

ریشه سفید و پرچم میزان مهارکنندگی افزایش یافت. Heim و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی به بالاتر بودن میزان ترکیبات فنلی در زائدات زعفران نسبت به کلاله اشاره کردند. و در تحقیق حاضر ملاحظه شد که از نظر میزان محتوای فنل تام تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. اما برهمکنش دوتایی گلبرگ با پرچم اثر معنی‌دار منفی و ریشه سفید با پرچم اثر معنی‌دار مثبت و همچنین برهمکنش سه‌تایی گلبرگ، ریشه سفید و پرچم تأثیر معنی‌دار منفی بر محتوای فنل کل نمونه‌ها داشتند. اما استفاده از زائدات زعفران بر میزان محتوای آنتوسیانین ماکارونی‌های غنی شده تأثیر معنی‌داری داشت به طوری که با افزایش سهم هر کدام از آنها میزان آنتوسیانین افزایش یافت. Rouhani و همکاران (۲۰۱۵) اظهار کردند که عامل دما بیشترین تأثیر را بر راندمان استخراج آنتوسیانین ماکارونی داشت و دمای گرمخانه ماکارونی در هنگام خشک کردن و دما خشک کردن عصاره در هنگام آزمایش بر میزان آنتوسیانین نمونه‌ها تأثیر داشت. افزایش دما، سبب پلیمری شدن و تبدیل آنتوسیانین‌های مونومری به رنگدانه‌های قهوه‌ای رنگ می‌شود (Giusti & Wrolstad, 2003).

اندازه‌گیری پارامترهای رنگ‌سنجی جزء شاخص‌های کیفی ماکارونی است که در بازار پسندی آن نقش مهمی دارد. در این پژوهش ملاحظه شد که افزودن زائدات زعفران بطور مشخصی شاخص‌های رنگ L^* ، a^* و b^* که را تحت تأثیر قرار داده است. و بدیهی است که با افزودن بخش‌های رنگی زعفران که گلبرگ و پرچم هستند میزان روشنی کاهش یابد و با افزودن بخش ریشه سفید زعفران میزان سفیدی ماکارونی افزایش می‌یابد. درخصوص شاخص ΔE ، مقادیر نمونه‌های تولیدی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد و با افزایش سهم ریشه سفید میزان ΔE افزایش و با افزایش سهم پرچم و گلبرگ میزان ΔE کاهش یافت. که با نتایج Niazmand و همکاران (۲۰۱۹) در خصوص استفاده از سبوس جوی فراوری شده به اسپاگتی مطابقت دارد آنها اشاره کردند که افزودن سبوس جوی فراوری شده به اسپاگتی موجب افزایش جزئی در شاخص زردی، افزایش قابل توجه در شاخص قرمزی و کاهش روشنایی رنگ اسپاگتی‌های پخته گردید.

Amanpour, A., Sonmezdag, A. S., Kelebek, H. & Selli, S. (2015). GC-MS-olfactometric characterization of the most aroma-active components in a representative aromatic extract from Iranian saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Food Chemistry*, 182, 251-256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.005>

Anon. (2008). Cereals, pulses and by products - Determination of ash yeild by incineration. (ISIRI Standard No. 2706). Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=12277>. [in Persian].

Anon. (2009). Macaroni - Specifications and test methods. (ISIRI Standard No. 213). Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=12277>. [in Persian].

Anon. (2010). Cereal and cereal products- Determination of moisture content - Reference method. (ISIRI Standard No. 2705). Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=12277>. [in Persian].

Anon. (2019). Biscuit - Specifications and test methods. (ISIRI Standard No. 37). Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=12277>. [in Persian].

Armellini, R., Peinado, I., Pittia, P., Scampicchio, M., Heredia, A. & Andres, A. (2018). Effect of saffron (*Crocus sativus* L.) enrichment on antioxidant and sensorial properties of wheat flour pasta. *Journal of Food Chemistry*, 254, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.174>

Bagherzade, G. & Manzaritavakoli, M. (2017). Qualitative and Quantitative Investigation of Phytochemical Factors of Wastage of *Crocus Sativus* L. and Determination of Anthocyanin Content using Ultrasound Waves. *Journal of Saffron Research*, 4(2), 149-158. [in Persian]. <https://doi.org/10.22077/jsr.2017.516>

Bergman, C., Gualberto, D. & Weber, C. (1994). Development of a high-temperature-dried soft wheat pasta supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Cooking quality, color, and sensory evaluation. *Journal of Cereal Chemistry*, 71(6), 523-527. <http://pascal->

تعیین پارامترهای بافتی پس از پخت ماکارونی از دیدگاه مقبولیت مصرف‌کنندگان اهمیت زیادی دارد. عوامل مختلفی مانند کیفیت و کمیت پروتئین، شرایط خشک شدن و یا آب مورد استفاده در پخت آن، زمان پخت و پز ممکن است بر ویژگی‌های ماکارونی پخته شده تأثیر بگذارد. زائادات زعفران موجب سختی بافت ماکارونی گردید و از این نظر اختلاف معنی داری با نمونه شاهد مشاهده نشد و این موضوع نشان‌دهنده این مطلب است که کیفیت ماکارونی تولیدی شاهد بیشتر بوده و نمونه تولیدی با زائادات زعفران استحکام کمتری داشت. Sozer و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند میزان شکنندگی ماکارونی، وابستگی بیشتری به مقدار گلوتن آرد نسبت به نشاسته آن دارد. و لذا با افزایش زائادات زعفران در فرمولاسیون ماکارونی ملاحظه گردید که استحکام آنها کمتر شد و با نتایج Sozer و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از آزمون‌های انجام شده بر روی ماکارونی غنی‌شده با زائادات زعفران مشاهده گردید که زائادات زعفران به دلیل داشتن ترکیبات بسیار ارزشمند مانند ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی، ارزش غذایی بسیار بالایی دارد. با در نظر گرفتن افزودن ۰/۵ درصد زائادات زعفران به ماکارونی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی ماکارونی غنی‌شده به‌طور محسوس و قابل تشخیص با نمونه شاهد تغییر پیدا نکرد. لذا با حفظ ویژگی‌های ماکارونی می‌توان از ویژگی‌های فراسودمند آن بهره‌مند شد. نمونه‌ها، در رنگ‌سنجی با دستگاه و همچنین از نظر ارزیابی‌ها با هم اختلاف رنگ داشته و نسبت به نمونه شاهد تیره‌تر بوده، ولی این تیرگی به دلیل داشتن سایر ویژگی‌ها مطلوب می‌باشد.

۴۶

منابع

Akhondzadeh, A. & Hosseinihaboos, S. S. (2016). Optimization of Functional pasta Formulation Containing pumpkin powder and barley malt. thesis for the degree of M.Sc. in Food Science and Technology. Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran. Pp.101.[in Persian].

francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=3388473

Cedola, A., Cardinali, A., D'Antuono, I., Conte, A. & Del Nobile, M. A. (2020). Cereal foods fortified with by-products from the olive oil industry. *Food Bioscience*, 33, 100490. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100490>

Choy, A.-L., May, B. K. & Small, D. M. (2012). The effects of acetylated potato starch and sodium carboxymethyl cellulose on the quality of instant fried noodles. *Journal of Food hydrocolloids*, 26(1), 2-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.001>

Dexter, J., Doust, M., Raciti, C., Lombardo, G., Clarke, F., Clarke, J. & Hatcher, D. (2004). Effect of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) semolina extraction rate on semolina refinement, strength indicators and pasta properties. *Canadian journal of plant science*, 84(4), 1001-1013. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/P03-205>

Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M., Sánchez-Zapata, E. & Pérez-Álvarez, J. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. *Journal of Food Research International*, 43(4), 931-942. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.004>

Giusti, M. M. & Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical engineering journal*, 14(3), 217-225. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00221-8](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00221-8)

Heim, K. E., Tagliaferro, A. R. & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572-584. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00208-5)

Jalilvand, M. & Hosseinighaboos, S. S. (2016). Optimization of Functional pasta Formulation Containing pumpkin powder. thesis for the degree of M.Sc. in Food Science and Technology. Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.pp.73. [in Persian].

Kosar, M., Goger, F. & Baser, K. H. C. (2011). In vitro antioxidant properties and phenolic composition of *Salvia halophila* Hedge from Turkey. *Journal of Food Chemistry*, 129(2), 374-379. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.086>

Lee, E., Wylie, E. & Metcalf, C. (2007). Ultrasound imaging features of radial scars of the breast. *Australasian Radiology*, 51(3), 240-245. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1673.2007.01719.x>

Lee, J., Durst, R. W., Wrolstad, R. E. & Kupina, C. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC international*, 88(5), 1269-1278. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.5.1269>

McDonald, S., Prenzler, P. D., Antolovich, M. & Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Journal of Food Chemistry*, 73 (1), 73-84. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00288-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00288-0)

Naji-Tabasi, S., Niazmand, R. & Modiri-Dovom, A. (2021). Application of mucilaginous seeds (*Alyssum homolocarpum* and *Salvia macrosiphon* Boiss) and wheat bran in improving technological and nutritional properties of pasta. *Journal of Food Science*, 86(6), 2288-2299. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15762>

Naseri, A. R., Taslimi, A., Seyedin, S. M., Haratiyan, P. & Abadi, A. R. (2009). Study of the effect of soy protein isolate on macaroni characteristics. *Quarterly Journal of Food Science & Technology*, 6(2), 1-11. [in Persian]. <https://fsct.modares.ac.ir/article-7-8269-en.pdf>

NematiMalek, Z. & Hosseinighaboos, S. S. (2016). Optimization of Functional spaghetti Formulation Containing pumpkin powder. thesis for the degree of M.Sc. in Food Science and Technology. Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.pp.75. [in Persian].

Niazmand, R., Naji-Tabasi, S., Modiri, A. & Jahani, M. (2019). Evaluation of physicochemical, textural and cooking characteristics of enriched spaghetti with barley bran and xanthan gum. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 8(1), 91-110. [in Persian]. DOI:10.22101/JRIFST.2019.04.30.818

Norbaek, R., Brandt, K., Nielsen, J. K., orgaard, M. & Jacobsen, N. (2002). Flower pigment composition of *Crocus* species and cultivars used for a chemotaxonomic investigation. *Biochemical Systematics and*

Ecology, 30(8), 763-79.
[https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(02\)00020-0](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(02)00020-0)

Petitot, M., Boyer, L., Minier, C. & Micard, V. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. Food Research International, 43(2), 634-641.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.020>

Rouhani, R., Einafshar, S. & Ahmadzadeh Ghavidel, R. (2015). Study of anthocyanin and antionidant compounds derived ethanol extract saffron flag with the help of ultrasound technology. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 11(2), 161-170 . [in Persian].
<https://doi.org/10.22067/iftstrj.v1394i2.47043>

Shogren, R., Hareland, G. & Wu, Y. (2006). Sensory evaluation and composition of spaghetti fortified with soy flour. Journal of Food Science, 71(6), 428-432.
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00061.x>

Sozer, N., Dalgıç, A. & Kaya, A. (2007). Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. Journal of Food Engineering, 81(2), 476-484.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.11.026>

Von Gadow, A., Joubert, E. & Hansmann, C. F. (1997). Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (*Aspalathus linearis*), α -tocopherol, BHT, and BHA. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(3), 632-638. <https://doi.org/10.1021/jf960281n>