نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۳ شماره ۱/ سال ۱۳۹۲

بررسی روش‌های مختلف ارزیابی رنگ در اسپاگتی

بهزاد ناصحی[۱*]

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۵

[۱] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

[*]مسئول مکاتبه:Email:b_nasehi@yahoo.com

چکیده

فرآورده‌های ماکارونی در تمام کشورهای دنیا، محصولی شناخته شده هستند. مصرف سرانه فرآورده‌های ماکارونی در کشور طی سال‌های اخیر در کشور افزایش یافته است. با توجه به اهمیت این فرآورده‌ها، ارائه روشی مناسب برای ارزیابی کیفی آنها مورد نیاز است. در این پژوهش، از روش‌های ارزیابی حسی، هانتر لب، مونیلتا و روش پردازش تصویر برای سنجش رنگ اسپاگتی که نشان دهنده کیفیت کلی آن است، استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل‌های برازش داده شده برای روش‌های حسی و پردازش تصویر از صحت بالایی برخوردار است. هرچند این مدل‌ها در روش‌های هانتر لب و مونیلتا صحت زیادی ندارند. همچنین بررسی ضریب همبستگی بین روش‌های مختلف نشان داد که شاخص اشباعیت روش پردازش تصویر از همبستگی خوبی (حدود ۷۰٪) با روش حسی و شاخص زردی روش‌های هانتر لب و مونیلتا برخوردار است، بنابراین با تعیین آن می‌توان مقدار زردی رنگ فرآورده را با اطمینان زیادی برآورد و پیشگویی نمود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی حسی، پردازش تصویر، ماکارونی، هانترلب

Evaluation of different methods of color evaluation in Spaghetti

B Nasehi[1*]

Received: September 09, 2012 Accepted: December 25, 2012
[1]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture and Natural Resource Ramin University Ahvaz, Ahvaz, Iran
[*]Corresponding author: Email: b_nasehi@yahoo.com

Abstract
Pasta products are known in all countries, per capita consumption of these products has increased in recent years in Iran. The importance of these products requires suitable methods for the evaluation of their quality. In this study, sensory evaluation, Hunter lap, Minolta and image analysis were used for the color measurement of pasts products, which reflects their overall quality. Results showed that the fitted model for sensory evaluation and image analysis methods gave high accuracy. However, these models had not suitable accuracy in Hunter lap and Minolta. Also evaluation of the correlation between different indices of image analysis methods showed that saturation has good correlation with sensory and yellow index from Minolta and Hunter methods. Therefore, it can be used to predict the yellowness of pasta with a high confidence.

Key word: Hunter Lap, Image analysis, Sensory evaluation, Macaroni

مقدمه

فرآورده‌های خمیری در تمام کشورهای دنیا، محصولی شناخته شده هستند. ایتالیا با تولید سالانه سه میلیون تن و مصرف سرانه حدود ۳۰ کیلوگرم، بزرگترین تولید کننده و مصرف کننده این فرآورده‌ها محسوب می‌شود. ایران نیز با تولید ۷۰۰ هزار تن از مهمترین تولید کنندگان ماکارونی به حساب می‌آید. مصرف سرانه این فرآورده‌ها در کشور طی سال‌های اخیر به حدود ۸ کیلوگرم افزایش یافته است (ناصحی و همکاران ۲۰۰۶). پس با نگاهی به اهمیت این فرآورده‌ها در بازار تولید و مصرف و جایگاه آنها در تامین ارزان مواد غذایی مورد نیاز انسان، توجه به شاخص‌های کیفی آنها نظیر ویژگی‌های بافتی، حسی، میکربی، پخت و رنگ، و ارائه روش‌های سریع و با دقت بالا برای ارزیابی آنها اهمیت دارد. در این راستا با توجه به اینکه رنگ مواد غذایی یکی از نشانه‌های کیفیت آن است و نقش مهمی در پذیرش مصرف کننده دارد، ارائه روشی مناسب برای ارزیابی آن کمک شایانی به تولید و عرضه آن خواهد نمود.

پژوهشگران زیادی به بررسی رنگ اسپاگتی و عوامل موثر بر آن پرداخته اند برای مثال اثر مقدار رطوبت فرمول (دبوز و همکاران ۱۹۹٦)، سرعت مارپیچ اکسترودر (ناصحی و همکاران ۲۰۰۹a)، زمان اختلاط و درجه حرارت سیلندر (دبوز و همکاران ۱۹۹٦؛ آبکاسیس و همکاران ۱۹۹٤؛ میلاتوویک و همکاران ۱۹۹۱) روش‌های خشک کردن (مالکومسون و همکاران ۱۹۹۳)، زمان ماندگاری (ناصحی و همکاران ۲۰۱۱) بر کیفیت رنگ مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین تاثیر افزودن آرد لوبیا چیتی (برگمن و همکاران ۱۹۹٤)، آرد باقلا مصری (رایاس و همکاران ۱۹۹٦؛ مراد و همکاران ۱۹۸۰)، سبوس (ادواردس و همکاران ۱۹۹۵)، فیبرهای رژیمی و بتاگلوکان جو (مارکونی و همکاران ۲۰۰۰)، آرد و کنسانتره پروتئینی بقولات (دوزکویکز و همکاران ۱۹۸۸) و آرد سویای بدون چربی و آرد سیب

زمینی شیرین (پنگولی و همکاران ۲۰۰۰)، آرد کامل سویا (ناصحی و همکاران ۲۰۰۹a) نیز بر شاخص روشنایی، قرمزی و زردی رنگ ارزیابی شده است. در این پژوهش‌ها از روش‌های ارزیابی حسی و یا دستگاهی نظیر هانتر لب برای سنجش رنگ اسپاگتی استفاده شد. اما هدف این پژوهش معرفی روشی بر اساس پردازش تصویر و مقایسه آن با سایر روش‌های موجود برای تعیین رنگ این فرآورده‌ها است. این در حالی است که از این روش تاکنون برای تعیین زمان پخت اسپاگتی (سوزر و همکاران ۲۰۰۷)، تشخیص باقی مانده حشرات در سمولینا (بووانسواری و همکاران ۲۰۱۱) و ارزیابی کیفیت نگهداری گندم دروم (ونورا ۲۰۰۹) استفاده شده است.

مواد و روش ها

آرد کامل سویا از شرکت پروتئینی توس سویا (مشهد)، آرد نول از شرکت آرد رضوی (مشهد)، لوازم بسته بندی و سایر لوازم از بازار خریداری شدند. برای تعیین ترکیب شیمیایی از مواد و محلول‌های شرکت مرک آلمان استفاده شد.

ویژگی‌های شیمیایی آردها

ترکیب شیمیایی آرد نول و آرد کامل سویا شامل رطوبت، خاکستر، پروتئین، فیبر و چربی بر اساس روش‌های استاندارد اندازه گیری شد(AACC 1990).

آماده سازی تیمارها

آماده سازی تیمارها به مقدار رطوبت آرد نول و آرد کامل سویا، میزان جایگزینی آرد کامل سویا، رطوبت نهایی خمیر و وزن آن بستگی دارد. بنابراین، با توجه به جدول ۱ و روش مصوب، مقادیر مناسب از آرد نول، آرد کامل سویا و آب برای تهیه خمیر با وزن ۸ کیلوگرم محاسبه و توزین شد (AACC 1990).

تولید اسپاگتی

برای تولید اسپاگتی و برای تشخیص بهتر رنگ اقدام به تولید اسپاگتی غنی شده با آرد کامل سویا شد، بدین منظور مقادیر توزین شده آرد نول، آرد کامل سویا و آب مقطر (با دمای ٤٠ درجه سانتی گراد) در خمیرگیر دستگاه ماکارونی ساز آزمایشگاهی با سرعت ۷۰ دور بر دقیقه و طی ۱۰ دقیقه مخلوط شدند. پس از اتمام عمل اختلاط، در سیستم خلاء به مقدار ۰/۷ تا ۰/۸ اتمسفر ایجاد می می‌شد تا حباب‌های هوا در حین مرحله اکستروژن خارج شود. خمیر پس از اکسترودر و با گذشتن از قالب به صورت رشته خارج می‌شد (ناصحی و همکاران ۲۰۰۹b). مرحله بعدی خشک کردن این رشته‌ها ها در دمای حدود ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ ساعت بود؛ به طوری که رطوبت نسبی خشک کن به تدریج از ۹۵ به ٦٥ درصد کاهش می‌یافت. پس از سرد شدن، اسپاگتی‌ها در کیسه‌های پلی پروپیلینی بسته بندی شدند. ارزیابی نمونه‌ها پس از گذشت حداقل ۱۰ روز از تولید آنها و تثبیت بافت و رطوبت، شروع شد.

روش‌های رنگ سنجی

روش حسی

برای ارزیابی حسی، ابتدا اسپاگتی پخته شد. بدین منظور به ۲ لیتر آب معمولی در حال جوش حاوی ١٤ گرم نمک، ۱۰۰ گرم اسپاگتی خشک افزوده شد (ISO 1985). پس از اینکه نمونه‌ها پخته شدند، حدود ۳۰ تا ۵۰ گرم اسپاگتی درون ظروف با کد مخصوص به ۱۵ داور ماهر داده شد. شرایط ارزیابی از نظر دما، نور و رطوبت نسبی تحت کنترل بود. به طوری که ارزیابی در صبح و زیر نور مصنوعی زرد یا قرمز انجام شد. شش داور ماهر که با مفاهیم رنگ آشنا بودند کار ارزیابی را انجام دادند (راتی و همکاران ٢٠٠٤). ارزیابی بر اساس آزمون لذت بخشی پنج نقطه ای از ۱ (خیلی بد) تا ۵ (خیلی خوب) انجام شد. در هر ارزیابی چهار نوع اسپاگتی به همراه شاهد به داوران داده شد. ترتیب از راست به چپ نمونه‌ها برای همه داوران یکسان بود. هر ارزیاب نظر خود را در فرم مخصوص در خصوص رنگ بر اساس زرد مایل به قهوه ای پر رنگ؛ زرد مایل به قهوه ای؛ زرد مایل به قهوه ای کمرنگ؛ زرد مایل به

سفید؛ زرد کهربایی، اعلام می کرد.

روش پردازش تصویر

برای تعیین رنگ، تکه ای از اسپاگتی خشک به اندازه حدود ۵ میلیمتر، زیر میکروسکوپ دستی دیجیتال (Dino-Lite AM-313, Nazca Inc, California, USA) قرار گرفت و با بزرگنمایی ٦٠ از آن عکس گرفته شد؛ سپس عکس‌ها بوسیله نرم افزار Clemex نسخه ٦ (Meyer Instruments Inc, Houston, USA) برای تعیین شاخص‌های فام (Hue)، شدت (Intensity) و اشباعیت (Saturation) رنگ ارزیابی شدند. دسته بندی رنگها بر اساس طول موج آنها می‌باشد، به طوری که هر رنگ دارای طول موجی غالب است. دامنه طول موج رنگهای مرئی بین ٤٠٠ نانومتر برای بنفش تا ٧٠٠ نانومتر برای قرمزاست. شاخص فام مبین طول موج رنگ اصلی است. شدت رنگ، روشنی و تاریکی آن را تعیین می‌کند، به طوری که افزایش آن نشان دهنده تیره و کدر بودن رنگ است. اشباعیت رنگ نیز نسبت طول موج رنگ اصلی به سایر رنگ‌ها را مشخص می‌کند، به عبارتی دیگر افزایش آن حاکی از خلوص بیشتر است.

روش هانتر لب

ویژگی‌های رنگی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ سنج (مدل لاویباند سیستم – ٥٠٠، کشور انگلستان) اندازه گیری شد. به طوری که پس از آسیاب کردن، نمونه‌ها داخل ظرف دستگاه ریخته شد و اندیس*L بیانگر روشنی نمونه، اندیس b گرایش به زردی و اندیسa گرایش به قرمزی نمونه‌ها تعیین شد (نوشیروانی و همکاران ۱۳۹۰).

روش کونیکا مینولتا

ویژگی‌های نمونه‌ها با دستگاه رنگ سنج کونیکا مینولتا (مدل CR-400، ژاپن) اندازه گیری شد. به طوری که پس از آسیاب کردن، نمونه‌ها داخل ظرف دستگاه ریخته شد و روشنی (اندیسL) نمونه، گرایش به زردی (اندیس b) و گرایش به قرمزی (اندیسa) تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش از یک طرح مخلوط رئوس انتهایی با ٣٦ تیمار استفاده شد. برای طراحی آزمایش و آنالیز نتایج از نرم افزار مینی تب (نسخه،16)، استفاده شد. بدین منظور معادلات ریاضی درجه سوم ویژه با استفاده از آنالیز رگرسیون گام به گام پیش رونده بر روی متغیرهای وابسته برازش شدند. به منظور ارزیابی صحت مدل‌های برازش داده شده مقادیر R^2، $R2$ تصحیح شده مدل و P ضرایب تعیین شدند(کریمی و همکاران ۱۳۹۱). همچنین رابطه بین روش‌های مختلف بر اساس ضریب همبستگی پیرسون (ابراهیم‌پور و همکاران ۱۳۹۰) تعیین شد.

نتایج

روش حسی

رنگ تیمارها در اثر افزودن آرد کامل سویا با کاهش معنی داری ($P\leq0/05$) همراه است (جدول ۱). بررسی تغییرات رنگ نشان می‌دهد که معادله حاصل از R^2 بالا (۹۱/۸) و بسیار معنی داری ($p\leq0/001$) برای پیشگویی آن برخوردار است. اجزاء فرمولاسیون به صورت معادله درجه اول ($p\leq0/001$) بر این شاخص مؤثر هستند و با توجه به ضریب هر جزء در جدول ۲، مشخص می‌شود که آرد نول بیشترین اثر را بر رنگ دارد. اثر متقابل بین آرد نول و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر موجب بهبود رنگ از طریق معادله درجه اول ($p\leq0/001$) می‌شود. اثر متقابل بین آرد نول، سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر و درجه حرارت آب سیرکولاسیون نیز بر اساس معادله درجه اول ($p\leq0/01$) رنگ را تشدید می‌کند. سایر منابع فاقد تاثیر معنی داری بر ویژگی رنگ هستند. البته این قابل انتظار بود زیرا مقدار کاروتینوئیدهای لوبیای سویا از گندم نرم بیشتر است. از سوی دیگروجود لیزین و قندهای احیاء در آن موجب تشدید رنگ محصول نهایی از طریق واکنش مایلارد می‌شود.

پردازش تصویر

بررسی تغییرات شدت رنگ بوسیله روش پردازش تصویر نشان داد که افزودن آرد کامل سویا موجب کاهش معنی دار ($P\leq0/05$) آن می شود (جدول ۱). این شاخص نشان می‌دهد که معادله حاصل از R^2 بالا (۸۱/۲) و بسیار معنی داری ($p\leq0/001$) برای پیشگویی آن برخوردار است. با توجه به ضرایب آنها مشخص می‌شود که آرد کامل سویا کمترین اثر را دارد (جدول ۲). همچنین اثر متقابل بین اجزاء فرمول و درجه حرارت آب سیرکولاسیون موجب کاهش این شاخص از طریق معادله درجه سوم ویژه ($p\leq0/01$) می‌شود. همچنین اثر متقابل بین آرد کامل سویا، مقدار آب و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر، موجب افزایش شدت رنگ بر اساس معادله درجه دوم ($p\leq0/01$) می‌شود. از سوی دیگر اثر متقابل بین آرد کامل سویا، آرد نول، مقدار آب و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر موجب کاهش شدت رنگ بر اساس معادله درجه سوم ویژه ($p\leq0/01$) می‌شود. اثر متقابل بین اجزاء فرمول، سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر و درجه حرارت آب سیرکولاسیون نیز بر اساس معادله درجه دوم ($P\leq0/05$) موجب افزایش این ویژگی می‌شود. سایر منابع فاقد تاثیر معنی داری بر مقدار شدت هستند.

از سوی دیگر، بررسی شاخص فام رنگ نشان داد که افزودن آرد کامل سویا موجب کاهش معنی دار ($P\leq0/05$) آن می‌شود (جدول ۱). بررسی تغییرات این ویژگی نشان می‌دهد که معادله حاصل از R^2 ضعیفی (۷۲/۳) برای پیشگویی برخوردار است. بررسی جدول ۲، مشخص می‌شود که آرد نول اثر بیشتری دارد. همچنین اثر متقابل بین مقدار آب، سرعت چرخش اکسترودر و درجه حرارت آب سیرکولاسیون، موجب کاهش این شاخص از طریق معادله درجه اول ($P\leq0/05$) می‌شود. بررسی ویژگی اشباعیت رنگ در جدول ۱، نشان داده شده است.

بررسی تغییرات این شاخص نشان می‌دهد که معادله حاصل از R^2 بالا (۸۹) و بسیار معنی داری ($p\leq0/001$) برای پیشگویی برخوردار است. اجزاء فرمولاسیون به صورت معادله درجه اول ($p\leq0/001$) و درجه دوم ($p\leq0/01$) بر این شاخص مؤثر هستند و با توجه به ضرایب آنها در جدول۲، مشخص می‌شود که آرد کامل سویا بیشترین اثر را دارد. اثر متقابل بین اجزاء فرمول و درجه حرارت آب سیرکولاسیون موجب افزایش این شاخص از طریق معادله درجه دوم ($p\leq0/001$) و سوم ویژه ($p\leq0/001$) می‌شود. همچنین اثر متقابل بین آرد کامل سویا، آرد نول و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر هم بر اساس معادله درجه دوم ($p\leq0/01$) این شاخص را افزایش می‌دهد. اما اثر متقابل بین آرد کامل سویا و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر بر اساس معادله درجه اول ($p\leq0/01$) موجب کاهش اشباعیت رنگ می‌شود.

جدول ۱- ویژگی‌های رنگ اسپاگتی با روش‌های حسی، هانترلب، مینولتا و پردازش تصویر

روش	مونیلتا			هانترلب			پردازش		حسی	
تیمار	قرمزی	زردی	روشنی	قرمزی	زردی	روشنی	اشباعیت	شدت	فام	زردی
۱	۱۰/۸۱	۰/۴۴	۳۳/۷	۱۷/۲۹	۳/۶۲	۶۶/۷۳	۲۲/۰	۱۲۸/۰	۴۲/۰	۴/۲۵
۲	۶/۷۵	۰/۰۵	۲۱/۴۵	۱۴/۶	۳/۱۴	۵۷/۴۸	۲۰/۴	۱۳۰/۰	۴۲/۰	۴/۳۰
۳	۹/۳۶	۰/۵۵	۳۳/۰۶	۱۶/۳۳	۴/۱۹	۶۷/۲۱	۲۲،۳	۱۲۴/۶	۴۳/۰	۳/۴۰
۴	۹/۰۷	۰/۵۱	۳۳/۴۳	۱۶/۵۸	۴/۰۱	۶۸/۱۵	۲۳/۰	۱۱۶/۷	۴۳/۰	۳/۴۶
۵	۸/۲۶	۱/۱۶	۲۶/۸	۱۵/۵	۴/۳۳	۶۹/۰۳	۲۵/۰	۱۱۳/۶	۴۱/۸	۳/۱۵
۶	۱۵/۴۱	۲/۴	۵۲/۵۹	۱۵/۶۲	۵/۲۹	۶۷/۱۳	۳۵/۶	۱۱۳/۵	۳۸/۶	۳/۴۷
۷	۹/۴۱	۰/۹۹	۳۳/۸۸	۱۵/۵۲	۴/۲۸	۶۹/۶۴	۳۵/۸	۱۱۳/۰	۳۹/۲	۳/۱۲
۸	۱۱/۵۲	۱/۴۶	۳۹/۷	۱۷/۰۳	۴/۶۱	۶۹/۲۲	۳۸/۶	۱۱۳/۲	۳۹/۵	۱/۶۲
۹	۱۱/۰۳	۱/۹۹	۳۶/۵۴	۱۶/۷۳	۴/۶۱	۷۰/۱۴	۳۹/۰	۱۱۲/۶	۳۸/۰	۲/۰۰
۱۰	۱۴/۰۳	۰/۳	۵۰/۹۱	۱۶/۲۲	۳/۱۲	۶۶/۹۴	۲۳/۰	۱۲۵/۰	۴۵/۰	۴/۱۶
۱۱	۶/۱۱	۰/۰۶	۱۹/۲	۱۶/۷۷	۳/۲	۶۹/۲۷	۲۲/۲	۱۲۶/۰	۴۴/۰	۴/۴۵
۱۲	۱۲/۱۹	۱/۸۲	۴۰/۹۵	۱۵/۷۲	۳/۶۴	۶۷/۵۵	۲۳/۰	۱۲۴/۰	۴۳/۰	۳/۶۵
۱۳	۴/۸۳	۰/۱	۱۶/۴۳	۱۳/۴	۲/۳۲	۶۹/۰۶	۲۵/۰	۱۲۵/۰	۴۲/۰	۳/۷۲
۱۴	۵/۸	۰/۳۵	۱۹/۷	۱۵/۵۳	۳/۴۷	۷۰/۹۹	۲۶/۰	۱۱۷/۰	۴۲/۰	۳/۱۵
۱۵	۶/۲۹	۰/۶۶	۲۱/۰۹	۱۵/۸۸	۳/۲۴	۷۱/۹	۳۰/۰	۱۱۶/۰	۴۱/۵	۲/۳۰
۱۶	۸/۱۴	۱/۱۳	۲۸/۵۵	۱۵/۳۱	۳/۶	۷۲/۵۱	۳۱/۰	۱۱۵/۰	۳۹/۰	۲/۵۷
۱۷	۱۳/۵۸	۱/۷۳	۵۰/۷۷	۱۵/۷۵	۳/۹۹	۶۹/۴۳	۳۳/۰	۱۱۴/۰	۴۱/۰	۲/۰۵
۱۸	۵/۰۷	۰/۵۶	۱۴/۱	۱۶/۲	۳/۳۹	۷۰/۱۱	۳۵/۰	۱۱۲/۰	۴۰/۰	۱/۷۰
۱۹	۹/۳۵	۰/۱۵	۳۸/۰۶	۱۵/۹	۳/۲۲	۶۵/۲۶	۲۱/۶	۱۲۸/۰	۴۱/۵	۴/۰۰
۲۰	۶	۰/۰۵	۲۰	۱۴/۵۸	۲/۶۸	۶۹/۵۶	۲۳/۰	۱۲۵/۰	۴۳/۰	۴/۱۸
۲۱	۱۱/۱۴	۰/۹۵	۴۱/۳۳	۱۵/۰۸	۳/۱۱	۷۲/۸۳	۲۳/۰	۱۲۴/۳	۴۱/۸	۳/۶۸
۲۲	۹/۷۶	۰/۶۲	۴۱/۲۱	۱۵/۱	۳/۳۴	۷۰/۳۷	۲۴/۳	۱۲۴/۳	۴۳/۲	۳/۶۲
۲۳	۱۱/۳۳	۱/۱۲	۴۸/۹۶	۱۳/۵۶	۲/۴۲	۷۷/۰۱	۲۶/۲	۱۳۵/۳	۴۰/۳	۲/۷۶
۲۴	۹/۶۸	۱/۱۱	۳۶/۹۷	۱۴/۹۵	۳/۶۱	۷۱/۹۸	۲۷/۰	۱۲۶/۰	۳۹/۲	۱/۸۲
۲۵	۸/۵۳	۱/۰۸	۲۹/۲۹	۱۴/۸۱	۳/۰۴	۷۳/۴۸	۲۸/۲	۱۲۳/۲	۳۹/۰	۲/۲۸
۲۶	۱۰/۱۶	۱/۵۱	۳۲/۳۸	۱۵/۲۸	۴/۵۵	۶۸/۰۹	۳۱/۵	۱۲۰/۰	۳۸/۰	۱/۶۱
۲۷	۱۰/۱۴	۱/۳۶	۳۴/۶۳	۱۴/۸۸	۳/۰۶	۷۲/۷۵	۳۱/۲	۱۱۶/۷	۳۸/۰	۱/۷۵
۲۸	۱۰	۰/۳	۳۵	۱۵/۶۵	۳/۲۴	۶۶/۴۱	۲۲/۲	۱۲۷/۰	۴۰/۸	۳/۴۰
۲۹	۶	۰/۰۵	۲۰	۱۵/۵۵	۲/۹۴	۷۰/۳۹	۲۳/۲	۱۲۵/۲	۴۳/۲	۳/۸۰
۳۰	۷/۸	۰/۲۹	۳۱/۲۲	۱۵/۲۳	۳/۲۷	۷۲/۳۲	۲۵/۲	۱۲۳/۳	۴۲/۸	۳/۰۰
۳۱	۹/۶۶	۰/۴۵	۴۱/۶۸	۱۴/۶۶	۲/۹۸	۷۳/۱۶	۲۶/۲	۱۲۰/۳	۴۴/۸	۲/۶۰
۳۲	۱۱/۴	۱/۱۶	۵۰/۳۵	۱۴/۰۵	۴/۰۸	۶۹/۵۳	۲۴/۴	۱۲۴/۶	۴۱/۰	۲/۸۰
۳۳	۱۲	۱/۵	۴۰	۱۵/۹۶	۴/۰۴	۷۰/۵۲	۲۶/۸	۱۲۲/۲	۴۰/۷	۱/۷۵
۳۴	۶/۲۴	۰/۵	۲۳/۱۳	۱۵/۵۴	۳/۱۴	۷۴/۶۴	۲۷/۶	۱۱۹/۸	۳۹/۰	۱/۹۱
۳۵	۱۲/۱۹	۱/۸۲	۴۰/۹۵	۱۶/۳۲	۵/۰۴	۶۷/۲۷	۳۷/۸	۱۰۷/۰	۴۰/۰	۱/۶۲
۳۶	۹/۵۱	۱/۶۴	۴۲/۱۷	۱۶/۷	۴/۸۷	۶۹/۵۸	۳۷/۶	۱۰۷/۶	۳۹/۷	۱/۸۰

هانترلب

بررسی تغییرات روشنی رنگ بوسیله هانترلب در این پژوهش در جدول ۲، نشان داد که معادله حاصل برای این شاخص از R^2 کمی (٦٧) برای پیشگویی آن برخوردار است. با توجه به ضرایب آنها مشخص می‌شود که آرد کامل سویا کمترین اثر را دارد. همچنین

اثر متقابل بین اجزاء فرمول و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر موجب کاهش این شاخص از طریق معادله درجه اول ($p\leq0/001$) می‌شود. همچنین اثر متقابل بین آرد کامل سویا و آرد موجب افزایش روشنی رنگ بر اساس معادله درجه اول($p\leq0/001$) می‌شود. از سوی دیگر اثر متقابل بین آرد نول و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر موجب کاهش روشنی رنگ بر اساس معادله درجه خطی ($p\leq0/01$) می‌شود. از سوی دیگر اثر متقابل بین آرد نول و درجه حرارت آب چرخشی موجب کاهش روشنی رنگ بر اساس معادله درجه اول ($p\leq0/01$) می‌شود. سایر منابع فاقد تاثیر معنی داری بر مقدار شدت هستند.

جدول ۱، تغییرات قرمزی رنگ بوسیله دستگاه هانترلب را در این پژوهش نشان می دهد. معادله حاصل برای این شاخص از R^2 کمی (٦٦) برای پیشگویی آن برخوردار است و با توجه به ضرایب آنها در جدول ۲، مشخص می‌شود که آرد کمترین اثر را دارد. همچنین اثر متقابل بین اجزاء فرمول و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر موجب افزایش این شاخص از طریق معادله درجه اول ($p\leq0/05$) می‌شود. همچنین اثر متقابل بین آرد کامل سویا، آرد و درجه حرارت آب چرخشی موجب افزایش قرمزی رنگ بر اساس معادله درجه دوم ($p\leq0/001$) می‌شود. سایر منابع فاقد تاثیر معنی داری بر مقدار شدت هستند.

بررسی تغییرات زردی رنگ بوسیله دستگاه هانترلب (جدول ۱) در این پژوهش نشان داد که معادله حاصل برای این شاخص از R^2 کمی (۵۱/۷) برای پیشگویی آن برخوردار است. با توجه به ضرایب آنها در جدول ۲، مشخص می‌شود که آرد کمترین اثر را دارد. همچنین اثر متقابل بین اجزاء فرمول موجب کاهش این شاخص از طریق معادله درجه سوم ویژه ($p\leq0/001$) می‌شود. همچنین اثر متقابل بین آرد و سرعت چرخش مارپیچ اکسترود موجب افزایش زردی رنگ بر اساس معادله درجه اول($p\leq0/01$) می‌شود. از سوی دیگر اثر متقابل بین آرد کامل سویا، آب و درجه حرارت آب چرخشی موجب افزایش زردی رنگ بر اساس معادله درجه دوم ($p\leq0/01$) می‌شود. سایر منابع فاقد تاثیر معنی داری بر مقدار شدت هستند.

کونیکا مینولتا

بررسی تغییرات روشنی رنگ بوسیله دستگاه مینولتا در جدول ۱، نشان داده شده است. همچنین جدول ۲، جدول ۲، نشان می دهد که معادله حاصل برای این شاخص از R^2 کمی (۲۲/٦) برای پیشگویی آن برخوردار است. با توجه به ضرایب آنها مشخص می‌شود که آرد کامل سویا کمترین اثر را دارد. از سوی دیگر بررسی تغییرات قرمزی رنگ بوسیله این روش نشان داد که معادله حاصل برای این شاخص از R^2 کمی (۵۵/۳) برای پیشگویی آن برخوردار است. با توجه به ضرایب آنها در جدول ۲، مشخص می‌شود که آب کمترین اثر را دارد. همچنین بررسی تغییرات زردی رنگ در این پژوهش نشان داد که معادله حاصل برای این شاخص از R^2 کمی (۲۷/۵) برای پیشگویی آن برخوردار است. با توجه به ضرایب آنها در جدول ۲، مشخص می‌شود که آرد کامل سویا کمترین اثر را دارد.

جدول ۲- مدل‌های پیشگو برای تعیین ویژگی رنگ تیمارهای اسپاگتی با روش‌های مختلف اساس متغییرهای فرمول[a] و فرآیند[b]

ویژگی		مدل پیشگو[c]	R^2	R^2(Adj)
حسی	زردی	= 0/0667 F - 0/0245 S - 0/0115 W + 0/0048 FR*** + 0/0028 FRT**	۰/۹۱۸	۰/۹۰۷
	شدت	= 1/2723 F +0/7654 S +1/2613 W +0/0315 SWR** - 7/6797 × 10^{-4} FSWR** - 0/7984 × 10^{-4} FSWT** + 0/0023 SWRT*	۰/۸۱۶	۰/۷۷۳
پردازش	فام	= 0/4854 F + 0/3208 S + 0/3231 W - 0/0153 WRT*	۰/۷۲۳	۰/۶۹۷
	اشباعیت	= 0/1533 F + 1/4032 S + 0/3695 W - 0/01758 FS** + 0/0617 SR** + 0/0027SWT***	۰/۸۹۰	۰/۸۷۲
	روشنی	= 0/7495 F -0/1042 S + 0/4933 W + 0/0233FS*** -0/3944 FR** + 0/01126FWR*-0/0155FT*	۰/۶۰۷	۰/۶۰۲
هانتر لب	قرمزی	= -0/0069F +0/0345 S + 0/1083W +0/0028FR* + 0/0005FST***	۰/۶۶۲	۰/۶۱۸
	زردی	= 0/1031F +0/3694 S + 0/2704 W -1/8454× 10^{-4}FSW*** +0/0061 FR** + 0/0006SWT**	۰/۵۱۷	۰/۴۳۶
	روشنی	= -0/7416 F -0/5537 S + 2/4617 W	۰/۲۲۶	۰/۱۷۹
مینولتا	قرمزی	= -0/0218 F +0/0280 S + 0/0523 W	۰/۵۵۳	۰/۵۲۵
	زردی	= -0/1953 F -0/1357 S + 0/6589 W	۰/۲۷۴	۰/۲۳۰

[a] آرد نول(F)، آرد کامل سویا(S)، آب(W).

[b] درجه حرارت آب سیرکوله(T)، سرعت مارپیچ اکسترودر(R).

[c] سه ستاره ($p\leq0/001$)، دو ستاره ($p\leq0/01$)، یک ستاره ($P\leq0/05$)، بدون ستاره (جزء اصلی فرمول).

بحث

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن آرد کامل سویا موجب کاهش شاخص‌های شدت (روشنایی) و فام (رنگ) و افزایش شاخص اشباعیت (خلوص) تیمارهای اسپاگتی در روش پردازش تصویر شده است. این نتایج با یافته‌های پژوهش برگمن و همکاران (۱۹۹٤) تایید می‌شود، آنها نشان دادند که لوبیا چیتی موجب کاهش شاخص روشنایی و افزایش شاخص قرمزی و زردی رنگ می‌شود، البته این قابل انتظار بود زیرا مقدار کاروتینوئیدهای لوبیای سویا از گندم نرم بیشتر است. از سوی دیگر لیزین و قندهای احیاء فراوان آن در خشک کن و از طریق واکنش مایلارد موجب تغییر رنگ محصول نهایی می‌شود (برگمن و همکاران ۲۰۰٤). این در حالی است که برخی پژوهش‌ها نشان داده است که رنگ نمونه‌های حاوی باقلا مصری مشابه نمونه‌های شاهد است و تغییری در رنگ مطلوب کهربایی ایجاد نشده است (رایاس و همکاران ۱۹۹٦؛ مراد و همکاران ۱۹۸۰). از سوی دیگر پژوهش ادواردس و همکاران، نشان می‌دهد که افزودن سبوس به سمولینا یا استفاده از آرد کامل دروم در تهیه فرآورده‌های خمیری، موجب تیره تر شدن رنگ محصول نهایی نسبت به نمونه حاصل از سمولینا می‌شود (ادواردس و همکاران ۱۹۹۵). همچنین نمونه‌های حاوی فیبرهای رژیمی و بتاگلوکان جو تیره تر بودند یعنی روشنایی و زردی کمترو قرمزی بیشتری داشتند (مارکونی و همکاران ۲۰۰۰).

اگر چه تغییرات رنگ در این پژوهش بیشتر به دلیل ماهیت رنگ آرد کامل سویا (زرد مایل به قهوه‌ای)

می‌باشد. با این حال نتایج نشان داد که افزایش درجه حرارت آب سیرکولاسیون و سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر موجب بهبود رنگ می‌شوند، زیرا در این شرایط، آنزیم‌های موجود به دلیل دناتوره شدن غیر قابل برگشت بخش پروتئین، غیر فعال می‌شوند. چنین نتایجی در گزارش دلکروس و همکاران نیز آمده است (دلکروس و همکاران ۱۹۹۸).

همچنین پژوهش‌های پیشین نشان داد که امتیاز رنگ اسپاگتی غنی شده با آرد و کنسانتره پروتئینی بقولات به طور معنی داری از کنترل کمتر است (دوزکویکز و همکاران ۱۹۸۸).

از سوی دیگر ضریب همبستگی بین روش‌های مختلف رنگ سنجی مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۳، نشان داده شده است. همان طوری که ملاحظه می شود، شاخص‌های مختلف روش پردازش تصویر نسبت به دو روش هانتر لب و مونیلتا از همبستگی بهتری با روش حسی برخوردار هستند، به عبارتی دیگر از این شاخص‌ها و بخصوص اشباعیت می توان زردی رنگ اسپاگتی را تعیین نمود. از سوی دیگر بررسی ضریب همبستگی میان روش پردازش تصویر، هانتر لب و مونیلتا نشان می‌دهد که همبستگی خوبی بین شاخص‌های پردازش تصویر و شاخص قرمزی و روشنی دیگر روش‌ها وجود ندارد، این در حالی است که ضریب همبستگی بین آنها و بخصوص اشباعیت با شاخص زردی روش‌های هانتر لب و مونیلتا بهتر است.

بنابر این بررسی روش‌های مختلف ارزیابی رنگ اسپاگتی شامل روش حسی، هانتر لب، مونیلتا و پردازش تصویر نشان می‌دهد که مقدار R^2، مدل‌های برازش داده شده برای روش حسی بالاترین مقدار است و پس از آن برای شاخص اشباعیت، شدت و فام روش پردازش تصویر نیز از مقدار قابل قبولی برخوردار است. این در حالی است که شاخص‌های دو روش دستگاهی هانترلب و مونیلتا فاقد مقدار R^2، مناسبی است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی بررسی نتایج ارزیابی رنگ اسپاگتی با روش‌های مختلف رنگ سنجی مورد استفاده در این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص‌های مختلف روش پردازش تصویر نسبت به دو روش هانتر لب و مونیلتا از همبستگی بهتری با روش حسی برخوردار هستند. از سوی دیگر همبستگی خوبی بین شاخص‌های قرمزی و روشنی در بین روش‌های دستگاهی وجود ندارد، این در حالی است که ضریب همبستگی بین اشباعیت روش پردازش تصویر و شاخص زردی روش‌های هانتر لب و مونیلتا بهتر است. بنابر این با تعیین شاخص اشباعیت بوسیله روش پردازش تصویر می‌توان مقدار زردی رنگ را در اسپاگتی با اطمینان زیادی برآورد و پیشگویی نمود.

جدول ۳- ضریب همبستگی پیرسون بین روش‌های مختلف رنگ سنجی

روش		مونیلتا			هانتر			پردازش تصویر			حسی
روش		قرمزی	زردی	روشنی	قرمزی	زردی	روشنی	اشباعیت	شدت	فام	زردی
حسی	زردی	-0/157	-0/609***	-0/151	-0/075	-0/386*	-0/531***	-0/709***	0/587***	0/670***	1
پردازش تصویر	فام	-0/232	-0/662***	-0/153	-0/049	-0/453**	-0/159	-0/704	0/432**	1	
	شدت	-0/133	-0/570***	-0/038	-0/455**	-0/724***	-0/039	-0/819***	1		
	اشباعیت	0/292	0/723***	0/213	0/327	0/663***	0/175	1			
هانتر	روشنی	-0/093	0/135	0/037	-0/268	-0/263	1				
	زردی	0/515***	0/726***	0/398	0/544***	1					
	قرمزی	0/192	0/160	0/031	1						
مونیلتا	روشنی	0/936***	0/588***	1							
	زردی	0/687***	1								
	قرمزی	1									

[a] سه ستاره ($p\leq0/001$)، دو ستاره ($p\leq0/01$)، یک ستاره ($P\leq0/05$)، فاقد ستاره بدون معنی

منابع مورد استفاده

ابراهیم پور ن، پیغمبردوست س ه، رافت س ع و آزادمرد دمیرچی ص، ۱۳۹۰. مقایسه روشهای ارزیابی حسی و اندازه‌گیری دستگاهی بافت نان با آزمون رگرسیون PLC. پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد۲۱ ، شماره ٤، صفحات ۵۲۰-۵۰۹

کریمی ف، دهقان نیا ج، قنبرزاده ب و رفیعی ش. ۱۳۹۱. مدل‌سازی خشک کردن لایه نازک موز و بهینه سازی فرآیند توسط شبکه عصبی مصنوعی. پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۲ ، شماره صفحات ۳٦۰-۳٤۷.

ناصحی ب، مرتضوی ع، رضوی م و مظاهری تهرانی م. ۱۳۸۹. بهینه سازی فرمولاسیون و متغییرهای اکسترودر برای غنی سازی اسپاگتی با آرد کامل سویا بوسیله طرح آماری مخلوط. فصلنامه علمی پژوهشی علوم و صنایع غذایی، دوره ۷، شماره ۲.

نوشیروانی ن، قنبرزاده ب و انتظامی ع ا. ۱۳۹۰. مورفولوژی، زاویه تماس و ویژگی‌های رنگی فیلم‌های بیونانوکامپوزیت نشاسته - پلی وینیل الکل -نانوکریستال سلولز. پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۱ ، شماره ۲، صفحات ۱۵٤-۱٤۱

Abecassis J, Abbou R and Chaurand MH. 1994. Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature, and pressure in the extruder and on pasta quality. Cereal Chemistry, 71: 247-253.

American Association of Cereal Chemists. 1990. Approved method of the American Association of Cereal Chemists. St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, Inc.

Bergman CJ, Gualberto DG and Weber CV. 1994. Development of a high-temperature-dried soft wheat pasta supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). I. Cooking quality, colour, and sensory evaluation. Cereal Chemistry, 71: 523-527.

Bhuvaneswari K, Paul GF, White DG, Sarkar AK, Singh CB and Jayas DS. 2001. Image analysis for detecting insect fragments in semolina, Journal of Stored Products Research, 47: 20-24.

Debbouz A and Doetkott C, 1996. Effect of process variables on spaghetti quality. Cereal Chemistry, 73: 672-676.

Delcros JF, Rakotozafy L, Boussard A, Davidou S, Porte C and Nicolas J. 1998. Effect of Mixing Conditions on the Behavior of Lipoxygenase, Peroxidase, and Catalase in Wheat Flour Doughs. Cereal Chemistry, 75: 85-93.

Duszkiewiccz- Reinhard W, Khan K, Dick JW and Holm Y. 1988. Shelf life stability of spaghetti fortified with legume flours and protein concentrates. Cereal Chemistry, 65: 278-281.

Edwards NM, Biliaderis CG and Dexter JE. 1995. Textural characteristic of whole wheat pasta and pasta containing non-starch polysaccharides. Journal of Food Science, 60: 1321-1324.

International Organization for Standardization). 1985. Durum wheat semolina and alimentary pasta estimation of cooking quality of spaghetti by sensory analysis. ISO 7304.

Malcolmson LJ, Matsuo RR and Balshaw R. 1993. Textural optimization of spaghetti using response surface methodology: Effects of drying temperature and durum protein level. Cereal Chemistry, 70: 417–423.

Marconi E, Graziano M and Cubadda R. 2000. Composition and Utilization of Barley Pearling By-Products for Making Functional Pastas Rich in Dietary Fiber and beta-Glucans. Cereal Chemistry, 77: 133-139.

Milatovic LJ and Mondelli G. 1991. Processes and unit operations in industrial pasta manufacturing. P: 69-95 in: Pasta Technology Today. Chiriotti-Pinerolo: Italy.

Morad M and Afifi S. 1980. Macaroni supplemented with lupin and defatted soybean flours. Journal of Food Science, 45: 404-405.

Nasehi B, Jooyandeh H and Nasehi R. 2011. Quality attributes of soy-pasta during storage period. Pakistan Journal of Nutrition, 10: 307-312.

Nasehi B, Mortazavi SA, Razavi SA, Mazaheri Tehrani M and Karim R. 2009. Effects of processing variables and full fat soy flour on nutritional and sensory properties of spaghetti using mixture design approach. International Journal of Food Sciences and Nutrition 60(S1): 112_125.

Nasehi B, Shahidi F and Rastgoo A. 2006.Technology of pasta products. Ferdowsi University press. 300 pages.

Nasehi B,. Mortazavi SA, Razavi SA, Nasiri Mahallati M and Karim R. 2009. Optimization of the extrusion conditions and formulation of spaghetti enriched with full fat soy flour based on the cooking and color quality. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60: 205-214.

Pangolin P, Collins JL and Penfield MP. 2000. Storage conditions affect quality of noodles with added soy flour and sweet potato. International Journal of Food Science and Technology, 35: 235-242.

Rathi A, Kawatra A and Sehgal S. 2004. Influence of depigmentation of pearl millet (Pennisetum glaucum L.) on sensory attributes, nutrient composition, in vitro protein and starch digestibility of pasta. Food Chemistry, 85: 275–280.

Rayas PD, Mock CM and Satterlee DL. 1996. Quality of spaghetti containing Buckwheat, Amaranth, and Lupin flours. Cereal Chemistry, 73: 381-387.

Sozer N, Dalgıç AC and Kaya A. 2007. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. Journal of Food Engineering, 81: 476-484

Venora G, Grillo O and Saccone R. 2009. Quality assessment of durum wheat storage centers in Sicily: Evaluation of vitreous, starchy and shrunken kernels using an image analysis system, Journal of Cereal Science, 49: 429-440