



تأثیر روش‌های مختلف برشته کردن، شرایط بلانچینگ و پاستوریزاسیون بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی شیر فندق

امیر پورفرزاد^{۱*}، سیامک غیبی^۱، زهرا احمدیان^۲

۱- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
۲- دانشجوی دکتری، علوم و صنایع غذایی، گروه فراوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی مشهد

(تاریخ دریافت: 96/6/11، تاریخ بازنگری: 96/9/10، تاریخ پذیرش: 96/9/11)

چکیده

ارزش تغذیه‌ای بالا و وجود ترکیبات زیست فعال در فندق آن را به یک ماده غذایی با ارزش تبدیل کرده است. یکی از روش‌های افزایش مصرف سرانه فندق، فراوری آن به شیوه‌های متنوع از جمله تولید شیر فندق است. در این پژوهش، کاربرد روش‌های مختلف برشته کردن فندق شامل مادون قرمز، مایکروویو و هوای داغ، زمان‌های بلانچینگ صفر، 15 و 30 min و نیز شرایط پاستوریزاسیون شامل 5 min در دمای 95°C، 15 min در دمای 85°C و 25 min در دمای 75°C، در تولید شیر فندق مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین، از روش‌های چندمتغیره متقارن شامل تعیین ضرایب همبستگی و آنالیز شاخص‌های اصلی و نامتقارن شامل فاکتوریل کاملاً تصادفی و رگرسیون حداقل مربعات جزئی به منظور بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، شاخص‌های رنگی و ویژگی‌های حسی استفاده گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش زمان بلانچینگ، pH، شاخص پایداری فیزیکی و مولفه L*، به‌طور معنی‌داری افزایش ولی اسیدیته، محتوای مواد جامد، پروتئین، چربی، ویسکوزیته و مولفه b* کاهش یافت. در شرایط برشته کردن فندق با روش مادون قرمز، بلانچینگ آن به مدت 15 min در دمای 95°C و سپس پاستوریزاسیون به مدت 15 min در دمای 85°C، بهترین خواص فیزیکوشیمیایی و حسی شیر فندق حاصل گردید. از تجزیه و تحلیل نمودار آنالیز شاخص‌های اصلی می‌توان دریافت که استفاده از روش‌های برشته نمودن مایکروویو و هوای داغ منجر به افزایش امتیاز ویژگی‌های حسی مربوط به طعم‌های پخته، گچی، برشته و تلخی می‌گردد. pH و اسیدیته دارای بیش‌ترین ضرایب همبستگی معنی‌دار با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بودند. R² مدل‌های رگرسیونی حداقل مربعات جزئی به‌دست آمده در محدوده متوسط به بالا بود که نشان دهنده کارایی بالای این معادلات در پیشگویی ویژگی‌های حسی نمونه‌های شیر فندق در استفاده از پارامترهای رنگ سنجی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: برشته نمودن، بلانچینگ، پاستوریزاسیون، شیر فندق.

۱- مقدمه

نمودن و سپس هموژنیزاسیون و پاستوریزه نمودن است. محققین پژوهش‌هایی در زمینه شیرهای گیاهی به‌خصوص بر روی شیر سویا، بادام زمینی و بادام انجام داده‌اند. در پژوهشی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نوشیدنی بادام زمینی طی روزهای 1، 8، 14 و 21 بررسی شد به‌طوری‌که شاخص پایداری فیزیکی و pH با افزایش ویسکوزیته طی زمان ثابت ماند [4]. در پژوهشی دیگری که بر روی خصوصیات حسی و فیزیکوشیمیایی شیر بادام زمینی تحت شرایط فرایند صورت گرفت، بلانچینگ بادام زمینی پیش از آسیاب نمودن منجر به کاهش در محتوای ماده جامد و پروتئین شیر آن گردید [5]. ملاکی نیک و همکاران در بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیر سویا بعد از سانتریفوژ مرحله‌ای دریافتند، حرارت دادن شیر سویا سبب کاهش توزیع اندازه ذرات و بهبود پایداری آن شد [6]. احمدیان و همکاران تاثیر زمان بلانچینگ در دمای 95 درجه سانتی‌گراد و دمای برشته نمودن به مدت 20 دقیقه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی شیرکنجد را مورد ارزیابی قرار دادند [7]. برشته کردن نیز یکی از مهم‌ترین فرایندهای مورد استفاده در فراوری مغزهای خوراکی است [8]. برشته کردن فندق برای تشدید طعم و ایجاد تغییر در بافت، رنگ و ظاهر محصول انجام می‌گردد. به‌علاوه، اسیدهای آمینه آزاد، پپتیدها، اسیدهای چرب، ویتامین E، استرول‌های گیاهی و لیگنان‌ها در حین برشته کردن، تغییر می‌کنند. آنزیم‌هایی که موجب کاهش ارزش تغذیه‌ای می‌شوند، غیرفعال شده و میکروارگانیسم‌های نامطلوب، توکسین‌ها یا مواد آلرژن و آلوده کننده‌های مواد غذایی کاهش یافته و نیز پوسته نازک مغز فندق نیز جدا می‌گردد [9، 10]. در صنعت فراوری و تجارت فندق، پیش‌بینی رفتار برشته کردن و کیفیت فندق‌ها اهمیت به‌سزایی دارد [11]. در حین برشته کردن فندق، بر هم کنش دما-زمان بر ویژگی‌های کیفی، تاثیر زیادی دارد. بدین منظور، شرایط فراوری مختلف و تجهیزات گوناگونی برای برشته کردن، استفاده شده است. در صنعت، فندق‌ها به‌طور معمول در دمای 100 - 180 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 تا 60 دقیقه برشته می‌شوند [10]. از لحاظ صنعتی، فندق‌ها با استفاده از آون‌های برشته کردن در کم‌ترین دمای ممکن و با سرعت هوای پائین برشته می‌شوند تا محصولاتی یکنواخت تولید شود [12].

درخت فندق متعلق به خانواده کوریلانسه است و جزء قدیمی‌ترین درختان میوه یافت شده در مناطق شمال غرب اروپا و امریکای شمالی طبقه بندی می‌شود. امروزه محبوب‌ترین درخت فندق (*Corylus avellana L.*) در اروپا و آسیا رشد می‌کند [1]. کشور ترکیه با داشتن 71 درصد سطح زیر کشت فندق و تولید سالانه 660 هزار تن فندق بزرگ‌ترین تولیدکننده این محصول در سطح جهان به‌شمار آمده و پس از آن کشورهای ایتالیا، آمریکا، آذربایجان، گرجستان، چین، ایران و اسپانیا قرار می‌گیرند. ایران با 21 هزار هکتار سطح زیر کشت فندق، هفتمین تولیدکننده جهانی فندق است. با این وجود، نقش قابل توجهی در تجارت جهانی فندق ندارد [2].

ارزش تغذیه‌ای بالا و وجود ترکیبات زیست فعال در فندق آن را به یک ماده غذایی با ارزش تبدیل کرده است. روغن آن از سالم‌ترین و مفیدترین روغن‌های گیاهی می‌باشد. فندق تنها میوه‌ای است که ده اسید آمینه ضروری بدن را دارا می‌باشد و علاوه بر آن، به علت داشتن فسفر زیاد، باعث تقویت مغز و از نظر ویتامین‌های گروه B و E که برای حفظ سلامتی مغز و خون سازی ضروری هستند، غنی می‌باشد [1]. هر چند دانه فندق در نقاط مختلفی از جهان استفاده می‌شود، اما مصرف سرانه آن اندک است. میانگین سرانه مصرف فندق در جهان 100 گرم در سال می‌باشد. بالاترین مصرف سرانه دانه فندق مربوط به کشورهای گرجستان به میزان 8/1 کیلوگرم در سال و سپس ترکیه با حدود 7/4 کیلوگرم در سال است. در مورد مصرف سرانه فندق در کشور ما آمار دقیقی در دسترس نیست. در بسیاری از منابع توصیه می‌شود که روزانه 30 گرم آجیل مصرف گردد [3]. یکی از روش‌های افزایش مصرف سرانه، فراوری فندق به شیوه‌های متنوع از جمله تولید شیر فندق است.

شیرهای گیاهی تولید شده از ترکیبات گیاهی می‌توانند به‌عنوان جایگزینی برای شیرهای با منشا حیوانی باشند. شیرهای گیاهی عاری از کازئین، لاکتوز و کلسترول‌اند و غنی از ویتامین‌ها، مواد معدنی و هم‌چنین اسیدهای چرب ضروری هستند، اما اسیدهای چرب اشباع کمی دارند. از مراحل اصلی در تولید این شیرها برشته کردن و بلانچینگ پیش از آسیاب

تحقیقات اخیر نشان داده است که روش‌های جدید حرارت دهی از قبیل مایکروویو، مادون قرمز، فراصوت، میدان‌های الکتریکی

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

فندق خام از واریته رسمی بود که از شهرستان رودسر واقع در استان گیلان تهیه و در مکانی خشک و خنک نگهداری گردید. مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش نیز از شرکت مرک آلمان تامین گردید.

2-2- روش‌ها

2-2-1- تولید شیر فندق

جهت ارزیابی پارامترهای موثر بر تولید محصول از سه روش برشته نمودن شامل آن هوای داغ، مادون قرمز و مایکروویو، سه زمان بلانچینگ صفر، 15 و 30 min در دمای 95°C و سه روش پاستوریزاسیون شامل 5 min در دمای 95°C ، 15 min در دمای 85°C و 25 min در دمای 75°C ، استفاده گردید. برای برشته کردن از یک دستگاه سولاردام (Solardom, model 3855SCR, LG Company, Korea) استفاده شد. ابعاد آن شامل ارتفاع، طول و عرض به ترتیب 53، 40 و 48 cm بود. در این دستگاه، حرارت دهی با امواج مادون قرمز از طریق سه لامپ هالوژن با قدرت 1100 W در مدت زمان 12 min دقیقه انجام گرفت. حرارت دهی با امواج مایکروویو نیز با استفاده از توان 600 W دستگاه و مدت زمان 3/5 min دقیقه صورت پذیرفت. برای برشته کردن به روش معمولی نیز از هوای داغ با دمای 150°C به مدت 20 min دقیقه استفاده شد. شرایط ذکر شده، با استفاده از تیمارهای اولیه و بر اساس آزمون‌های حسی و رنگ سنجی، انتخاب گردید. برای هر تیمار، حدود $20 \pm 0/5$ g نمونه فندق روی صفحه گردان قرار داده شد.

پس از برشته کردن، دانه‌های فندق به مدت 16 ساعت در آب معمولی با نسبت آب به دانه: 3 به 1 خیسانده شدند و پس از آبکش نمودن و شستشو با آب تازه، با نسبت 1 به 2 دانه با آب مخلوط و در دمای 95°C به مدت 0، 15 و 30 min دقیقه بلانچ گردید. پس از آبکشی و شستشو با آب تازه، دانه‌های فندق به نسبت 1 به 5 با آب مخلوط و به مدت

مقیاس صنعتی استفاده کردند، زیرا در زمان یکسان لازم برای حفظ کیفیت محصول، انرژی مصرفی را کاهش می‌دهند [13]. تابش مادون قرمز، یک نوع انرژی الکترومغناطیسی است که سرعت انتقال حرارت بالاتری نسبت به روش‌های هدایت و همرفت دارد. حرارت دهی با مادون قرمز کارایی بهتری نسبت به روش‌های حرارت دهی متداول دارد [14]. برشته کردن با پرتوهای مادون قرمز در محصولاتی مانند کنجد [15]، چای سبز [16]، بلوط [17] و بادام [18] بررسی گردیده است. علاوه بر کوتاه‌تر بودن زمان برشته کردن، محصولات برشته شده با مادون قرمز ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی بهتری نسبت به محصولات برشته شده با هوای داغ دارند [19].

روش حرارت دهی با مایکروویو نیز مزایایی از قبیل سرعت فرایند، ذخیره سازی انرژی، کنترل دقیق فرایند، سریع‌تر بودن زمان‌های آغاز و اتمام فرایند دارد. محققان، برشته کردن با روش مایکروویو را در مورد مواد غذایی مختلفی مانند بادام زمینی [20]، زیره سبز [21]، کنجد [22] و آفتابگردان [23] به کار برده‌اند. در یک مطالعه مقایسه‌ای بین برشته کردن دانه‌های زیره سبز با حرارت دهی مایکروویو و روش معمولی، مشخص گردید که نمونه‌های حرارت داده شده با مایکروویو، ترکیبات طعمی مانند آلدئیدها را بهتر حفظ نمودند [21]. همچنین، نتایج نشان داد که هیدروکسی متیل فورفورال کم‌تری در حین فرایند برشته کردن دانه قهوه، در اثر حرارت دهی با مایکروویو نسبت به روش حرارت دهی معمولی تولید گردید [24].

از آن‌جا که مطالعات بسیار اندکی روی شرایط تولید شیر تهیه شده از دانه فندق صورت گرفته است، لذا هدف از انجام این پژوهش، بررسی تاثیر روش‌های مختلف برشته نمودن، بلانچینگ و پاستوریزاسیون روی خصوصیات فیزیکی شیمیایی و حسی شیر گیاهی حاصل از فندق بود. در گام بعدی، ارتباط بین ویژگی‌های مختلف شیر فندق با استفاده از روش‌های چندمتغیره متقارن شامل تعیین ضرایب همبستگی و آنالیز شاخص‌های اصلی و نامتقارن شامل رگرسیون حداقل مربعات

فندق داخل یک پلیت کشت میکروبی خالی ریخته شد و با اسکنر HP Scanjet G4010 Photo ساخت ژاپن، اسکن و با فرمت JPEG ذخیره شد. تصویرگیری با نرم افزار فوتو اسمارت USA HP Photosmart Essential, Version 3.5 و رزولوشن 180 dpi انجام شد. سپس توسط نرم افزار ایمیج جی (-Im, ageJ, Version 1.4j, National Institute of Health, USA) از فضای رنگی RGB به Lab تبدیل شد. این فضای رنگی از سه شاخص L^* ، a^* و b^* تشکیل شده است. پارامتر L^* شاخص روشنایی تصویر و در محدوده بین 0 (مشکی) تا 100 (سفید) است. شاخص a^* طیف سبز-قرمز را نشان می‌دهد که بین -60 (سبز) تا +60 (قرمز) متغیر است. شاخص b^* نیز نشان دهنده طیف آبی-زرد و بین -60 (آبی) تا +60 (زرد) است [27].

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری از ویسکومتر مدل DV-II+, Brookfield Engineering Inc ساخت آمریکا با ژئومتری استوانه‌ای هم محور و دمای 25°C استفاده گردید [28]. تغییرات ویسکوزیته در سرعت برشی ثابت (1/s) 50 و نوع رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها نیز در محدوده سرعت برشی (1/s) 14-150 ارزیابی شد [7].

2-2-3- ارزیابی حسی

آنالیز حسی نمونه‌های شیر فندق توسط 10 پانلیست آموزش دیده انجام شد. هر نمونه شامل 50 mL شیر فندق بود که در لیوان پلاستیکی شفاف و در دمای اتاق در اختیار پانلیست‌ها قرار گرفت. رنگ، بو، مزه، تلخی، طعم برشته، طعم پختگی، طعم گچی، طعم روغنی، احساس دهانی و پذیرش کلی نمونه‌ها توسط یک مقیاس 5 امتیازی آنالیز گردید. امتیازهای 1 و 5 به ترتیب مربوط به نمونه‌های دارای کم‌ترین و بیش‌ترین مطلوبیت بود. سپس میانگین امتیازات حاصل برای هر یک از ویژگی‌های حسی محاسبه شد [29].

2-2-4- تجزیه و تحلیل داده‌ها

آنالیز داده‌ها و بررسی اثر روش‌های مختلف برشته کردن، بلانچینگ و پاستوریزاسیون بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیرهای فندق تولیدی در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل انجام گردید. به منظور بررسی معنی‌دار بودن اختلاف

در مخلوط کن (Mixer, model MUM57830GB, Bosch, Germany) با دور متوسط خرد و مخلوط گردید. پس از یک ساعت نگهداری در دمای اتاق، مخلوط حاصل با پارچه صافی دو لایه صاف گردید و پس از جداسازی تفاله، محصول شیری رنگی حاصل شد. هموژنیزاسیون با استفاده از یک دستگاه همگن‌ساز (MTops Homogenizer, SR30, Korea) انجام شد. پاستوریزاسیون با استفاده از یک بن ماری (شیمی آزما، تهران، ایران) در یکی از سه حالت 5 min در دمای 95°C ، 15 min در دمای 85°C و یا 25 min در دمای 75°C انجام و سپس نمونه‌ها تا زمان آنالیز در دمای 4°C نگهداری شدند.

2-2-2- آزمون خصوصیات فیزیکوشیمیایی

آزمون pH توسط دستگاه pH متر Metrohm در دمای محیط صورت گرفت [25].

اسیدیته از طریق تیتراسیون با سود 0/1 N در مجاورت معرف فنل فتالین اندازه‌گیری شد و اسید موجود در هر میلی لیتر شیرفندق بر حسب گرم اسیدسیتریک گزارش گردید [25].

تعیین ماده خشک نیز از طریق خشک نمودن توسط آون Memmert صورت گرفت [25]. خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی ایران خودساز و در دمای 550°C تعیین شد [25]. اندازه‌گیری پروتئین با استفاده از روش کج‌لدال، توسط دستگاه KJELTEC مدل Auto 103 Analyzer و ضریب تبدیل 5/3 انجام شد [25].

تعیین چربی با روش موژونیه توسط بالن مخصوص موژونیه طی سه مرحله صورت پذیرفت [25].

پایداری فیزیکی توسط دستگاه سانتریفوژ Selectalab در $2500 \times g$ به مدت 10 دقیقه صورت گرفت. میزان 10 mL از هر نمونه سانتریفوژ گردید و پس از خروج مایع جمع شده در سطح، مواد جامد ته نشین شده توزین گردید و به صورت درصدی از وزن اولیه نمونه‌ها به‌عنوان شاخص پایداری فیزیکی گزارش گردید [26].

وزن مخصوص با استفاده از پیکنومتر تعیین گردید [25]. شاخص‌های رنگی نمونه‌های شیر فندق، از طریق پردازش تصویر تعیین گردید. بدین منظور، از هر تیمار، 20 mL شیر

از میان روش‌های مختلف برشته نمودن بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار مواد جامد کل به‌ترتیب مربوط به روش‌های مادون قرمز و هوای داغ بود. این رفتار را نیز می‌توان احتمالاً به دنا تورا سیون پروتئین‌ها و در نتیجه کاهش حلالیت آن‌ها، نسبت داد. در روش‌های مادون قرمز و مایکروویو، بر خلاف روش متداول هوای داغ، به علت زمان کم‌تر فرایند، تاثیر کم‌تری بر پروتئین‌ها وارد می‌شود. با افزایش زمان بلانچینگ، محتوای مواد جامد نمونه‌های شیر فندق به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محققین نیز در بررسی اثر شرایط فرایند بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی شیر بادام زمینی مشاهده نمودند که با افزایش زمان بلانچینگ از صفر تا 30 min در دمای 100°C، محتوای ماده جامد کاهش یافت که احتمالاً به علت دنا تورا سیون پروتئین‌ها و کاهش حلالیت آن‌ها می‌باشد، این امر سبب می‌شود تا پروتئین‌ها کم‌تر به درون شیر فندق راه یابند [4]. علاوه بر این کاهش در محتوای ماده جامد را می‌توان به نشت برخی ترکیبات جامد فندق به درون آب بلانچینگ نسبت داد. هم‌چنین نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین محتوای مواد جامد نمونه‌های شیر فندق حاصل از روش‌های مختلف پاستوریزه کردن وجود نداشت.

برشته نمودن به روش مادون قرمز کم‌ترین تاثیر را بر مقدار پروتئین نمونه‌های شیر فندق داشت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار پروتئین ابتدا در نمونه‌های مادون قرمز و سپس مایکروویو و کم‌ترین محتوای پروتئین در نمونه برشته شده به روش هوای داغ مشاهده گردید. احتمالاً در روش متداول هوای داغ، زمان طولانی در معرض گرما قرار گرفتن برخی پروتئین‌ها از جمله گلوبولین‌ها و در نتیجه دنا تورا سیون و کاهش حلالیت آن‌ها، سبب خروج آن‌ها از شیر فندق تولیدی شده است [31]. محتوای پروتئین با افزایش زمان بلانچینگ از صفر تا 30 min، به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) کاهش یافت. در پژوهش‌هایی که اثر شرایط فرایند بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی شیر بادام زمینی و کنجد بررسی شد، با افزایش زمان بلانچینگ تا 30 min در دمای 95-100 °C، کاهش معنی‌داری در محتوای پروتئین شیر بادام زمینی و کنجد مشاهده گردید. این رفتار می‌تواند به علت تغییرات ساختاری پروتئین‌ها باشد که منجر به کاهش حلالیت آن‌ها می‌گردد [4، 31]. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری

بین میانگین اعداد، پس از آنالیز واریانس، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان 95 درصد استفاده شد. هر آزمایش در سه تکرار انجام شد. در تمام مراحل، مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار مینی تب صورت گرفت. سپس آنالیز شاخص‌های اصلی و تعیین ضرایب همبستگی و نیز رگرسیون حداقل مربعات جزئی بر روی داده‌های رنگ سنجی و حسی نمونه‌ها، انجام گرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- خواص شیمیایی

نمونه‌های فندق مورد استفاده در تولید شیر فندق دارای 6/19٪ رطوبت، 17/21٪ پروتئین، 60/14٪ چربی و 3/02٪ خاکستر بودند. تاثیر متغیرهای تولید بر خواص شیمیایی شیر فندق در جدول (1) گزارش شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که نمونه‌های شیر فندق حاصل از برشته کردن به روش مادون قرمز دارای کم‌ترین pH و بیش‌ترین اسیدیته بودند. در حالی که نمونه‌های به‌دست آمده از روش برشته کردن متداول هوای داغ دارای بیش‌ترین pH و کم‌ترین اسیدیته بودند. این رفتار را می‌توان به سرعت بالای انتقال حرارت در روش مادون قرمز نسبت داد که موجب وارد شدن کم‌ترین آسیب به پروتئین‌های فندق می‌گردد [30]. اما احتمالاً در روش هوای داغ، ساختار پروتئین‌ها بیش‌تر تحت تاثیر قرار می‌گیرد. افزایش دنا توره شدن پروتئین‌ها مخصوصاً انواع با ماهیت اسیدی، باعث کاهش حلالیت آن‌ها و در نتیجه ممانعت از ورود این پروتئین‌ها به شیر فندق می‌گردد [31]. با افزایش زمان بلانچینگ، pH شیر فندق به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$)، افزایش و اسیدیته آن کاهش یافت. این پدیده احتمالاً به دلیل شکستن پیوندهای داخلی بین اسیدهای آمینه مربوط به پروتئین‌های فندق و قرار گرفتن گروه‌ها و قسمت‌های با عامل بازی در سطح آن در حین فرایند بلانچینگ است [7]. در بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی شیر بادام زمینی و شیر کنجد تحت تاثیر شرایط فرایند، محققین شاهد افزایش pH و کاهش اسیدیته با افزایش زمان بلانچینگ بودند [4، 7]. اختلاف معنی‌داری بین pH و اسیدیته نمونه‌های شیر فندق حاصل از روش‌های مختلف پاستوریزه کردن وجود نداشت.

جدول (1) تاثیر متغیرهای تولید بر خواص شیمیایی شیر فندق

Table 1 Effect of production variables on chemical characteristics of hazelnut milk

تیمار	اسیدیته	ماده جامد کل	پروتئین	چربی	خاکستر	pH	
Treatment	Acidity	Total soluble solids (g/100g)	Protein(g/100g)	Fat (g/100g)	Ash (g/100g)		
	(g citric acid/100g)						
روش برشته کردن Roasting method	Infrared	5.01 ^a	2.29 ^a	9.03 ^a	0.23 ^b	6.44 ^c	مادون قرمز
	مایکروویو Microwave	4.16 ^b	2.08 ^b	9.07 ^a	0.25 ^b	6.54 ^b	
	هوای داغ Hot air	3.83 ^c	1.42 ^c	4.33 ^b	0.32 ^a	6.61 ^a	
	میانگین انحراف استاندارد	0.0003	0.0003	0.331	0.007	0.003	Standard error of mean(±)
زمان بلانچینگ Blanching time (min)	0	5.30 ^a	2.25 ^a	9.02 ^a	0.31 ^a	6.65 ^c	
	15	4.41 ^b	1.60 ^b	7.03 ^b	0.27 ^b	6.67 ^b	
	30	4.09 ^c	1.21 ^c	4.11 ^c	0.28 ^b	6.88 ^a	
	میانگین انحراف استاندارد	0.0003	0.0006	0.006	0.007	0.006	Standard error of mean(±)
روش پاستوریزه کردن Pasteurization method	5min @ 95°C	3.82 ^a	1.67 ^a	6.34 ^a	0.28 ^a	6.70 ^a	
	15min @ 85°C	3.73 ^a	1.60 ^a	6.76 ^a	0.28 ^a	6.63 ^a	
	25min @ 75°C	3.62 ^a	1.84 ^a	6.92 ^a	0.28 ^a	6.69 ^a	
	میانگین انحراف استاندارد	0.102	0.098	0.299	0.003	0.066	Standard error of mean(±)

اعداد مربوط به هر تیمار که حروف یکسان دارند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح 5 درصد هستند.

Values in columns with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$).

نشان داد. محققین نیز در پژوهشی که بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی شیر بادام زمینی انجام دادند کاهش معنی‌دار محتوای چربی را با افزایش زمان بلانچینگ تا 30 min در محتوای چربی را با افزایش زمان بلانچینگ تا 30 min در دمای 100°C گزارش نمودند و علت آن را ورود بخشی از روغن به آب بلانچینگ و در نتیجه خروج آن از شیر بادام بیان کردند [4]. مقدار چربی نمونه‌های پاستوریزه شده با روش‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند.

روش‌های مختلف برشته نمودن باعث ایجاد تغییراتی معنی‌دار ($p \leq 0/05$) در میزان خاکستر شدند؛ به طوری که میزان خاکستر در روش‌های مادون قرمز و مایکروویو کم‌تر از

بین مقدار پروتئین نمونه‌های شیر فندق حاصل از روش‌های مختلف پاستوریزه کردن مشاهده نشد.

همان‌طور که در نتایج نشان داده شده، محتوای چربی نمونه‌های برشته شده به روش هوای داغ به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) کم‌تر از سایر نمونه‌ها بود ولی اختلاف معنی‌داری بین دو نمونه برشته شده با مادون قرمز و مایکروویو وجود نداشت. این پدیده احتمالاً به دلیل خروج بخشی از روغن در حین برشته نمودن از دانه‌ها در اثر حرارت با هوای داغ می‌باشد. در روش‌های مادون قرمز و مایکروویو به علت زمان کوتاه فرایند، امکان خروج روغن کم‌تر است. محتوای چربی شیر فندق با افزایش زمان بلانچینگ کاهش معنی‌داری ($p \leq 0/05$)

آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها باشند. دنا توره شدن این پروتئین‌ها در دماهای بالاتر از 50 درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد [33]، 34]. شاخص پایداری فیزیکی نمونه‌های حاصل از روش‌های مادون قرمز و مایکروویو از لحاظ معنی‌داری یکسان و کم‌تر از نمونه برشته شده با هوای داغ بود. در پژوهشی پایداری فیزیکی نوشیدنی بادام زمینی با برشته نمودن کاهش یافت، محققین علت آن را دنا توره شدن پروتئین‌های بادام زمینی طی برشته نمودن و در معرض قرار گرفتن گروه‌های غیرقطبی مولکول‌های پروتئین و در نتیجه رسوب پروتئین‌ها ذکر نمودند [35]. همان‌طور که در جدول (2) مشاهده می‌شود با افزایش زمان بلانچینگ تا 30 min شاخص پایداری فیزیکی به‌طور معنی‌داری افزایش و در نتیجه پایداری فیزیکی کاهش یافت. با توجه به روش‌های مختلف پاستوریزاسیون نمونه‌ها، کم‌ترین میزان شاخص پایداری و در نتیجه بالاترین سطح پایداری، مربوط به نمونه پاستوریزه شده در دمای 85°C به مدت 15 min بود. در پژوهشی محققین افزایش پایداری سوسپانسیون نوشیدنی بادام زمینی برشته شده در دمای 163°C به مدت 20 min را در دماهای پاستوریزاسیون بالاتر از 85°C گزارش نمودند که احتمالاً به دلیل تشکیل تجمعات پروتئینی ژل مانند و افزایش ظرفیت نگه‌داری آب می‌باشد [36]. در پژوهشی دیگر، پایداری سوسپانسیون شیرسویا به علت تشکیل کمپلکس چربی-پروتئین آب‌دوست در طی فرایند ذکر گردید که این پدیده به سبب اندک تغییراتی در محتوای چربی و پروتئین روی می‌دهد [37].

هیچ کدام از تیمارهای برشته کردن، بلانچینگ و پاستوریزه کردن، تاثیر معنی‌داری بر وزن مخصوص نمونه‌های شیر فندق نداشت.

بر اساس بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، تمامی نمونه‌های شیر فندق در محدوده سرعت برشی (1/s) 14-150 رفتاری سودوپلاستیک از خود نشان دادند؛ به عبارتی، ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، کاهش یافت. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، اختلاف معنی‌داری بین ویسکوزیته شیر فندق حاصل از روش‌های مختلف برشته کردن وجود نداشت. اثر بلانچینگ بر میزان ویسکوزیته معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود به طوری که با افزایش زمان بلانچینگ تا 30 min کاهش

روش هوای داغ بود. هر چند اختلاف معنی‌داری بین میزان خاکستر دو روش مادون قرمز و مایکروویو وجود نداشت. بالاتر بودن میزان خاکستر در روش برشته کردن با هوای داغ را می‌توان احتمالاً به دنا توره‌اسیون یکسری از پروتئین‌ها درون فندق و در نتیجه ایجاد اختلال در مکانیسم حلالیت مواد معدنی و ممانعت از ورود آن‌ها در آب بلانچینگ نسبت داد [4]. همچنین افزایش خاکستر را می‌توان به کاهش مواد جامد، معدنی و ممانعت از ورود آن‌ها در آب بلانچینگ نسبت داد [4]. همچنین افزایش خاکستر را می‌توان به کاهش مواد جامد، پروتئین و چربی نیز نسبت داد [31]. با توجه به این‌که میزان پروتئین در نمونه شیر فندق حاصل از برشته نمودن با هوای داغ کم‌تر از دو روش دیگر بود، لذا با فرض دنا توره شدن بیش‌تر پروتئین‌ها در آن می‌توان افزایش خاکستر را نیز توجیه نمود. تیمار بلانچینگ تاثیر معنی‌داری بر میزان خاکستر نمونه‌های شیر فندق داشت. هر چند افزایش زمان بلانچینگ تا 30 min تغییر معنی‌داری در میزان خاکستر نشان نداد اما با اعمال بلانچینگ، میزان خاکستر نمونه‌ها کاهش یافت. به نظر می‌رسد، ورود یک سری از ترکیبات معدنی به آب بلانچینگ با افزایش زمان بلانچینگ و خروج بیش‌تر این ترکیبات از فندق، میزان خاکستر در شیر فندق تولیدی را کاهش می‌دهد [31]. مقدار خاکستر نمونه‌های پاستوریزه شده با روش‌های مختلف همانند سایر خصوصیات شیمیایی، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند.

3-2- خواص فیزیکی

پایداری فیزیکی شیر فندق به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) تحت تاثیر فرایندهای برشته کردن و بلانچینگ فندق قرار گرفت. از آن‌جا که شاخص پایداری فیزیکی معیاری از ته نشینی ذرات سوسپانسیون است، مقادیر کم‌تر آن نشان دهنده پایداری بهتر می‌باشد. ناپایداری نمونه‌های برشته و بلانچ شده را می‌توان به دنا توره شده پروتئین‌ها در اثر حرارت نسبت داد [31]. آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها حدود 86٪ پروتئین‌های فندق را تشکیل می‌دهند. از سوی دیگر، میزان پروتئین‌های محلول در آب موجود در فندق 82-78٪ می‌باشد [32]. لذا می‌توان انتظار داشت که بخش اعظم پروتئین‌های شیر فندق از نوع

جدول (2) تاثیر متغیرهای تولید بر خواص فیزیکی شیرفندق

Table 2 Effect of production variables on physical characteristics of hazelnut milk

تیما	شاخص پایداری	وزن مخصوص	ویسکوزیته	L*	a*	b*	Treatment
	Stability index (%)	Specific gravity	Viscosity (Pa.s)				
							Infrared
	12.64 ^b	1.000 ^a	0.008 ^a	88.45 ^a	-1.29 ^a	6.89 ^a	مادون قرمز
روش برشته کردن							مایکروویو
	12.87 ^b	0.998 ^a	0.008 ^a	88.50 ^a	-1.27 ^a	6.70 ^a	Microwave
Roasting method							هوای داغ
	16.33 ^a	0.999 ^a	0.008 ^a	84.73 ^b	-1.28 ^a	6.74 ^a	Hot air
	0.145	0.0018	0.0007	0.067	0.067	0.067	میانگین انحراف استاندارد
							Standard error of mean(±)
	10.33 ^c	0.997 ^a	0.015 ^a	83.00 ^c	-1.05 ^a	7.64 ^a	0
زمان بلانچینگ							15
	12.03 ^b	0.997 ^a	0.010 ^b	84.73 ^b	-0.94 ^a	6.59 ^b	30
Blanching time (min)							30
	14.06 ^a	0.997 ^a	0.008 ^c	86.72 ^a	-0.91 ^a	6.01 ^c	
	0.001	0.0012	0.0005	0.0006	0.086	0.0006	میانگین انحراف استاندارد
							Standard error of mean(±)
	13.13 ^a	0.998 ^a	0.008 ^b	86.98 ^b	-1.31 ^a	7.26 ^a	5min @ 95°C
روش پاستوریزه کردن							15min @ 85°C
	11.09 ^a	0.997 ^a	0.012 ^a	89.50 ^a	-1.10 ^a	6.22 ^b	25min @ 75°C
Pasteurization method							25min @ 75°C
	13.17 ^a	0.998 ^a	0.008 ^b	87.05 ^b	-1.11 ^a	7.33 ^a	
	0.026	0.0032	0.0007	0.332	0.114	0.066	میانگین انحراف استاندارد
							Standard error of mean(±)

اعداد مربوط به هر تیمار که حروف یکسان دارند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح 5 درصد هستند.

Values in columns with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$).

شده در پروتئین و کربوهیدرات ذکر نمودند [39]. هاینز و همکاران نیز در پژوهشی که بر روی نوشیدنی تهیه شده از بادام زمینی برشته شده انجام دادند تفاوت ویسکوزیته بین نمونه‌ها با افزایش تیمار حرارتی را، به علت افزایش بازشدگی و تجمعات مولکول‌های پروتئین و تشکیل کمپلکس چربی-پروتئین آب‌دوست دانستند [36].

رنگ یکی از مهم‌ترین جنبه‌های ظاهری مواد غذایی است. زیرا بر پذیرش کلی محصول تاثیر می‌گذارد. علاوه بر پذیرش محصول توسط مصرف کننده، رنگ برای کنترل فرایند نیز به کار می‌رود [29]. تغییرات رنگی شیر فندق توسط سه فاکتور L* (سفیدی)، a* (قرمزی-سبزی) و b* (زردی-آبی) بیان شدند. اختلاف معنی‌داری بین میزان L* نمونه‌های

ویسکوزیته مشاهده گردید. به نظر می‌رسد کاهش در میزان ویسکوزیته با افزایش زمان بلانچینگ، به علت ورود بخشی از مواد جامد به آب بلانچینگ و در نتیجه حذف آن از شیر فندق باشد، علاوه بر این تغییر ساختاری پروتئین‌ها که سبب کاهش حلالیت آن‌ها شده، موجب کاهش محتوای آن‌ها در شیر فندق تولیدی و در نهایت کاهش ویسکوزیته می‌شود [38]. پاستوریزه کردن شیر فندق نیز منجر به اثر معنی‌داری بر ویسکوزیته گردید. بیش‌ترین ویسکوزیته مربوط به نمونه پاستوریزه شده در دمای 85 °C به مدت 15 min بود. محققین تاثیر معنی‌دار تیمار حرارتی بر ویسکوزیته نوشیدنی بادام زمینی را گزارش نمودند، به طوری که با افزایش دمای فرایند ویسکوزیته افزایش یافت و علت آن را تغییرات ساختاری ایجاد

85 °C منجر به افزایش مولفه زردی در نمونه‌ها گردید. این روند افزایشی در مقدار *b و به عبارتی افزایش زردی را می‌توان به قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و نیز تخریب فسفولیپیدها به‌عنوان عاملی برای تشکیل رنگ، نسبت داد [41]. به عبارتی، شرایط دما و زمان شدیدتر از طریق تشدید واکنش‌های قهوه‌ای شدن، این مولفه را افزایش می‌دهند.

3-3- خواص حسی

اثرات روش‌های مختلف برشته کردن، زمان بلانچینگ و شرایط مختلف پاستوریزاسیون بر خصوصیات حسی شیر فندق در جدول (3) نمایش داده شده است. نتایج نشان داد نمونه‌های برشته شده به روش مادون قرمز و روش متداول هوای داغ به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین امتیاز آروما، مزه، طعم برشته و پذیرش کلی بودند. نمونه‌های حاصل از روش‌های مادون قرمز و مایکروویو در خصوصیت رنگ اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در طول برشته کردن، واکنش مایلارد بین آمینواسیدهای آزاد و قندهای احیا منجر به تشکیل ترکیبات طعم برشته می‌شود [42]. اختلاف معنی‌داری بین روش‌های مختلف برشته کردن در مورد طعم‌های تلخی، روغنی، گچی، پختگی و احساس دهانی وجود نداشت. در اثر افزایش زمان بلانچینگ، شاهد افزایش معنی‌دار در پذیرش رنگ بودیم. طبق مشاهدات دیگر محققان در مورد شیر بادام زمینی، علت این پدیده را خروج برخی رنگدانه‌های نامطلوب به درون آب در طی بلانچینگ، ذکر کردند [43]. افزایش زمان بلانچینگ، سبب کاهش معنی‌دار شدت طعم‌های گچی و روغنی گردید. با این وجود، اکثر پانلیست‌ها آروما، مزه، احساس دهانی و پذیرش کلی نمونه‌های بلانچ شده در زمان 15 min را بهتر ارزیابی کردند. اختلاف معنی‌داری بین زمان‌های مختلف بلانچینگ در مورد طعم‌های تلخی، پختگی و برشته‌گی نمونه‌ها مشاهده نشد. به‌طور کلی تمام این مشاهدات می‌تواند به دلیل آزاد شدن طعم‌های نامطلوب از دانه‌های فندق در اثر بلانچینگ باشد. بررسی تأثیر روش‌های مختلف پاستوریزاسیون بر پارامترهای حسی نشان داد که بالاترین امتیاز حسی خصوصیات رنگ، احساس دهانی، آروما، مزه و پذیرش کلی و کم‌ترین امتیاز طعم پختگی مربوط به نمونه پاستوریزه شده در دمای

حاصل از روش‌های برشته کردن مادون قرمز و مایکروویو مشاهده نشد، اما مقدار این مولفه در نمونه برشته شده به روش متداول هوای داغ کم‌تر از سایر نمونه‌ها بود. این رفتار را می‌توان به بروز شدیدتر واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و کاراملیزاسیون در روش هوای داغ به علت شرایط زمانی بیش‌تر نسبت داد [40]. میزان *L با افزایش زمان بلانچینگ، افزایش معنی‌داری داشت ($p \leq 0/05$) که احتمالاً به علت ورود برخی از مواد رنگی به آب بلانچینگ و در نتیجه خروج آن‌ها از شیر فندق می‌باشد [7]. از میان روش‌های مختلف پاستوریزه کردن، بیش‌ترین مقدار مولفه *L مربوط به زمان 15 دقیقه و دمای 85 °C بود. اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار دیگر پاستوریزاسیون وجود نداشت. پائین‌تر بودن مولفه *L در حالت‌های 5 دقیقه در دمای 95 °C و یا 25 دقیقه در دمای 75 °C نسبت به تیمار 15 دقیقه در دمای 85 °C را می‌توان به بالاتر بودن دما یا زمان در آن‌ها نسبت داد. پاستوریزاسیون به مدت 15 دقیقه در دمای 85 °C شرایط متعادلی را برای بروز واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و کاراملیزاسیون فراهم کرده که مولفه روشنایی آن کم‌تر از دو تیمار دیگر تحت تأثیر قرار گرفته است [40]. همه مقادیر *a به‌دست آمده منفی بودند؛ به عبارتی همه نمونه‌ها دارای ته رنگ سبز بودند. اختلاف معنی‌داری بین میزان *a نمونه‌های حاصل از روش‌های مختلف برشته کردن، بلانچینگ و پاستوریزه کردن مشاهده نشد. اختلاف معنی‌داری بین میزان *b نمونه‌های حاصل از روش‌های مختلف برشته کردن مشاهده نشد. از سویی، با افزایش زمان بلانچینگ، یک روند کاهش در مقدار *b مشاهده گردید. محققین کاهش معنی‌داری در مقدار *b شیر بادام زمینی با افزایش زمان بلانچینگ گزارش نمودند [4]. به نظر می‌رسد کاهش در میزان *b با افزایش زمان بلانچینگ، به علت ورود برخی از ترکیبات رنگی حاصل از قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی به آب بلانچینگ و در نتیجه خروج آن‌ها از شیر فندق باشد. کم‌ترین مقدار *b مربوط به نمونه پاستوریزه شده در دمای 85 درجه سانتیگراد و زمان 15 دقیقه بود. پاستوریزاسیون به مدت 5 دقیقه در دمای 95 °C و یا 25 دقیقه در دمای 75 °C نسبت به تیمار 15 دقیقه در دمای

جدول (۳) تاثیر متغیرهای تولید بر خواص حسی شیر فندق

Table 3 Effect of production variables on sensory characteristics of hazelnut milk

شماره	رنگ	آروما	مزه	طعم تلخی	طعم برشته	طعم پختنه	طعم گچی	طعم روغنی	احساس دهانی	بذیرش کلی	Treatment
	Color	Aroma	Taste	Bitter flavor	Roasted flavor	Cooked flavor	Chalky flavor	Oily flavor	Mouthfeel	Overall Acceptance	
4.80 ^a	3.99 ^a	3.95 ^a	3.66 ^a	3.60 ^a	2.65 ^a	2.50 ^a	3.78 ^a	3.27 ^a	4.13 ^a	Infrared مادون قرمز	
4.80 ^a	3.25 ^b	2.99 ^b	3.65 ^a	3.89 ^b	2.52 ^a	2.50 ^a	3.72 ^a	3.17 ^a	3.25 ^b	روشن مایکروویو برشته کردن Microwave	
3.94 ^b	0.02 ^c	2.45 ^c	3.58 ^a	3.78 ^c	2.60 ^a	2.54 ^a	3.60 ^a	3.30 ^a	2.35 ^c	رواستینگ هوای داغ Hot air	
0.001	0.001	0.001	0.033	0.186	0.067	0.016	0.067	0.076	0.001	میانگین انحراف استاندارد Standard error of mean(±)	
2.35 ^c	3.65 ^b	3.00 ^b	3.32 ^a	1.63 ^a	2.47 ^a	2.50 ^a	4.10 ^a	3.00 ^b	3.65 ^b	0	
3.25 ^b	4.22 ^a	4.06 ^a	3.25 ^a	2.45 ^a	2.37 ^a	2.30 ^b	3.28 ^b	3.65 ^a	4.00 ^a	زمان بلانچینگ 15	
4.33 ^a	3.72 ^b	3.06 ^b	3.18 ^a	2.45 ^a	2.46 ^a	2.24 ^c	2.86 ^c	3.00 ^b	3.30 ^c	30 Blanching time (min)	
0.001	0.033	0.034	0.058	0.003	0.058	0.001	0.001	0.002	0.001	میانگین انحراف استاندارد Standard error of mean(±)	
4.03 ^b	3.61 ^b	3.32 ^b	3.23 ^a	2.78 ^a	2.27 ^a	2.00 ^a	3.67 ^a	2.32 ^b	3.48 ^b	5min @ 95°C	
4.63 ^a	4.19 ^a	4.00 ^a	3.25 ^a	2.75 ^a	1.07 ^b	2.03 ^a	3.60 ^a	3.74 ^a	4.04 ^a	روشن پاستوریزه کردن 15min @ 85°C	
4.00 ^b	3.66 ^b	3.39 ^b	3.25 ^a	2.84 ^a	2.22 ^a	2.00 ^a	3.62 ^a	2.34 ^b	3.43 ^b	25min @ 75°C Pasteurization method	
0.018	0.028	0.068	0.016	0.032	0.034	0.016	0.041	0.005	0.089	میانگین انحراف استاندارد Standard error of mean(±)	

اعداد مربوط به هر تیمار که حروف یکسان دارند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

Values in columns with different letters are significantly different ($P < 0.05$)

بلائی با آروما ($r=0/902$) و مزه ($r=0/916$) و ارتباط غیر مستقیم و بلایی ($r=-0/814$) با شاخص پایداری نمونه‌ها داشت که نشان از اهمیت این موارد در پذیرش کلی محصول توسط مصرف کننده دارد. از بین خصوصیات فیزیکیوشیمیایی، pH و اسیدیته دارای بیشترین ارتباطات معنی‌دار با خصوصیات حسی بودند که این امر را احتمالاً می‌توان به تاثیر این دو پارامتر بر ماهیت ترکیبات شیر فندق و در نتیجه خصوصیات حسی محصول نهایی نسبت داد. pH و اسیدیته ضرایب همبستگی درونی معنی‌دار زیادی نیز با خصوصیات فیزیکیوشیمیایی داشتند. همبستگی بین نتایج حاصل از آزمون pH و اسیدیته را می‌توان از یک سو به ورود ترکیبات با ماهیت اسیدی به آب بلانچ و از سوی دیگر به دناتوراسیون پروتئین‌های با ماهیت اسیدی مرتبط دانست [7]. همان‌طور که در جدول (4) مشاهده می‌گردد، ارتباط غیرمستقیمی بین pH و مقدار پروتئین نمونه‌ها وجود داشت ($r=-0/724$). با توجه به آن که بیشترین مقدار پروتئین‌های فندق را آلومین‌ها و گلوبولین‌ها تشکیل می‌دهند، طبق مطالعات صورت گرفته در زمینه خصوصیات عملکردی فراکسیون‌های گلوبولین و آلومین، با افزایش pH، حلالیت آن‌ها و در نتیجه ورود آن‌ها به داخل شیر فندق افزایش می‌یابد [32، 44]. بالاتر بودن میزان پروتئین در نمونه‌های برشته شده یا بلانچ شده با pH کم‌تر تایید کننده این رفتار می‌باشد. شاخص پایداری نمونه‌ها با چربی و ویسکوزیته آن‌ها ارتباط غیرمستقیمی داشت. به عبارتی، با افزایش چربی و ویسکوزیته، شاخص پایداری نمونه‌ها کم‌تر و در نتیجه پایداری آن‌ها بیش‌تر خواهد بود. مولفه L حاصل از آزمون پردازش تصویر و پارامتر رنگ به‌دست آمده از آزمون حسی ارتباط مستقیم و بسیار بلایی با هم داشتند ($r=0/915$). همچنین، مولفه a ارتباطات معنی‌داری با خصوصیات حسی مربوط به طعم‌های برشته و تلخی و نیز خصوصیات فیزیکیوشیمیایی وزن مخصوص و pH از خود نشان داد. مولفه b نیز با خصوصیات طعم روغنی همبستگی نسبتاً متوسط و معنی‌داری داشت ($r=0/771$). لذا می‌توان از پردازش تصویر برای پیشگویی خصوصیات حسی و فیزیکیوشیمیایی به‌عنوان یک ابزار سریع و نسبتاً دقیق استفاده نمود. ساکلار و همکاران نیز ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های حسی و دستگاهی را

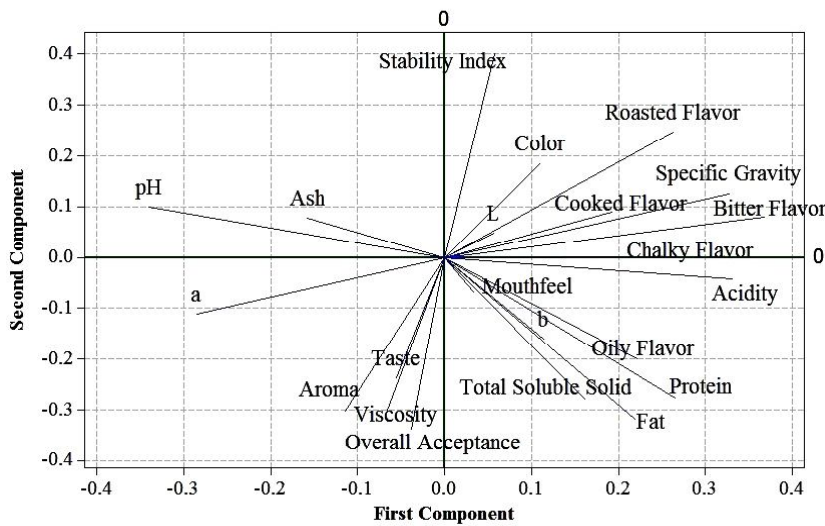
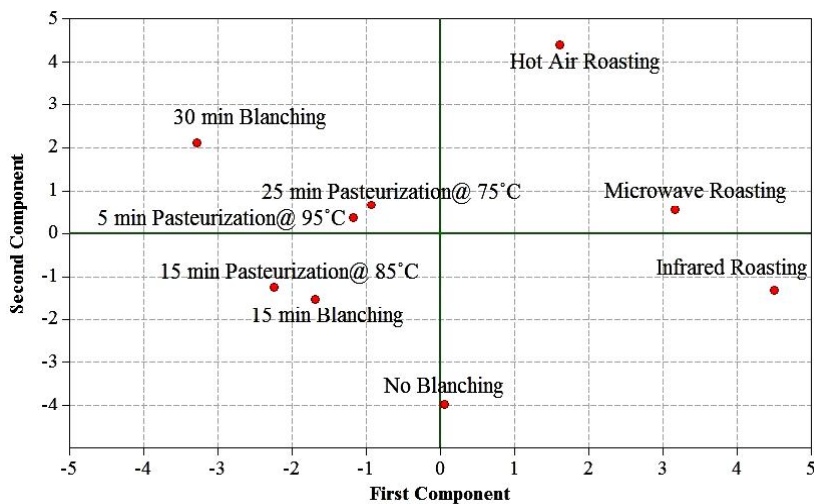
دمای 85°C و زمان 15 دقیقه بود. همچنین اختلاف معنی‌داری بین روش‌های مختلف پاستوریزه کردن در مورد طعم‌های تلخی، روغنی، گچی و برشته وجود نداشت.

3-4- آنالیز شاخص‌های اصلی

به منظور تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده و بررسی ارتباط بین پارامترهای مختلف، آنالیز شاخص‌های اصلی بر روی ویژگی‌های نمونه‌های شیر فندق تولید شده انجام گرفت (شکل 1). شاخص اول، 52٪ و شاخص دوم، 19/9٪ و در مجموع 71/9٪ از تغییر پذیری را پیش بینی نمودند. همان‌طور که نمودار آنالیز شاخص‌های اصلی نشان می‌دهد، شاخص‌های a، pH، خاکستر، ویسکوزیته، مزه، آروما و پذیرش کلی، ارتباط غیرمستقیمی با شاخص اول داشتند در حالی‌که سایر پارامترها، ارتباطی مستقیم از خود نشان دادند. شاخص اصلی دوم، با پارامترهای pH، L، خاکستر، رنگ، وزن مخصوص، شاخص پایداری، طعم‌های گچی، پخته، برشته و تلخی ارتباطی مستقیم و با سایر پارامترهای مورد بررسی در نمونه‌های شیر فندق، ارتباطی غیرمستقیم داشت. از تجزیه و تحلیل نمودار آنالیز شاخص‌های اصلی می‌توان دریافت که استفاده از روش‌های برشته نمودن میکروویو و هوای داغ منجر به افزایش امتیاز ویژگی‌های حسی مربوط به طعم‌های پخته، گچی، برشته و تلخی می‌گردد. همچنین مشخص می‌گردد که استفاده از مادون قرمز برای برشته کردن فندق باعث افزایش در مقدار مواد جامد، پروتئین، چربی و اسیدیته می‌شود. با توجه به تاثیر بلانچینگ، بالاترین مقدار ویسکوزیته مربوط به نمونه بلانچ نشده بود. از بررسی روش‌های پاستوریزاسیون نیز می‌توان دریافت که نمونه پاستوریزه شده به مدت 15 min در 85°C دارای پذیرش کلی، ویسکوزیته، آروما و مزه بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها بود.

3-5- ضرایب همبستگی پیرسون

بررسی ضرایب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد که از بین خصوصیات حسی، طعم‌های تلخی و روغنی دارای بیشترین ارتباط با سایر خصوصیات حسی و فیزیکیوشیمیایی شیر فندق بودند (جدول 4). پذیرش کلی نمونه‌ها ارتباط مستقیم و بسیار



شکل (1) نمودار آنالیز شاخص‌های اصلی بر روی خصوصیات نمونه‌های شیر فندق.

Fig. 1 Principal component analysis biplot on properties of hazelnut milk samples.

در فرایند برشته کردن فندق را تجزیه و تحلیل نمودند [29]. پیشگویی ویژگی‌های حسی نمونه‌های شیر فندق برشته شده، مکفی و هدرلی ارتباط بین ویژگی‌های حسی و دستگاهی پارامترهای به‌دست آمده از رنگ سنجی به‌عنوان شاخص‌های همبرگر را در حین سرخ کردن با استفاده از روش آنالیز چند متغیره بررسی کرده و با استفاده از این روش، اطلاعات مفیدی در زمینه درک بهتر فرایند گزارش نمودند [45].

$$\text{رنگ} = -14.2 + 0.233 L - 1.83 a - 0.603 b \quad R^2 = 93/8 \quad (1)$$

$$\text{آروما} = -52.5 + 0.61 L + 8.42 a + 1.86 b \quad R^2 = 72/4 \quad (2)$$

11-3- رگرسیون حداقل مربعات جزئی

از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی برای بررسی ارتباط بین ویژگی‌های حسی و رنگ سنجی استفاده گردید. لذا برای

معنی‌داری بین ویسکوزیته، وزن مخصوص، میزان *b، مولفه *a، خصوصیت حسی طعم‌های تلخی، روغنی، گچی، پختگی و احساس دهانی نمونه‌های حاصل از روش‌های مختلف برشته کردن وجود نداشت. با افزایش زمان بلانچینگ، امتیاز حسی رنگ شیر فندق به‌طور معنی‌داری افزایش ولی شدت طعم‌های گچی و روغنی کاهش یافت. با این وجود، اکثر پانلیست‌ها آروما، مزه، احساس دهانی و پذیرش کلی نمونه‌های بلانچ شده در زمان 15 min را بهتر ارزیابی کردند. اختلاف معنی‌داری بین زمان‌های مختلف بلانچینگ در مورد وزن مخصوص، مولفه *a، طعم‌های تلخی، پختگی و برشته‌گی نمونه‌ها مشاهده نشد. اختلاف معنی‌داری بین pH، اسیدیته، محتوای مواد جامد، پروتئین، چربی و خاکستر نمونه‌های شیر فندق حاصل از روش‌های مختلف پاستوریزه کردن وجود نداشت. با توجه به روش‌های مختلف پاستوریزاسیون نمونه‌ها، کم‌ترین میزان شاخص پایداری، مولفه *b، امتیاز حسی طعم پختگی و بیش‌ترین مقدار ویسکوزیته، مولفه *L، خصوصیات حسی رنگ، احساس دهانی، آروما، مزه و پذیرش کلی مربوط به نمونه پاستوریزه شده در دمای 85 °C به مدت 15 min بود. همچنین اختلاف معنی‌داری بین روش‌های مختلف پاستوریزه کردن در مورد وزن مخصوص، مولفه *a، طعم‌های تلخی، روغنی، گچی و برشته‌گی وجود نداشت. از طریق تجزیه و تحلیل روابط به‌دست آمده بین پارامترهای مختلف، نتایج به‌دست آمده از رنگ سنجی و ارزیابی حسی، مشخص گردید که در شرایط برشته کردن فندق با روش مادون قرمز، بلانچینگ آن به مدت 15 min در دمای 95 °C و سپس پاستوریزاسیون به مدت 15 min در 85 °C، بهترین خواص شیر فندق، حاصل خواهد شد.

$$R^2 = 93/8 \quad (3) \quad \text{مزه} = -14.5 + 0.205 L + 2.23 a + 0.384 b$$

$$R^2 = 93/8 \quad (4)$$

$$\text{طعم تلخی} = 5.28 - 0.026 L - 1.15 a - 0.139 b$$

$$R^2 = 93/8 \quad (5)$$

$$\text{طعم برشته} = 4.52 - 0.014 L - 4.38 a - 0.788 b$$

$$R^2 = 93/8 \quad (6)$$

$$\text{طعم پخته} = 14.7 - 0.152 L - 1.33 a - 0.109 b$$

$$R^2 = 93/8 \quad (7)$$

$$\text{طعم گچی} = 10.5 - 0.0892 L - 0.961 a - 0.230 b$$

$$R^2 = 93/8 \quad (8)$$

$$\text{طعم روغنی} = -1.7 + 0.016 L - 0.671 a + 0.465 b$$

$$R^2 = 93/8 \quad (9)$$

$$\text{احساس دهانی} = 14.3 - 0.076 L - 0.46 a - 0.749 b$$

$$R^2 = 93/8 \quad (10)$$

$$\text{پذیرش کلی} = -16.5 + 0.216 L + 2.72 a + 0.639 b$$

R^2 معادلات رگرسیونی به‌دست آمده در محدوده متوسط به بالا بود که نشان دهنده کارایی بالای این معادلات در پیشگویی ویژگی‌های حسی نمونه‌های شیر فندق با استفاده از پارامترهای رنگ سنجی می‌باشد. محققان مختلفی، از پارامترهای دستگاهی برای ارزیابی ویژگی‌های حسی استفاده نموده‌اند. گروسو و رسورسیون با استفاده از ارزیابی هگزانال، پذیرش کلی مصرف‌کننده را در فرایند برشته کردن بادام زمینی، پیشگویی کردند [46]. در پژوهش دیگری، پیشگویی پروفایل حسی قهوه اسپرسو، توسط آزمون‌های دستگاهی مدل‌سازی گردید [47].

4- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که نمونه‌های شیر فندق حاصل از برشته کردن به روش مادون قرمز دارای کم‌ترین pH و بیش‌ترین اسیدیته، محتوای ماده جامد کل و پروتئین بودند. میزان خاکستر و شاخص پایداری فیزیکی در روش هوای داغ بیش‌تر اما محتوای چربی، امتیاز حسی رنگ و مولفه *L آن‌ها کم‌تر از سایر نمونه‌ها بود. نمونه‌های برشته شده به روش مادون قرمز و روش متداول هوای داغ به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین امتیاز آروما، مزه، طعم برشته و پذیرش کلی بودند. اختلاف

ادامه جدول (۴) ماتریس ضرایب همبستگی بیرونی بین خصوصیات نمونه‌های شیر فندق
 Table 4 Pearson correlation coefficients between characteristics of hazelnut milk samples

ویسکوزیته Viscosity	پندیرش کلی Overall Acceptance	احساس دهانی Mouthfeel	طعم روغنی Oily Flavor	طعم گچی Chalky Flavor	طعم پختگی Cooked Flavor	طعم برشته Roasted Flavor	طعم تلخی Bitter Flavor	مزه Taste	آروما Aroma	رنگ Color
	0.353	0.351	0.471	0.149	-0.345	-0.670*	-0.229	0.123	0.228	-0.656
وزن مخصوص Specific gravity	-0.169	-0.032	0.305	0.433	0.431	0.783*	0.821**	-0.073	-0.387	0.500
شاخص پایداری Stability index	-0.814**	-0.181	-0.398	0.160	0.423	0.609	0.305	-0.582	-0.787*	0.339
خاکستر Ash	-0.551	-0.086	0.076	0.024	-0.056	-0.434	-0.339	-0.590	-0.549	-0.646
چربی Fat	0.560	0.064	0.712*	0.294	0.077	-0.004	0.391	0.344	0.470	-0.087
پروتئین Protein	0.407	-0.081	0.815**	0.386	0.230	0.049	0.491	0.174	0.291	-0.117
ماده جامد Total soluble solid	0.399	0.222	0.413	0.649	0.439	-0.317	0.278	0.118	0.256	-0.448
اسیدیته Acidity	-0.041	0.304	0.329	0.919***	0.659	0.431	0.848**	-0.161	-0.209	0.078
pH	-0.203	-0.299	-0.671*	-0.478	-0.113	-0.587	-0.821**	-0.219	0.099	-0.274

ضرایب با الدیس یک ستاره، دو ستاره و سه ستاره، به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ می‌باشند.

* p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001.

- changes of hazelnuts during roasting. *J. Food Eng.*, 44(1), 31-38.
- [11] Özdemir, M., Seyhan, F. G., Özdeş Bodurb, A. Onur Devres, Y. (2000). Effect of initial moisture content on the thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Drying Tech.*, 18(7), 1465-1479.
- [12] Perren, R. Escher, F. E. (1997). Investigations on the hot air roasting of nuts. *Manufacturing Confectioner*, 77, 123-127.
- [13] Moses, J., Norton, T., Alagusundaram, K. Tiwari, B. (2014). Novel drying techniques for the food industry. *Food Eng. Rev.*, 6(3), 43-55.
- [14] Zhu, Y. Pan, Z. (2009). Processing and quality characteristics of apple slices under simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with continuous heating. *J. Food Eng.*, 90(4), 441-452.
- [15] Chandrasekara, N. Shahidi, F. (2011). Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa. *J. Agric. Food. Chem.*, 59(9), 5006-5014.
- [16] Park, J.-H., Lee, J.-M., Cho, Y.-J., Kim, C.-T., Kim, C.-J., Nam, K.-C., et al. (2009). Effect of far-infrared heater on the physicochemical characteristics of green tea during processing. *J. Food Biochem.*, 33(2), 149-162.
- [17] Sakai, N. Hanzawa, T. (1994). Applications and advances in far-infrared heating in Japan. *Trends Food Sci. Technol.*, 5(11), 357-362.
- [18] Yang, J., Bingol, G., Pan, Z., Brandl, M. T., McHugh, T. H. Wang, H. (2010). Infrared heating for dry-roasting and pasteurization of almonds. *J. Food Eng.*, 101(3), 273-280.
- [19] Hebbar, H. U., Vishwanathan, K. Ramesh, M. [1] Maguire, L., O'sullivan, S., Galvin, K., O'connor, T. O'brien, N. (2004). Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 55(3), 171-178.
- [2] FAO. (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- [3] Aranceta, J., Rodrigo, C. P., Naska, A., Vadillo, V. R. Trichopoulou, A. (2006). Nut consumption in Spain and other countries. *Br. J. Nutr.*, 96(2), 3-11.
- [4] Lee, C. Beuchat, L. R. (1992). Chemical, physical and sensory characteristics of peanut milk as affected by processing conditions. *J. Food Sci.*, 57(2), 401-405.
- [5] Iserliyska, D., Chinnan, M. S. Resurreccion, A. V. A. (2012). Physicochemical and sensory properties of a peanut drink. *Agric. Eng. Int.: CIGR Journal*, 14(2), 49-57.
- [6] Malaki Nik, A., Tosh, S., Poysa, V., Woodrow, L. Corredig, M. (2008). Physicochemical characterization of soymilk after step-wise centrifugation. *Food Res. Int.*, 41(3), 286-294.
- [7] Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M. J. Pourazarang, H. (2014). Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: A novel nutritional beverage. *LWT Food Sci. Tech.*, 57(1), 299-305.
- [8] Demir, A. D. Cronin, K. (2005). Modelling the kinetics of textural changes in hazelnuts during roasting. *Simul. Modell. Pract. Theory*, 13(2), 97-107.
- [9] Özdemir, M. Devres, O. (2000). Analysis of color development during roasting of hazelnuts using response surface methodology. *J. Food Eng.*, 45(1), 17-24.
- [10] Özdemir, M. Devres, O. (2000). Kinetics of color

- and soybean varieties. *J. Food Process. Preserv.*, 31(3), 320-333.
- [29] Saklar, S., Urgan, S., Katnas, S. (1999). Instrumental crispness and crunchiness of roasted hazelnuts and correlations with sensory assessment. *J. Food Sci.*, 64(6), 1015-1019.
- [30] Krishnamurthy, K., Khurana, H. K., Soojin, J., Iru-dayaraj, J., Demirci, A. (2008). Infrared heating in food processing: an overview. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 7(1), 2-13.
- [31] Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M. J., Pourazarang, H. (2014). Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: A novel nutritional beverage. *LWT Food Sci. Technol.*, 57(1), 299-305.
- [32] Bonvehí, J. S. (1995). A chemical study of the protein fractions of Tarragona hazelnuts (*Corylus avellana*). *Z. Lebensm Unters Forsch A*, 201(4), 371-374.
- [33] Ju, Z., Hettiarachchy, N., Rath, N. (2001). Extraction, denaturation and hydrophobic properties of rice flour proteins. *J. Food Sci.*, 66(2), 229-232.
- [34] Gorinstein, S., Zemser, M., Paredes-López, O. (1996). Structural stability of globulins. *J. Agric. Food Chem.*, 44(1), 100-105.
- [35] Hinds, M., Beuchat, L., Chinnan, M. (1997). Effects of homogenization pressure and stabilizers on some physical characteristics of a beverage prepared from partially defatted, roasted peanuts. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 50(4), 269-277.
- [36] Hinds, M. J., Beuchat, L. R., Chinnan, M. S. (1997). Properties of a thermal-processed beverage prepared from roasted partially defatted peanuts. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 32(3), 203-211.
- [37] Nelson, A., Steinberg, M., Wei, L. (1976). Illinois process for preparation of soymilk. *J. Food Sci.*, 41(1), 57-61.
- (2004). Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. *J. Food Eng.*, 65(4), 557-563.
- [20] Megahed, M. (2001). Microwave roasting of peanuts: Effects on oil characteristics and composition. *Mol. Nutr. Food Res.*, 45(4), 255-257.
- [21] Behera, S., Nagarajan, S., Rao, L. J. M. (2004). Microwave heating and conventional roasting of cumin seeds (*Cuminum cyminum* L.) and effect on chemical composition of volatiles. *Food Chem.*, 87(1), 25-29.
- [22] Yoshida, H., Shigezaki, J., Takagi, S., Kajimoto, G. (1995). Variations in the composition of various acyl lipids, tocopherols and lignans in sesame seed oils roasted in a microwave oven. *J. Sci. Food Agric.*, 68(4), 407-415.
- [23] Yoshida, H., Hirakawa, Y., Abe, S., Mizushima, Y. (2002). The content of tocopherols and oxidative quality of oils prepared from sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds roasted in a microwave oven. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 104(2), 116-122.
- [24] Nebesny, E., Budryn, G. (2003). Antioxidative activity of green and roasted coffee beans as influenced by convection and microwave roasting methods and content of certain compounds. *Eur. Food Res. Technol.*, 217(2), 157-163.
- [25] AOAC. (1996). Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg: AOAC-International, 2.
- [26] Cruz, N., Capellas, M., Hernandez, M., Trujillo, A., Guamis, B., Ferragut, V. (2007). Ultra high pressure homogenization of soymilk: Microbiological, physicochemical and microstructural characteristics. *Food Res. Int.*, 40(6), 725-732.
- [27] Driscoll, R., Madamba, P. (1994). Modelling the browning kinetics of garlic. *Food Aust.*, 46(2), 66-71.
- [28] LIU, Z. H. I. S. CHANG, S. A. M. K. C. (2007). Soymilk viscosity as influenced by heating methods

- machine tastes coffee: Instrumental approach to predict the sensory profile of espresso coffee. *Anal. Chem.*, 80(5), 1574-1581.
- [38] Mepba, H. D., Achinewhu, S. C. Pillay, M. (2006). Stabilised cocosoy beverage: physicochemical and sensory properties. *J. Sci. Food Agric.*, 86(12), 1839-1846.
- [39] Rubico, S., Resurreccion, A. Beuchat, L. (1988). Comparison of sensory properties and headspace volatiles of a peanut beverage processed at different temperature and time conditions. *J. Food Sci.*, 53(1), 176-180.
- [40] Durmaz, G. Gökmen, V. (2010). Impacts of roasting oily seeds and nuts on their extracted oils. *Lipid Tech.*, 22(8), 179-182.
- [41] Husain, S. R., Terao, J. Matsushita, S. (1986). Effect of browning reaction products of phospholipids on autoxidation of methyl linoleate. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 63(11), 1457-1460.
- [42] Boge, E. L., Boylston, T. D. Wilson, L. A. (2009). Effect of cultivar and roasting method on composition of roasted soybeans. *J. Sci. Food Agric.*, 89(5), 821-826.
- [43] Lee, C. M. (2004). Changes in sensory and physicochemical properties of roasted peanuts in intermediate moisture foods. Ph.D thesis, University of Georgia.
- [44] Lawal, O., Adebawale, K., Ogunsanwo, B., Sosanwo, O. Bankole, S. (2005). On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobosa*). *Food chem.*, 92(4), 681-691.
- [45] MacFie, H. J. Hedderley, D. (1993). Current practice in relating sensory perception to instrumental measurements. *Food Qual. Prefer.*, 4(1), 41-49.
- [46] Grosso, N. Resurreccion, A. (2002). Predicting consumer acceptance ratings of cracker-coated and roasted peanuts from descriptive analysis and hexanal measurements. *J. Food Sci.*, 67(4), 1530-1537.
- [47] Lindinger, C., Labbe, D., Pollien, P., Rytz, A., Juillerat, M. A., Yeretian, C., Blank, I. (2008). When