مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۱ شماره ۳/ سال ۱۴۰۰/ صفحات ۸۵ تا ۱۰۷

DOI: 10.22034/FR.2021.40141.1742

تولید سوسیس مرغ فراسودمند با استفاده از آرد کینوا و بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و بافتی آن

منیره پورصالحی[۱]، فریبا زینالی*[۲]، محمد علیزاده [۲] و هادی الماسی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۱۶

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

[۲] به ترتیب دانشیار، استاد و دانشیار گروه علوم وصنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: f.zeynali@urmia.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: از راهکارهای مناسب جهت تولید غذاهای فراسودمند، استفاده از منابع مختلف فیبری جایگزین، همچون کینوا می‌باشد. **هدف پژوهش:** در این تحقیق امکان تولید سوسیس کم چرب با افزودن آرد کینوا و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن مورد مطالعه قرار گرفت. **روش کار:** سوسیس کم چرب حاوی ۱۰-۵ ٪ کینوا تولید و سپس خصوصیات تغذیه‌ای و فیزیکوشیمایی (حفظ رطوبت، جذب چربی ، افت پخت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان خاکستر)، بافت، رنگ و خواص حسی نمونه‌های تولیدی در طی ۳۰ روز نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی و مدل‌سازی تاثیر فاکتورهای مورد مطالعه بر شاخص‌های کیفی و کمی از روش سطح پاسخ *RSM* طرح *Behnken-Box* استفاده گردید. **نتایج:** نتایج به وضوح نشان داد که کاربرد آرد کینوا و افزایش سطوح مصرف آن سبب افـزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان چربی و رطوبت نمونه‌های تولیدی شد ($p<0.05$). علاوه بر این نتایج نشان داد که آرد کینوا سبب افزایش میزان مؤلفه‌های رنگی *a و*b سوسیس‌های کم چرب تولیدی شـد. بهینه‌سازی نیز بر اساس حداقل میزان خاکستر، چربی، افت پخت و حداکثر میزان رطوبت، اسیدیته، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص قرمزی، سفتی و پذیرش کلی انجام شد. نمونه حاوی ٪ ۵/۲٦۸ کینوا، ۵٪ روغن، ٪ ۱/۸۵۷ آرد و نگهداری شده به مدت بیش از ۲۹ روز، به عنوان نمونه بهینه توسط داوران انتخاب گردید. **نتیجه‌گیری نهایی:** به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن ۵٪ آرد کینوا به فرمولاسیون سوسیس می‌تواند به تولید محصول فراسودمند جدید با چربی کاهش یافته منجر شود.

واژگان کلیدی: کینوا، سوسیس فراسودمند، کم چرب، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

امروزه مصرف بیش از حد محصولات غذایی چرب، به‌ویژه فراورده‌های گوشتی با چربی بالا، سبب افزایش چاقی، هایپرکلسترولمی، بیماری‌های قلبی- عروقی یا سرطان شده است (فرناندز دیاز و همکاران ۲۰۱۵). از این رو مطالعاتی در جهت تولید محصولات رژیمی کم چرب صورت گرفته است (ریاضی و همکاران، ۱۳۹٤؛ آریانا و مک گرو ۲۰۰۷). از آنجا که چربی نقش مهمی

در ایجاد بافت و عطر و خواص حسی محصول دارد کاهش یا حذف آن باعث ایجاد معایبی در محصول می‌شود. بنابراین برای جبران این معایب استفاده از پلی‌ساکاریدها مانند فیبر، صمغ‌ها و یا دانه‌های نشاسته‌ای برای جایگزینی چربی پیشنهاد شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). کینوا متعلق به خانواده *Chenopodiaceae*، جنس *Chenopodium*، یک دانه نشاسته‌ای با ارزش غذایی بالا است که حاوی مواد مغذی بوده و قابلیت استفاده در تولید محصولات گوشتی را دارد (فرناندز دیاز و همکاران ۲۰۱۵). سوسیس از جمله محصولات گوشتی محبوبی است که توسط میلیون‌ها مصرف‌کننده در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد که دارای چربی و مقادیر زیادی آهن است، بنابراین بسیار مستعد اکسیداسیون، خصوصا اکسیداسیون لیپیدی است (دباغ نیکو خصلت و همکاران، ۱۳۹۷؛ ماتیاسویچ و همکاران ۲۰۰۶). غالباً آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی برای کنترل اکسیداسیون لیپید در گوشت استفاده می‌شوند. اما استفاده از ترکیبات فراسودمند مانند ترکیبات فنولی در محصولات گوشتی ممکن است خصوصیات تغذیه‌ای آنها را بهبود داده و زمان ماندگاری‌شان را افزایش دهد (مولانژاد و همکاران، ۱۳۹۵؛ سایاگو آیردی و همکاران a۲۰۰۹). وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۵ اثر آنتی‌اکسیدانی پلی‌فنول‌های گیاهی و آلفا توکوفرول را در نگهداری بیکن عمل‌آوری شده به‌صورت خشک مورد بررسی قرار دادند. آنان مشاهده کردند اکسیداسیون در نمونه‌های تیمار شده با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی نسبت به نمونه کنترل به طور معنی‌داری کاهش یافت (وانگ و همکاران ۲۰۱۵). کینوا حاوی فنول‌های زیادی نسبت به همه غلات و شبه غلات می‌باشد که فراوان‌ترین آنها عبارتند از فرولیک اسید و کورستین (تانگ و همکاران ۲۰۱۵). فعالیت آنتی‌اکسیدانی کینوا با محتوای ویتامین E و ترکیبات فنولی آن همراه است. توکوفرول‌ها (ویتامین E) یکی از آنتی‌اکسیدان‌های محلول در چربی هستند که در غشاء کلروپلاست آن وجود دارند. آنها با گروه‌های لیپیدی آسیل غیر اشباع تعامل می‌کنند و باعث ثبات غشاء و رها شدن انواع مختلف اکسیژن واکنش پذیر می‌شوند (سادلر ۲۰۰٤). در مقایسه با بیشتر غلات، دانه‌های کینوا دارای ارزش غذایی بالاتری هستند. محتوای پروتئین دانه‌های کینوا از ۲۲-۸ درصد متغیر است که در مقایسه با غلات معمولی مانند برنج، گندم و جو، بالاتر است. از آنجایی که کینوا دارای تعادل خوبی از اسیدهای آمینه است و لیزین بالایی دارد، به عنوان یک مکمل خوب برای حبوبات مطرح می‌باشد که اغلب دارای متیونین و سیستین کمی هستند. کینوا حاوی ۱۵-۱٤ ٪ چربی است و منبع غنی از اسیدهای چرب ضروری مانند لینولنیک (۵۲٪) و لینولئیک (٤۰٪) می‌با-شد. لیپیدهای این دانه حاوی مقادیر زیادی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مانند α و γ-توکوفرول است (والنسیا چامورو ۲۰۰۳). این شبه‌غله منبع خوبی از مواد معدنی است که کلسیم، منیزیم، آهن و روی، فسفر، فیبر و ویتامین B آن بیشتر از غلات معمولی است. همچنین منبع خوبی از ویتامین E، تیامین، اسید فولیک و ویتامین C می‌باشد (دینی و همکاران ۲۰۰۵).

با وجود اثبات اثرات تغذیه‌ای دانه کینوا، تأثیر آن در ارتقاء ارزش غذایی محصولات مختلف از جمله فراورده‌های گوشتی مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به مضرات چربی مورد استفاده در فراورده‌های گوشتی و اثرات آنتی‌اکسیدانی دانه کینوا، در این مطالعه از آرد کینوا به عنوان جایگزین بخشی از روغن در فرمولاسیون سوسیس استفاده شد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی سوسیس‌های تولیدی مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در تهیه سوسیس

واریته سفید دانه کینوا (*Chenopodium Willd quinoa*) که محصول کشور پرو می‌باشد، از ارگانیک

مارکت‌ها، و سینه و ران مرغ به صورت بسته‌بندی وکیوم تهیه گردید. دستگاه غذاساز، ترازو دیجیتالی (Sartorius BP 2015, Germany)، دماسنج جیوه‌ای مایعات و سایر مواد مورد نیاز در تولید سوسیس که شامل سیر، نمک، شکر، نشاسته، آرد، روغن، پلی فسفات، کاراگینان یوتا، پودر آب پنیر، نیتریت، اسید اسکوربیک و ادویه بود، خریداری شد و در سه بازه زمانی تولید سوسیس انجام گرفت. همچنین پترولیوم اتر، اسید معرف فنل فتالئین (مرک-آلمان) خریداری شده و در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. تمامی این مواد دارای خلوص آزمایشگاهی بودند.

ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد کینوا

ترکیبات شیمیایی آرد کینوا براساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. میزان چربی مطابق با روش استاندارد AOAC شماره ۹۹۱,۳۰، میزان خاکستر مطابق روش AOAC شماره ۹۲۰,۱۵۳ و میزان رطوبت با استفاده از روش آون در ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد و مطابق با روش استاندارد AOAC شماره ۹۵۰,٤٦ تعیین شد.

تولید سوسیس کم چرب با استفاده از آرد کینوا

۱۵ نمونه سوسیس حاوی مقادیر مختلف آرد (٤-۰ ٪)، روغن (۱۵,۳-۵ ٪) و کینوا (۱۰-۰ ٪) تولید شد. فرمولاسیون شامل گوشت مرغ (۵۵ ٪) و سایر مواد تشکیل دهنده شامل پودر یخ (۱۵/۸۷ ٪)، سیر تازه (۱٪)، نمک (۰/۹ ٪)، شکر (۰/۷ ٪)، پلی فسفات (۰/۳ ٪)، کاراگینان یوتا (۱ ٪)، پودر آب پنیر (۲ ٪)، نشاسته (۳ ٪)، نیتریت (۰/۱ ٪)، اسید اسکوربیک (۱/۲۵ ٪) و ادویه (۱ ٪) بود. گوشت همراه با سیر در چرخ گوشت چرخ شد و سپس همراه با نمک و پلی‌فسفات به مدت ۲ دقیقه در آسیاب برقی کاتر شد. آنگاه خمیر گوشتی در غذاساز به همراه کاراگینان، شکر، پودر یخ، نشاسته، آرد و کینوا به‌مدت چند دقیقه مخلوط گردید. سپس نصف دیگر یخ و نصف روغن اضافه شده و دوباره مخلوط شد. بعد از یک دست شدن که مواد حالت چسبنده گرفت، نصف دیگر روغن و مخلوط ادویه اضافه شد. در آخر مخلوط توسط فیلر در پوشش‌ها پر شد و در بن ماری در درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد به‌مدت ۹۰ دقیقه پخته شد. در پایان سوسیس‌های پخته شده به مدت چند دقیقه به منظور شوک دمایی در زیر آب سرد قرار گرفته و سپس تا زمان انجام آزمایش‌ها در یخچال با دمای ٤C° نگهداری شدند.

آزمون‌های فیزیکی‌شیمیایی انجام گرفته روی نمونه‌های سوسیس

ارزیابی میزان خاکستر، چربی، رطوبت

ترکیبات شیمیایی نمونه‌های سوسیس شامل خاکستر، چربی، رطوبت طبق روش پروانه (۲۰۱۳) اندازه‌گیری شد.

اسیدیته

برای تعیین اسیدهای چرب در روغن استخراجی، ۲۵ میلی‌لیتر الکل خنثی به روغن افزوده شده و اسیدهای چرب آزاد با محلول سود ۰/۱ نرمال در حضور فنل فتالئین تیتر شد و طبق روش مسلمی و همکاران (۱۳۸۹)، توسط رابطه ۱ محاسبه گردید.

رابطه (۱)

$$\%\ \text{آزاد چرب اسیدهای} = \{(V \times 0.0282)/W\} \times 100$$

V= حجم سود مصرفی

W= وزن نمونه (گرم)

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی با درصد مهار DPPH

فعالیت آنتی‌اکسیدانی سوسیس با اعمال اصلاحاتی طبق روش ویدا مورتس و همکاران (۲۰۰۹) انجام گرفت و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس درصد زدایندگی توسط رابطه ۲ محاسبه گردید.

رابطه (۲)

$$\%\ \text{رادیکال مهارکنندگی DPPH} = [(A0 - A1)/A0] \times 100$$

A0: جذب شاهد

A1: جذب نمونه

میزان افت پخت

برای ارزیابی میزان افت پخت، نمونه‌های سوسیس داخل آون قرار داده شد تا دمای داخلی آنها به ۷۱ درجه سانتیگراد رسید. مدت ۳ دقیقه در این دما نگه داشته شدند و سپس درصد افت پخت نمونه‌ها بر اساس اختلاف وزن سوسیس‌ها قبل و بعد از پخت طبق رابطه ۳ محاسبه شد (هایس و همکاران ۲۰۱۱).

رابطه (۳)

$$\text{افت پخت}\ \% = \{\frac{\text{پخته پخته} - \text{خام وزن}}{\text{وزن خام}}\} \times 100$$

بافت سنجی

برای تعیین ویژگی‌های بافتی سوسیس‌های تولیدی از روش TPA استفاده شد. آنالیز پروفایل بافت بر اساس روش تشریح شده توسط بورن (۱۹۷۸)، با کمی تغییرات، با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری بافت (Lioyd مدل۴:۴، آمریکا) انجام شد. بدین منظور نمونه‌های سوسیس از پوشش خارج شدند و به صورت استوانه‌هایی با ضخامت ۱۵ میلی‌متر و قطر ٤٠ میلی‌متر برش زده شدند. نمونه‌ها در دمای اتاق تا ۵۰٪ ارتفاعشان با یک مکانیسم دو مرحله‌ای فشرده شدند. به منظور اعمال نیرو به نمونه‌های سوسیس، از یک پروب استوانه‌ای که دارای شکل مخروطی معکوس بوده و انتهای مسطح آن دارای قطر ۲۵ میلی‌متر بود، و همین‌طور از لودسل: ٤٥٠٠ گرمی، فاصله: ۱۰ میلی‌متر، زمان: ۵ ثانیه و سرعت آزمون: ۲ میلی‌متر بر ثانیه، استفاده شد و شاخص‌های سفتی و انسجام، در اولین دور فشردن مورد ارزیابی قرار گرفتند.

آزمون ارزیابی تغییرات رنگ

شاخص‌های رنگ هانتر (L*،a*،b*) توسط دستگاه رنگ سنج مدل مینولتا (konica Minolta, Japan) اندازه‌گیری شد. L* شاخص روشنایی نمونه (سیاه=۰ و سفید=۱۰۰)، a* شاخص قرمزی (سبز=٦٠- و قرمز=٦٠+) و b* شاخص زردی (آبی=٦٠- و زرد=٦٠+) می‌باشد. برای این منظور نمونه‌های ۱۵ گرمی از سوسیس جدا شده و به فرم دایره شکل داده شد و سپس دستگاه با استفاده از کاشی سفید استاندارد مخصوص دستگاه کالیبره شد و درنهایت شاخص‌های رنگ نمونه‌های سوسیس مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

آزمون ارزیابی حسی

ارزیابی ویژگی‌های حسی محصول تولیدی توسط یک گروه نیمه آموزش دیده متشکل از ۵ نفر از دانشجویان و اساتید دانشگاه، بین سنین ۲۵-٤۲ سال، با استفاده از آزمون امتیازدهی و به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۵=خیلی خوب،٤=خوب،۳=متوسط،۲=ضعیف و ۱=خیلی ضعیف) انجام شد. برای انجام آزمون، از نمونه‌ها برش‌هایی به ضخامت ۳ سانتی‌متر تهیه شد و به‌طور تصادفی درون بشقاب‌هایی از جنس ظروف یکبار مصرف قرار داده شد. این بشقاب‌ها بدون رنگ و بو بوده و شماره‌گذاری شده بودند. صفاتی که در این آزمون در روزهای یک، ۱۵ و ۲۹ روز پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت، مهم‌ترین و اساسی‌ترین ویژگی‌های حسی در مورد فراورده‌های گوشتی بود که شامل ظاهر، رنگ، بو، بافت و طعم می‌باشد.

آنالیز آماری و بهینه‌سازی

در این مطالعه، از روش سطح پاسخ [*RSM*] و طرح *Box-Behnken* برای بررسی و مدل‌سازی تاثیر فاکتورهای مورد مطالعه برای شاخص‌های کیفی و کمی مختلف استفاده شد. متغیرهای مستقل در این پژوهش، شامل آرد کینوا (۱۰-۰ ٪)، آرد گندم (٤-۰ ٪)، روغن (۵/۳-۱۵ ٪) و زمان (۱، ۱۵ و۲۹ روز پس از تولید) بود. پس از گردآوری داده‌ها، مدل‌ها با روش حداقل مربعات برازش گردید. سطح خطای نوع اول در این مطالعه برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای بهینه‌سازی از روش عددی تابع مطلوبیت استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی دانه کینوا

نتایج حاصل از آزمایش ترکیبات شیمیایی آرد دانه کینوا مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی دانه کینوا (درصد)

Table 1 - chemical composition of Quinoa seed (%)

Fiber	Fat	Protein	Ash	Moisture
8.891±0.001	22.063±0.003	35.502±0.002	5.41±0.00	28.04±0023

خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی نمونه‌های سوسیس

نتایج حاصل از آزمایشات انجام گرفته بر نمونه‌های سوسیس تولید شده با آرد کینوا، در این پژوهش در جدول ۲ آورده شده است.

خاکستر

نتایج به وضوح نشان داد که در یک میزان آرد ثابت با افزایش میزان کینوا، درصد خاکستر افزایش یافت (شکل ۱). کینوا به عنوان یک شبه‌غله، منبع خوبی از مواد معدنی است که کلسیم، منیزیم، آهن، روی، فسفر، فیبر و ویتامین B آن بیشتر از غلات معمولی است. همچنین منبع خوبی از ویتامین E، تیامین، اسید فولیک و ویتامین C می‌باشد (والنسیا چامورو ۲۰۰۳). دلیل اینکه کینوا در مقایسه با آرد، میزان خاکستر موجود در سوسیس را افزایش می‌دهد، ازدیاد این مواد معدنی و ویتامین‌ها در ساختار آن است. در این زمینه تئوتونیک و همکاران (۱۹۸۵) بیان کردند شبه غلات گندم سیاه، آمارانت و کینوا با وجود اینکه از خانواده گندمیان نیستند ولی شباهت زیادی به غلات دارند. این دانه‌های گیاهی بسیار غنی از مواد معدنی می‌باشند که با افزودن آن‌ها به فرمولاسیون مواد غذایی به طور چشمگیری میزان خاکستر افزایش می‌یابد.

رطوبت

نتایج اندازه‌گیری میزان رطوبت در شکل ۲ آورده شده است که نشان می‌دهد در یک میزان آرد ثابت با افزایش کینوا، رطوبت افزایش می‌یابد و معنی‌دار می‌باشد. همچنین با افزایش میزان آرد نیز رطوبت افزایش می‌یابد ($p<0.05$). در پژوهشی که روی ماکارونی حاوی آرد کینوا انجام شد، میزان حفظ رطوبت در ماکارونی حاوی آرد کینوا بیشتر از ماکارونی تهیه شده از آرد گندم بود که به دلیل وجود ترکیبات آبدوست مختلف مثل پلی‌ساکاریدها و پروتئین در کینوا می‌باشد (لوراسو و همکاران ۲۰۱۷). در پژوهشی دیگر در مورد جایگزین کردن چربی با کینوا در سوسیس‌های خشک عمل‌آوری، گزارش شد که میانگین مقادیر رطوبت در سوسیس‌های شاهد کمتر از نمونه‌های حاوی کینوا به عنوان جایگزین چربی بود (فرناندز دیاز و همکاران ۲۰۱۵). نتایج به‌دست آمده از میزان رطوبت کلوچه‌های بدون گلوتن، نشان داد که دو شبه غله کینوا و آمارانت در تمام سطوح مصرف، سبب افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی شدند (حقایق و صالحی ۲۰۱۵). در پژوهشی دیگر بر روی نان بدون گلوتن، از آرد کینوا در سطوح ۴۰-۱۰۰ درصد به عنوان جایگزین آرد برنج و ذرت استفاده گردید. نتایج نشان داد که آرد کینوا ضمن بهبود حجم، ایجاد بافت داخلی نرمتر و پخش یکنواخت سلول‌های گازی، اثر مثبتی در افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی داشت و در نتیجه آن بیاتی نمونه‌ی حاوی آرد کینوا به تأخیر افتاد (الگتی و همکاران ۲۰۱٤).

جدول ۲- تأثیر افزودن آرد کینوا بر خصوصیات کلی سوسیس‌های تولید شده

Table 2 - The effect of adding quinoa flour on the general characteristics of produced sausages

Treatment	Quinoa Flour(%)	Oil(%)	Wheat Flour(%)	Time (days)	Ash(%)	Moisture(%)	Fat(%)	Acidity(%)	Cooking Loss(%)	Anti-oxidant(%)	L*	a*	b*	Sensory properties					Hardness
														appearance	color	odor	texture	flavor	
1	5	10.15	2	15	3.41	57.28	21.09	0.195	3.805	22.09	72.71	1.11	24.42	4[1]	4	4	4.25	3	2.90
2	5	10.15	2	15	3.49	57.272	21.17	0.219	3.8	22.80	72.61	0.96	23.68	4.25	3	3.25	4	3.25	2.78
3	0	15.3	0	29	2.52	55.14	17.48	0.277	4.352	11.34	77.80	1.23	19.21	3.75	4.25	3	3.75	3	3.37
4	10	15.3	0	29	3.24	57.49	25.82	0.186	4.388	26.64	69.81	2.08	24.71	3	4	3	3	3.75	3.77
5	0	15.3	4	29	2.85	56.752	20.812	0.357	4.147	13.27	76.05	0.34	20.57	3.25	3.75	4.75	2.75	4	3.49
6	0	5	0	1	2.49	54.97	17.01	0.365	4.59	10.65	69.75	0.83	14.88	4	3	3	4	3	2.79
7	10	5	4	1	3.92	57.88	24.98	0.234	3.328	22.5	60.27	1.84	17.99	4	5	3	3	2	3.34
8	5	10.15	2	15	3.39	57.27	21.195	0.184	3.791	22.42	73.61	0.61	23.23	5	4	4	4.25	4	2.78
9	0	5	0	29	2.73	55.423	11.546	0.496	4.527	10.98	71.96	1.54	19.16	4.25	3	4	3	4	2.75
10	10	15.3	4	1	3.68	57.572	26.18	0.175	3.852	26.76	70.21	-0.37	16.65	3	3	2	2	3	2.21
11	10	15.3	0	1	3.40	57.74	25.98	0.223	4.015	24.38	65.74	-1.64	16.66	3	4	5	4	4	3.25
12	0	5	4	1	2.70	57.01	12.18	0.468	4.654	13.433	61.34	0.77	18.38	4	4	3	3	2	3.53
13	0	15.3	4	1	2.79	56.98	19.98	0.241	3.836	12.61	66.63	-1.31	15.63	3	2	3	2	4	2.03
14	10	5	4	29	3.75	57.66	24.58	0.215	4.506	26.16	67.04	1.84	24.78	3.25	2	3.25	2.75	4	3.20
15	10	5	0	29	3.08	57.084	22.012	0.24	4.082	26.00	55.73	1.98	19.21	3	3	2	3	3	4.77

[1] در ارزیابی خواص حسی

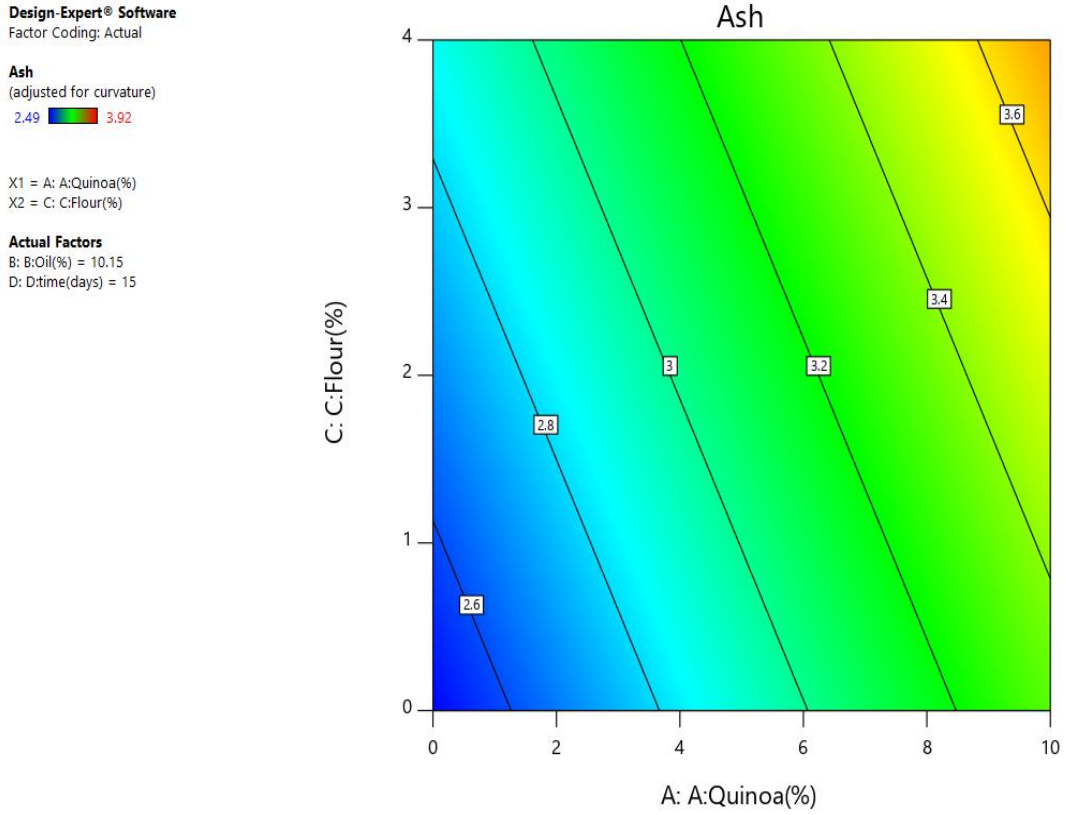
۱=بسیارضعیف

۲= ضعیف

۳=متوسط

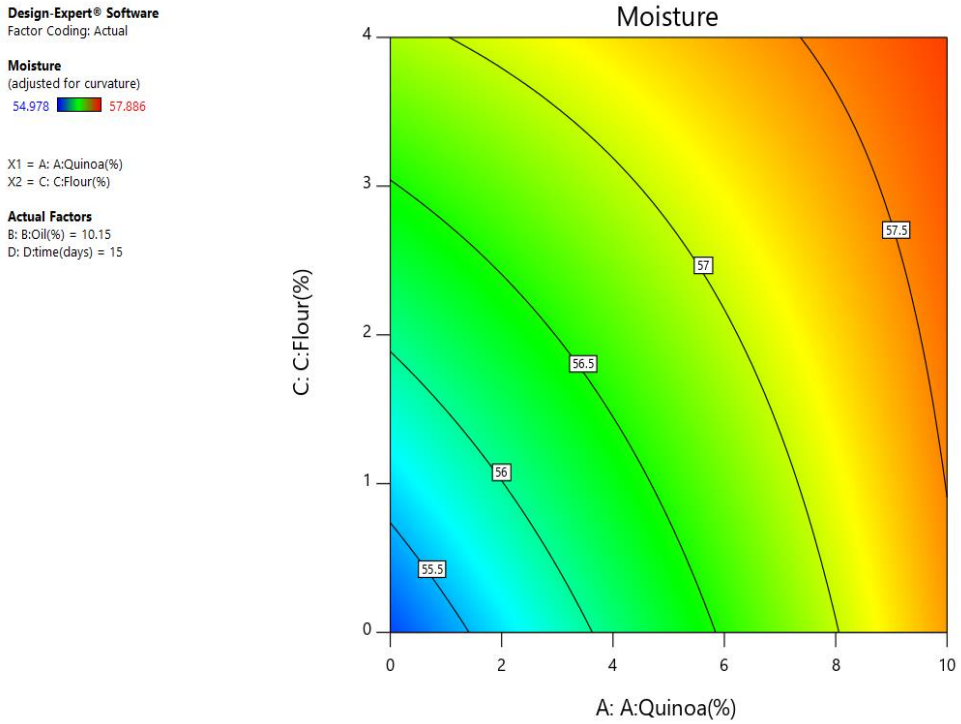
٤=خوب

٥=بسیار خوب



شکل۱- اثر متقابل کینوا و آرد بر میزان خاکستر سوسیس

Figure 1- Interaction of Quinoa and Flour on the amount of sausage ash

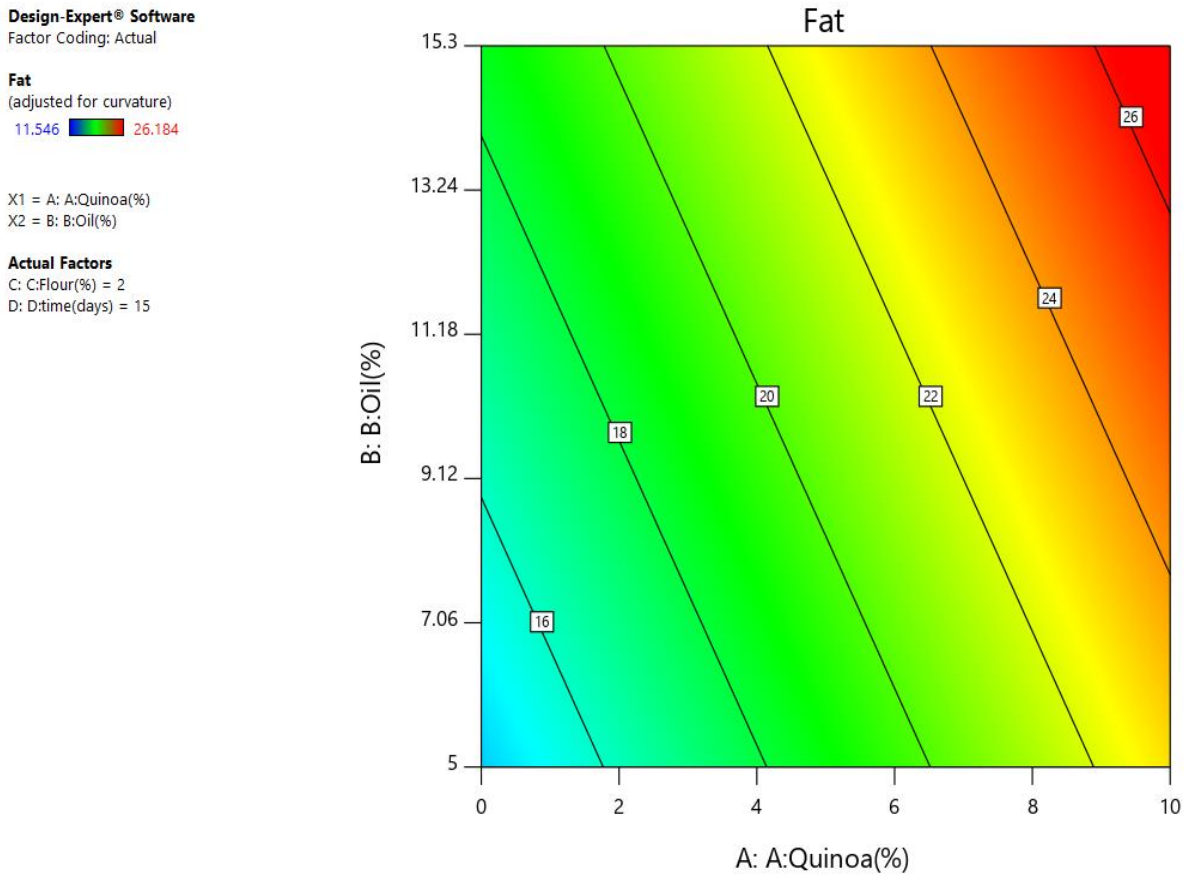


شکل۲ – اثر متقابل کینوا و آرد بر میزان رطوبت سوسیس‌ها

Figure 2- Interaction of Quinoa and Flour on Sausage Moisture

میزان چربی

نتایج اندازه‌گیری میزان چربی در شکل ۳ آورده شده است که نشان می‌دهد بر همکنش بین روغن و کینوا معنی‌دار است. بدین صورت که در یک میزان روغن ثابت، با افزایش میزان کینوا، چربی افزایش می‌یابد و معنادار است. همچنین با افزایش روغن نیز، چربی افزایش می‌یابد. در پژوهشی در مورد تهیه ماکارونی با آرد کینوای تخمیر شده، گزارش شد که میزان چربی در ماکارونی حاوی آرد کینوا به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از ماکارونی حاوی آرد گندم است که آن هم به دلیل وجود اسیدهای چرب غیر اشباع و فسفولیپیدها می‌باشد (لوراسو و همکاران ۲۰۱۷). در بررسی تاثیر آرد کینوا روی برگر، بیشترین میزان چربی برای برگر تهیه شده با ۷٪ و ۱۰٪ آرد کینوا تعیین شد. تاثیر افزودن کینوا بر محتوای چربی برگر ممکن است مربوط به میزان محتوای روغن و چربی در آرد کینوا باشد که منجر به نگهداری بیشتر روغن در محصولات گوشتی در طی فرایند پخت و پز می‌شود (هو و یو ۲۰۱۵؛ تالوکر ۲۰۱۵؛ لیو و همکاران ۲۰۱۵).



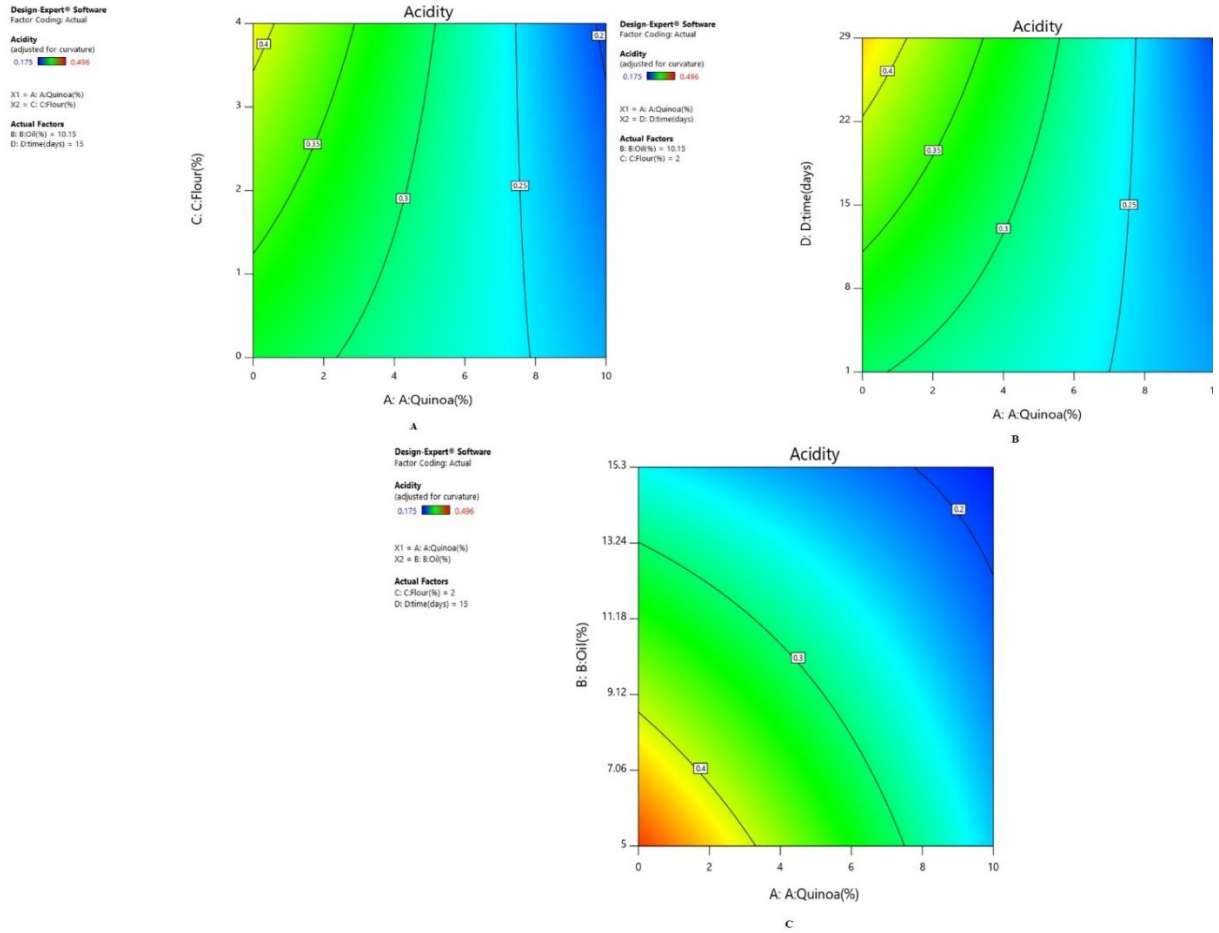
شکل ۳ – اثر متقابل کینوا و روغن بر میزان چربی سوسیس‌ها

Figure 3 - Interaction of Quinoa and Oil on Sausage Fat

اسیدیته

نتایج اندازه‌گیری میزان اسیدیته نشان داد که در مقادیر کم کینوا با افزایش میزان آرد، افزایش میزان اسیدیته زیاد می‌شود (شکل ۴). در حالی‌که زمانی که میزان کینوا به ۵٪ و بیشتر افزایش یافت، تاثیر غلظت‌های مختلف آرد معنی‌دار نبود. همچنین، در مقادیر کینوای کمتر از ۵٪ گذشت زمان، اثر معنی‌داری بر اسیدیته دارد ولی در مقادیر بالای کینوا اثر زمان معنادار نیست. در

پژوهش انجام شده روی نمونه‌های سوسیس فرانکفورتر تهیه شده با فیله‌ی تیلاپیا حاوی ۲۰ گرم آرد کینوا، نشان داده شد که این سوسیس‌ها به میزان قابل توجهی pH بالاتری، در مقایسه با سوسیس‌های شاهد با pH ۵/٦ داشتند و درنتیجه میزان اسیدیته در این سوسیس‌ها کاهش یافت (زاپاتا و همکاران ۲۰۱٦). نتایج حاصل از آنالیز pH در بررسی روی همبرگرهای پخته شده حاوی آرد کینوا، نشان داد که آرد کینوا به‌طور معنی‌داری بر pH همبرگرهای پخته در طول تولید و نگهداری اثر می‌گذارد. مقادیر pH نمونه‌های برگر پخته شده بسته به مقدار آرد کینوای اضافه شده در فرمول برگر کاهش یافت و نمونه‌های شاهد دارای بالاترین سطح pH در روز تولید بودند. دلیل کاهش pH در برگر پخته شده ممکن است مربوط به توانایی نگهداری چربی و رطوبت کینوا و pH کینوا باشد (آلیسون-کاربونل و همکاران ۲۰۰٤؛ گرگلو-میگل و همکاران ۱۹۹۹؛ دودی و همکاران ۲۰۰۲).. برخی از محققان نیز گزارش کرده‌اند که تغییر pH، به ترکیبات مشتق شده گیاهی بستگی دارد که دارای pH اسیدی هستند، که در ترکیب با محصولات گوشتی، pH آنها را کاهش می‌دهند. در طی دوره نگهداری، pH نمونه‌های برگر گوشت گاو به طور ناچیز کاهش یافت و روند مشابهی را در نمونه‌های خام و پخته نشان داد (یوسفی ۱۳۹۵).

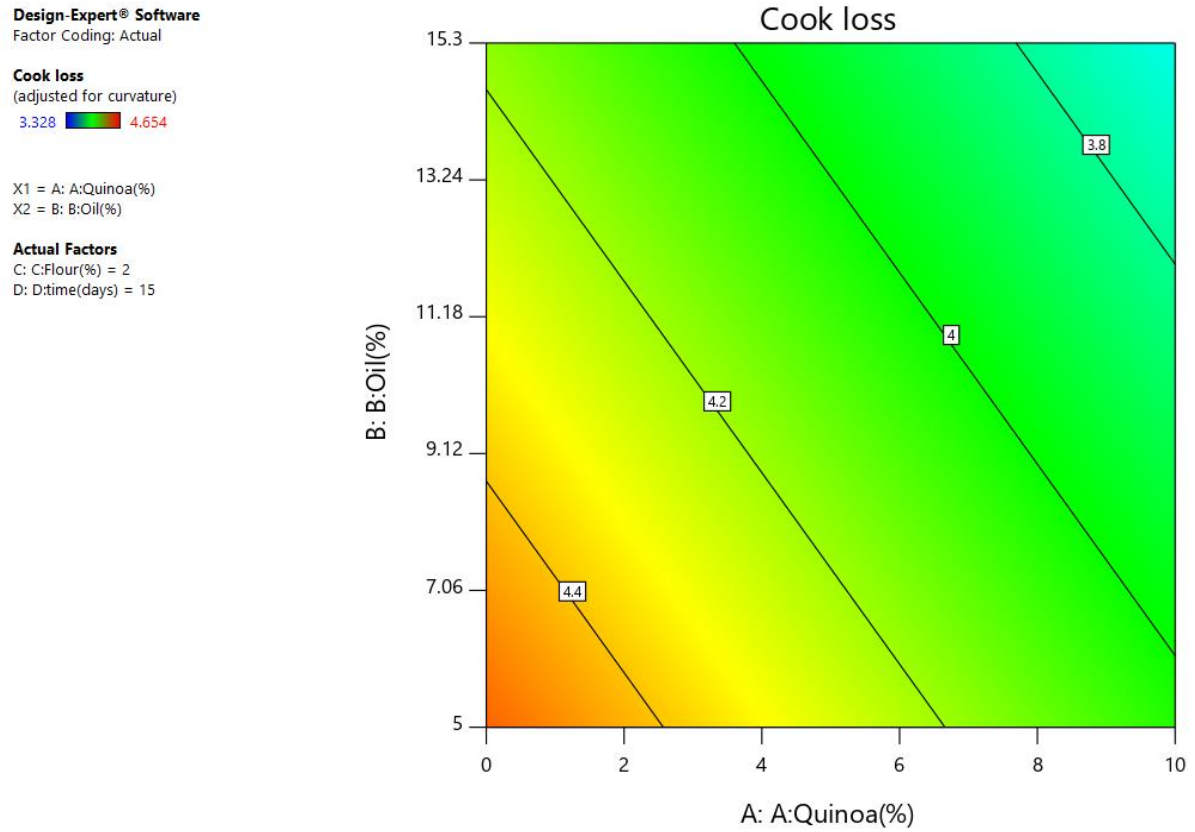


شکل ۴ – اثر متقابل کینوا و آرد (A)، اثر متقابل کینوا و زمان نگهداری (B) و اثر متقابل کینوا و روغن (C) بر میزان اسیدیته سوسیس‌ها

Figure 4 - Interaction of Quinoa and Flour on the acidity of sausages (A), Interaction of Quinoa and Time on the acidity of sausages (B) and Interaction of Quinoa and Oil on the acidity of sausages (C)

میزان افت پخت

بر اساس شکل ۵، در یک میزان روغن ثابت، با افزایش کینوا، میزان افت در طی پخت کاهش می‌یابد. به عبارتی کینوا مانع از افت پخت می‌شود. در پژوهش انجام گرفته روی نان حاوی کینوا مشخص گردید که کمترین میزان افت پخت نان به ترتیب مربوط به تیمارهایی با میزان بیشتر آرد کینوا و بیشترین میزان افت پخت مربوط به تیمارهایی با کمترین میزان آرد کینوا می‌باشد که می‌تواند به علت جذب آب بیشتر در هنگام آماده‌سازی خمیر و ظرفیت بالای نگهداری آب در هیدروکلوئیدها و کاهش تبخیر آب در حین پخت یا به‌عبارتی افزایش رطوبت نهایی در نمونه‌های حاوی کینوا باشد (پورمحمدی و همکاران ۱۳۸۸). در بررسی روی ماکارونی غنی شده با آرد کینوا و آمارانت، گزارش گردید که ویژگی‌های ساختاری ماکارونی غنی شده از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا علاوه بر ویژگی‌های حسی خوب و افت پخت کم، ماکارونی با کیفیت بالا باید حساسیت به شکستگی کم و مقاومت در برابر پخت بالایی داشته باشد. آنها با افزودن آرد کینوا همراه با آمارانت به ماکارونی، افت پخت را کاهش داده و ویژگی‌های حسی آن را افزایش دادند (چیللو و همکاران ۲۰۰۸).



شکل ۵- اثر متقابل کینوا و روغن بر میزان افت پخت سوسیس‌ها

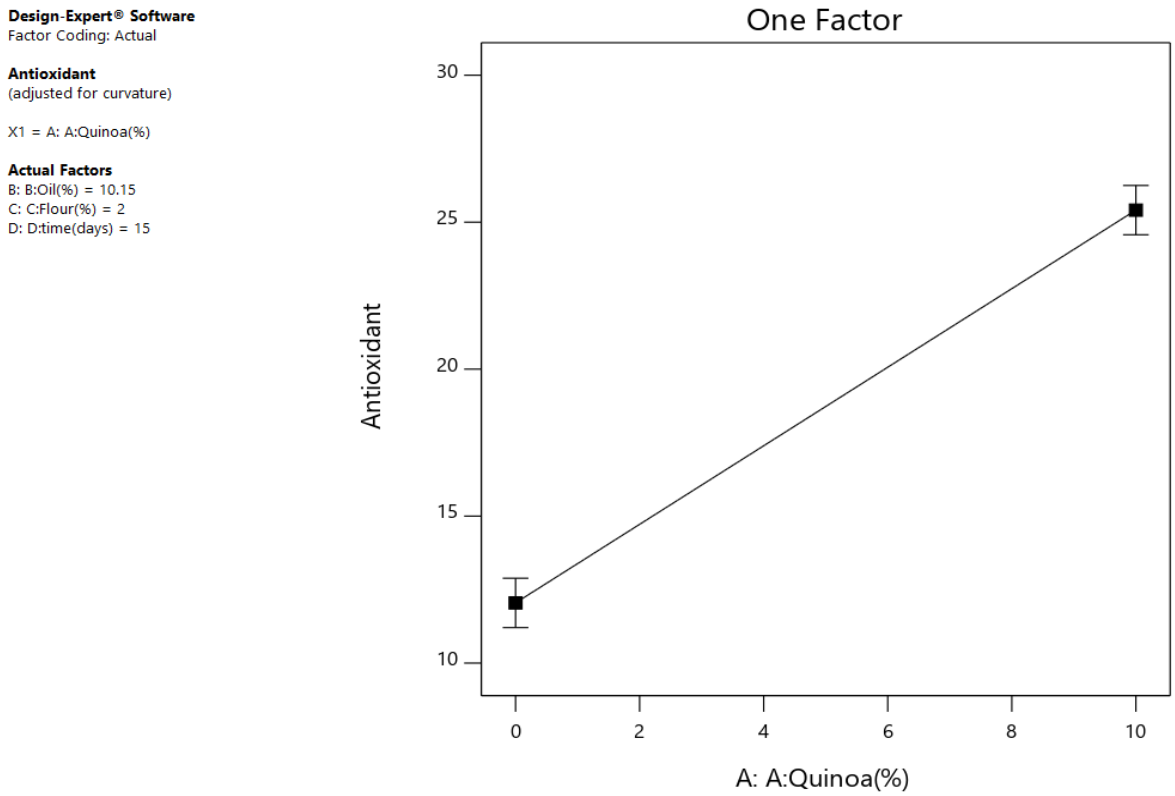
Figure 5 -Interaction of Quinoa and Oil on Sausage Cooking loss

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

پلی‌فنول‌ها مواد شیمیایی آلی طبیعی با چندین واحد بزرگ از واحدهای ساختمانی فنول هستند. آنها معمولا در غذاهای گیاهی یافت می‌شوند و بیشترین آنتی‌اکسیدان‌های موجود در رژیم غذایی را تشکیل می‌دهند (رپو و همکاران ۲۰۱۱). کینوا حداقل حاوی ۲۳ نوع از ترکیبات فنولی می‌باشد. مقادیر کل مواد فنولی کینوا به ترتیب ٤٦٦/٩٩، ٦٣٤/٦٦ و ٦٨٢/٠٥ میلی‌گرم بر

کیلوگرم برای کینوای سفید، قرمز و سیاه است. که از مهم‌ترین آنها می‌توان به فرولیک اسید و کورستین اشاره کرد (جانکوروا و همکاران ۲۰۰۹). کینوا حاوی فنول‌های بیشتری نسبت به غلات، از جمله گندم، جو، ارزن، برنج و گندم سیاه می‌باشد (تانگ و همکاران ۲۰۱۵). فعالیت آنتی‌اکسیدانی کینوا با محتوای ویتامین E و ترکیبات فنولی آن همراه است.

در این پژوهش، DPPH برای بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آرد کینوا در طول مدت نگهداری نمونه های سوسیس مورد استفاده قرار گرفت. از نظر آماری، در بین فاکتورهای تأثیرگذار بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی سوسیس‌ها، آرد کینوا در سطح احتمال $P<0.05$ معنی‌دار بود. بدین ترتیب که با افزایش کینوا خاصیت آنتی‌اکسیدانی سوسیس‌ها افزایش یافت. شکل ٦ تاثیر آرد کینوا بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با رادیکال آزاد DPPH را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل می‌توان فهمید، با افزایش کینوا، خاصیت آنتی‌اکسیدانی افزایش می‌یابد. در یک بررسی نشان داده شد که با افزایش میزان ماده دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های گوشت افزایش می‌یابد (میلنیک ۲۰۰۳). مشابه چنین نتیجه‌ای در پژوهشی دیگر نیز گزارش گردید که نشان داده شد که با افزودن سبوس برنج به سوسیس تهیه شده از گوشت بز، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن افزایش می‌یابد (ملکیان ۲۰۱٤).



شکل ۶ –اثر افزودن مقادیر مختلف کینوا بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با رادیکال آزاد DPPH

Figure 6 -The effect of adding different amounts of quinoa on DPPH free radical antioxidant activity

خصوصیات رنگی

روشنایی(L*)

روشنایی در محصولات غذایی به فاکتورهای زیادی مثل غلظت و نوع رنگ‌دانه‌ها در مواد غذایی، میزان آب، میزان چربی، میزان فیبر و نوع آن مرتبط است (ویدا مورتس و همکاران ۲۰۰۹). افزودن آرد کینوا که خود دارای رنگ تیره‌ای است مسلماً سبب افزایش تیرگی محصول خواهد شد. همان‌طورکه در شکل ۷ مشاهده می‌شود، با افزودن آرد کینوا از میزان روشنایی آن کاسته شده و میزان روشنایی به میزان آرد کینوای

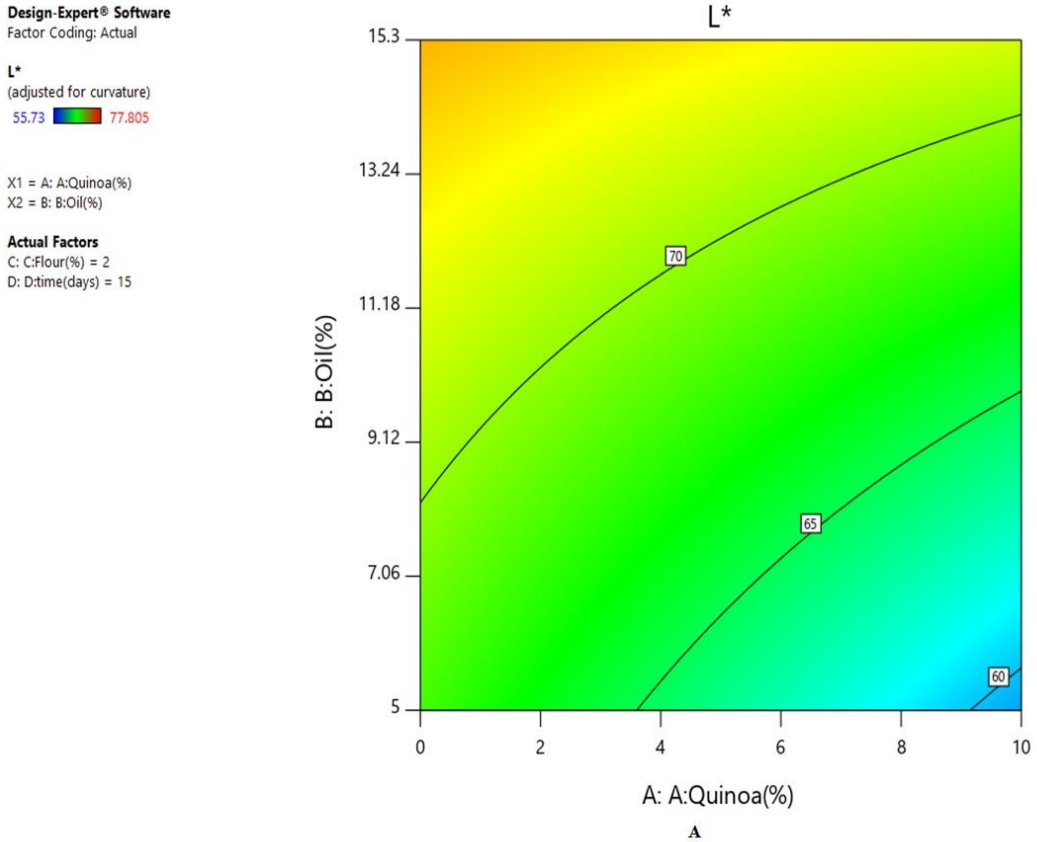
افزوده شده، بستگی دارد. بدین صورت که در یک میزان ثابت روغن و همچنین آرد، با افزایش میزان کینوا از میزان روشنایی سوسیس کاسته می‌شود. از طرفی در یک میزان ثابت کینوا، با افزایش روغن، بر میزان روشنایی افزوده می‌شود. نتایج بررسی انجام گرفته روی کلوچه‌های تولید شده با آرد شبه غلات، نشان داد که با جایگزینی بخشی از آرد برنج با آرد شبه غلات در کلوچه، میزان مؤلفه رنگی *L به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزوده شد که اثر آرد آمارانت در افزایش این مؤلفه رنگی بیش از کینوا و گندم سیاه بود. به نظر می‌رسد که افزایش مؤلفه رنگی *L نشأت گرفته از پوسته‌ای صاف، هموار و یکنواخت و بدون ترک در نمونه‌های حاوی آرد شبه غلات باشد که در نتیجه انتقال و مهاجرت آهسته‌تر رطوبت از مغز به پوسته کلوچه بود (حقایق و صالحی ۲۰۱۵). در این راستا در پژوهشی دیگر بیان شد که تغییرات سطح محصولات نانوایی مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه *L دارند (پورلیس و سالوادوری ۲۰۰۹).

قرمزی(*a)

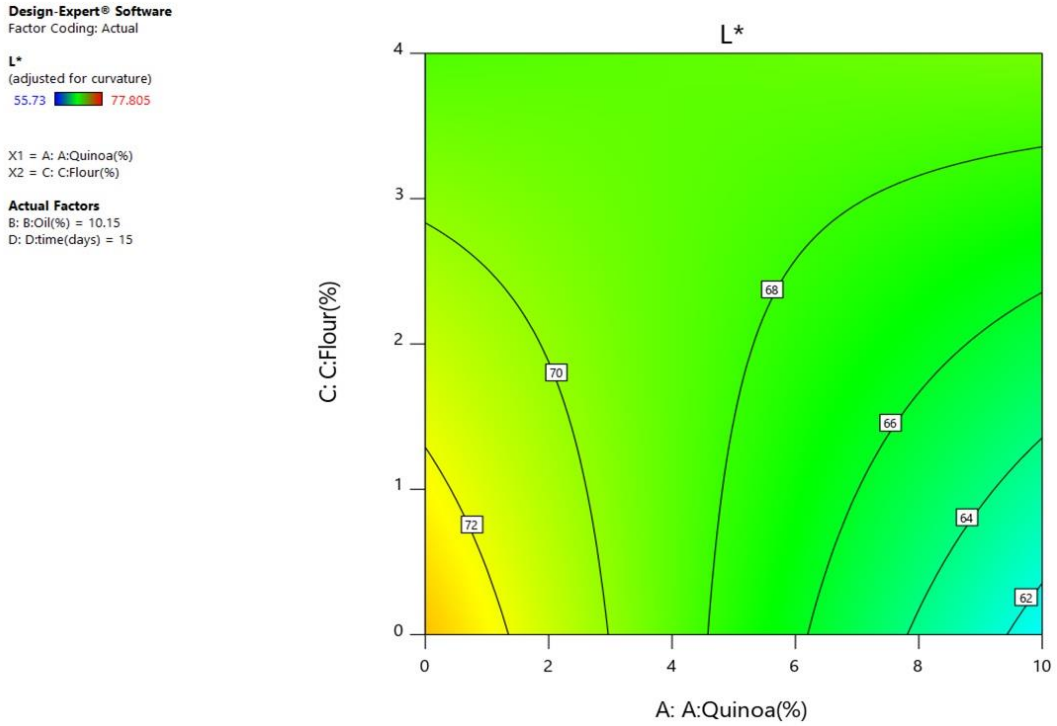
نتایج میزان قرمزی نمونه‌های سوسیس در شکل ۸ نشان داده شده است. افزایش کینوا با گذشت زمان منجر به افزایش قرمزی در سوسیس‌ها می‌شود. نتایج به دست آمده نشان داد، آرد کینوا نسبت به آرد گندم در میزان قرمزی تاثیر بیشتری دارد. در یک پژوهش که روی نان حاوی آرد آمارانت انجام شد، اثر افزودن آرد کامل آمارانت (گل تاج خروس) بر ویژگی‌ها و ارزش تغذیه‌ای نان نشان داد که با افزودن آرد آمارانت به نان، شاخص روشنایی مغز نان نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش و شاخص قرمزی و زردی در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. تیره بودن آرد آمارانت تاثیر زیادی بر شاخص رنگ مغز نان داشت (سانز پانلا و همکاران ۲۰۱۳). در پژوهشی دیگر، گالاقر و همکاران (۲۰۰۳) در رابطه با رنگ پوسته نان گزارش کردند که نان‌های بدون گلوتن حاوی شبه‌غلات، در مقایسه با نان‌های بدون گلوتن عاری از شبه‌غلات تیره‌تر بودند، یعنی میزان روشنایی (*L) پایین‌تری داشتند. رنگ مغز نان (*L / *b) نیز تحت تأثیر قرار گرفت و نان بدون گلوتن حاوی شبه‌غلات در مقایسه با نمونه شاهد مغز نان تیره‌تری داشت.

زردی(*b)

نتایج به دست آمده از شکل ۹ نشان می‌دهد که در میزان روغن ثابت با افزایش میزان کینوا، میزان زردی سوسیس‌ها افزایش می‌یابد. همچنین با گذشت زمان نیز، با افزایش میزان کینوا، میزان زردی افزایش می‌یابد. دلیل افزایش میزان زردی، حاکی از زرد رنگ بودن نمونه‌های حاوی آرد دانه کینوا بوده که این امر به دلیل رنگدانه‌های طبیعی موجود در دانه‌های کینوا می‌باشد. لازم به ذکر است که طیف رنگی دانه‌های کینوا بسیار متنوع است و شامل رنگ سفید، کرم، زرد، صورتی، طوسی و سیاه می‌باشد که دانه‌های استفاده شده در این پژوهش زرد متمایل به کرم رنگ بودند.



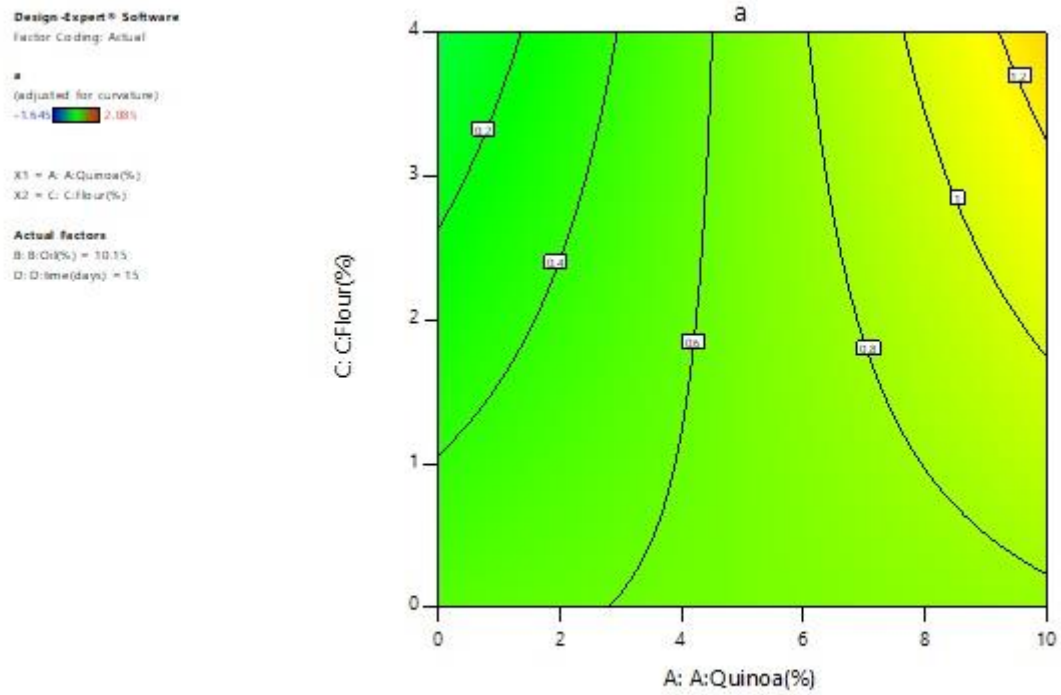
A



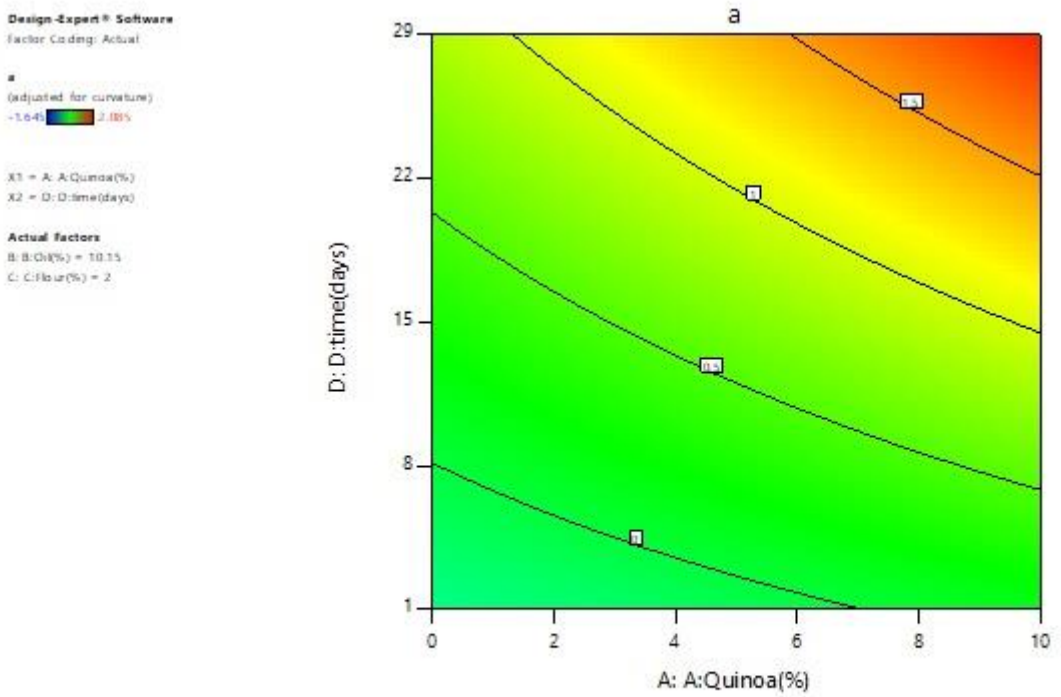
B

شکل ۷- اثر متقابل کینوا و روغن بر روشنایی سوسیس‌ها(A)، اثر متقابل کینوا و آرد بر روشنایی سوسیس‌ها (B)

Figure 7 - Interaction of Quinoa and Oil on Sausage Lighting (A), Interaction of Quinoa and Flour on Sausage Lighting (B)



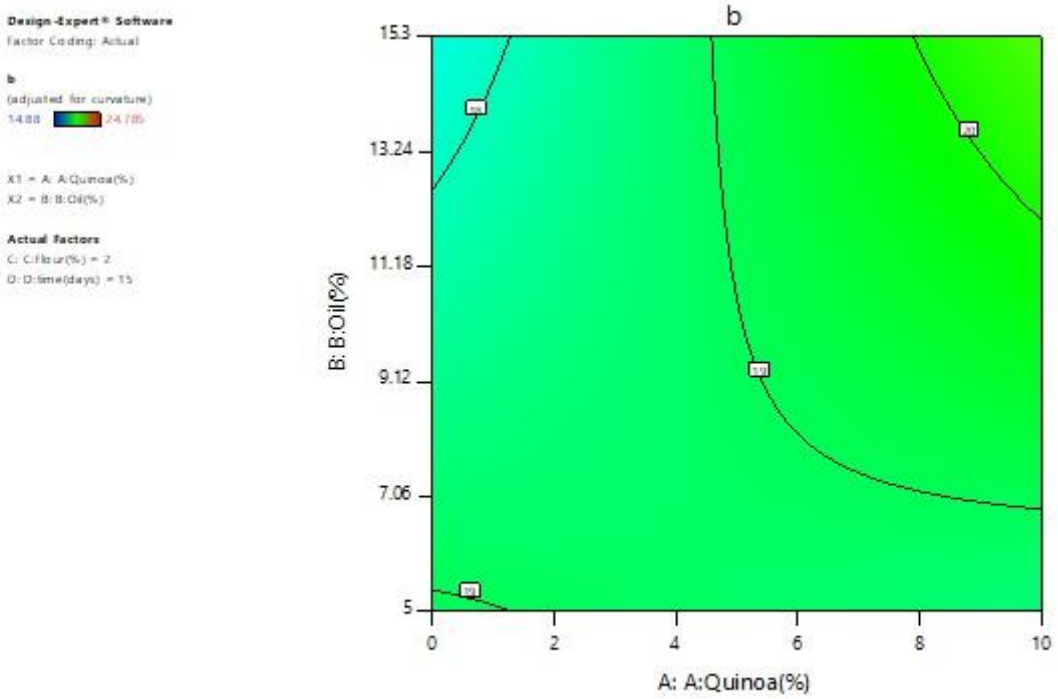
A



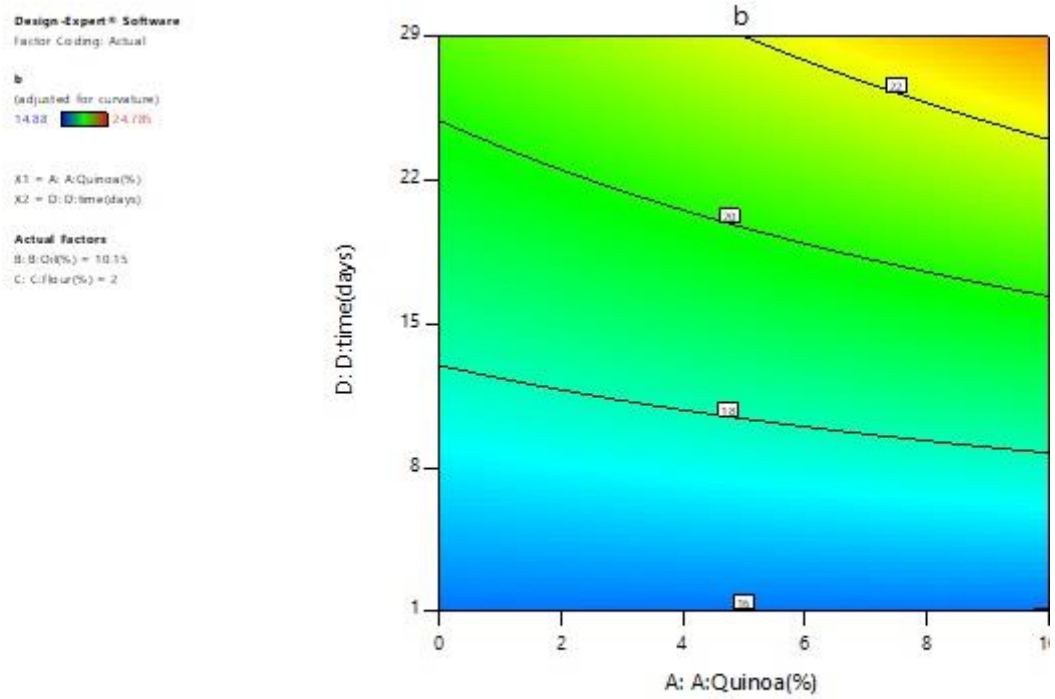
B

شکل ۸ – اثر متقابل کینوا و آرد بر قرمزی سوسیس‌ها(A)، اثر متقابل کینوا و زمان نگهداری بر قرمزی سوسیس‌ها(B)

Figure 8 -Interaction of Quinoa and flour on sausage redness (A), Interaction of Quinoa and Time on sausage redness (B)



A



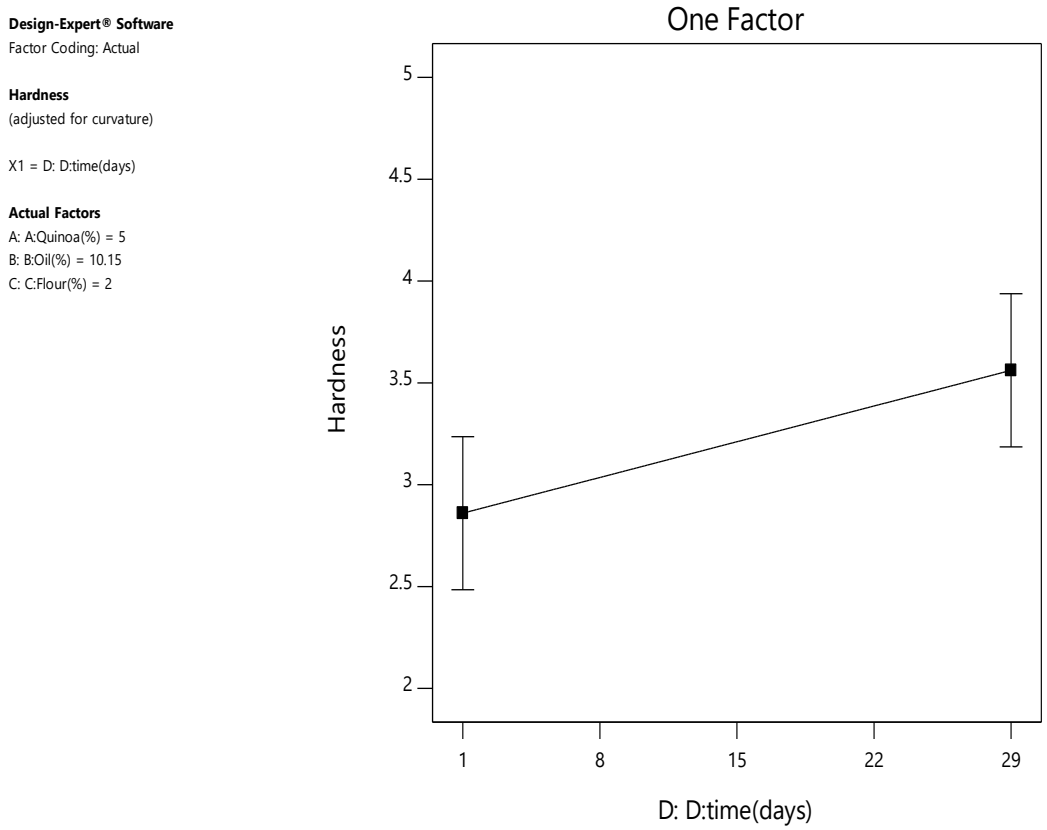
B

شکل ۹- اثر متقابل کینوا و روغن بر زردی سوسیس‌ها (A) و اثر متقابل کینوا و زمان نگهداری بر زردی سوسیس‌ها(B)

Figure 9 -Interaction of Quinoa and oil on sausage yellowness (A) and Quinoa and shelf time on sausage yellowness (B)

میزان سفتی

این پارامتر حداکثر نیروی مورد نیاز برای فشرده کردن نمونه را نشان می‌دهد (هوانگ و همکاران ۲۰۱۱). نتایج تجزیه واریانس مدل سطح پاسخ برای میزان سفتی بافت نشان داد که مدل معنی‌دار نمی‌باشد و کینوا تاثیری در میزان سفتی سوسیس‌ها ندارد. زیرا حضور همزمان چربی و فیبر در ساختار آن، اثر دوگانه بر روی سفتی داشته است. درواقع فیبر کینوا می‌تواند باعث افزایش سفتی بافت شود، اما حضور چربی باعث کاهش اثر فیبر شده و از سفت شدن بیش از حد جلوگیری می‌کند. بنابراین تنها پارامتر تاثیرگذار زمان است، بدین ترتیب که با گذشت زمان، سفتی سوسیس‌ها افزایش می‌یابد که در شکل ۱۰ نشان داده شده است. در مطالعه‌ی انجام شده روی نان‌های بدون گلوتن حاوی شبه‌غلات، گزارش شد که نان‌های حاوی شبه غلات مغز نان نرم‌تری در مقایسه با نمونه‌های شاهد داشت که در میان شبه غلات، آمارانت تاثیر بیشتری در میزان نرمی مغز نان داشت (آدکونل آئو ۲۰۰۱). در پژوهشی دیگر گزارش گردید که سفتی مغز نان با گذشت زمان افزایش می‌یابد. این اثر به حضور امولسیفایرهای طبیعی در آرد شبه‌غلات نسبت داده شد و توسط میکروسکوپ اسکن لیزری تایید شد (آلوارز-ژوبه و همکاران ۲۰۱۰).



شکل ۱۰- اثر زمان نگهداری بر سختی سوسیس‌ها

Figure 10 -Effect of shelf time on sausage hardness

خصوصیات حسی

ارزیابی حسی به‌طور گسترده به عنوان یک روش برای بررسی خصوصیات حسی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تعیین بهترین تیمار از نظر مصرف کنندگان، لازم است تا ارزیابی حسی انجام و سپس نتایج حاصله با نتایج آزمون‌های دستگاهی مقایسه

گردد تا بتوان میزان مناسبی از کینوا و روغن و آرد را به منظور استفاده از فرآورده‌های گوشتی ارائه داد که از نظر مصرف کننده قابل قبول و ایده‌آل باشد . زیرا در صنعت غذا پذیرش و مقبولیت یک فرآورده از سوی مصرف کنندگان، تضمین کننده تولید آن فرآورده و تداوم حضور آن در بازار مصرف است. بنابراین ارزیابی ویژگی‌های حسی، در انتخاب بهترین فرمولاسیون نقش اساسی دارد. به طور کلی می‌توان گفت که ترکیبات اولیه به کار رفته در فرمولاسیون مواد غذایی بر مزه و بو و ویژگی‌های ساختاری محصول نهایی تاثیرگذار می‌باشد (چای و همکاران ۱۹۹۱). همچنین اغلب محققان بر این اعتقادند که درک شدت طعم بستگی به بافت محصول دارد (کار و همکاران ۱۹۹٦)، که به طور مثال در بافت‌هایی با سفتی متفاوت، درک مختلفی از میزان شدت طعم گزارش شده است. از سوی دیگر تایلر و همکاران (۲۰۰۱) طی پژوهشی به این نتیجه رسیدند که زمان رهایش بیشترین میزان مواد طعمی در بافت‌های با درجه سختی مختلف، متفاوت است و هرچه میزان سختی بافت بیشتر باشد، زمان رهایش حداکثر میزان مواد طعم کندتر خواهد بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییر غلظت کینوا، آرد و روغن، روی ویژگی‌های حسی اثر معنی‌داری ندارد و از نظر مصرف‌کننده قابل قبول است.

تعیین فرمولاسیون بهینه

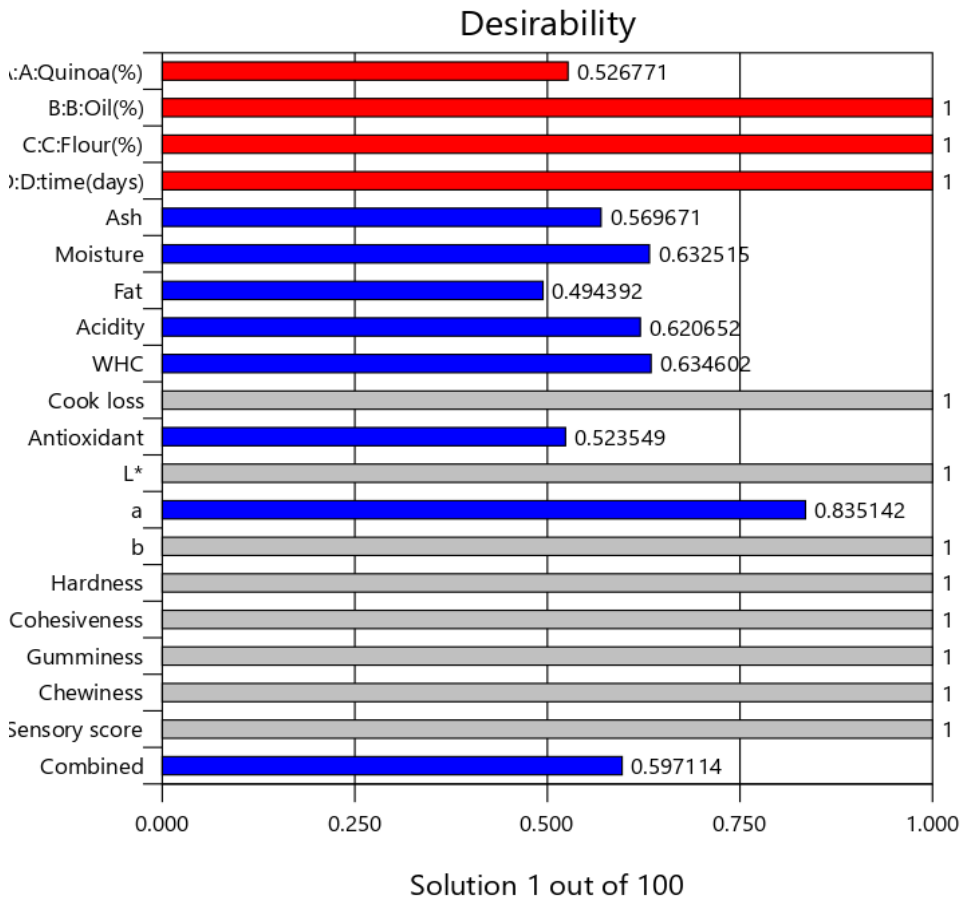
در نهایت با در نظر گرفتن شرایط مطلوب، سوسیس بهینه با مقادیر ۵/۲٦۸ ٪ کینوا، ۵٪ روغن و ۱/۸۵۷ ٪ آرد به‌دست آمد و بهترین زمان نگهداری ۲۹ روز بود. در این شرایط، سایر مشخصات سوسیس‌ها با درجه مطلوبیت ۵۹/۷ ٪ بصورت جدول ۳ به دست آمد.

جدول ۳ – مقادیر محاسبه شده برای خواص تولید بهینه سوسیس کم چرب با اضافه کردن آرد کینوا

Table 3 - Calculated values for optimum production properties of low-fat sausages by adding quinoa flour

Total Sensory	Moisture	Fat	Acidity	Cooking Loss	Antio-xidant	(L*)	(b*)	(a*)	Hardness	Ash
16.674	3.562	21.709	1.47	66.141	19.087	4.268	0.374	18.947	56.817	3.105

درجه مطلوبیت نشانگر درجه وصول به هدفی است که برای تولید سوسیس بهینه در نظر گرفته شده است و این عدد بین صفر تا یک متغیر است. هرچقدر این عدد به یک نزدیک‌تر باشد، بهینه‌سازی بهتری انجام شده است. در سوسیس بهینه، درجه مطلوبیت خاکستر ۰/۵٦، چربی ۰/٤۹، اسیدیته ۰/٦۲، رطوبت ۰/٦۳ و قدرت آنتی‌اکسیدانی ۰/۵۲ به‌دست آمد. فاکتورهای رنگ، بطور قابل توجهی با درجه مطلوبیت بالا از جمله روشنایی و زردی ۱، و قرمزی ۰/۸۳ در سوسیس بهینه بدست آمده است. فاکتورهای بافتی و پذیرش کلی و همچنین افت پخت با درجه مطلوبیت بالا یعنی ۱ به‌دست آمد. میانگین هندسی فاکتورهای بهینه برابر ۰/۵۹۷ است. درجه مطلوبیت بالاتر از ۰/۵۰ موفقیت بهینه‌سازی را نشان می‌دهد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ – مطلوبیت عوامل مختلف محاسبه شده برای سوسیس بهینه با استفاده از طرح RSM

Figure 11 - The utility of various factors calculated for optimal sausage using RSM scheme

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به دست آمده نشان داد آرد کینوا سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های تولیدی شده و به دلیل وجود ترکیبات آب دوست مختلف مثل پلی‌ساکاریدها و پروتئین در آرد کینوا، میزان رطوبت سوسیس‌ها افزایش یافت. همچنین آرد کینوا سبب کاهش میزان روشنایی (L*)، افزایش میزان قرمزی (a*) و همچنین به دلیل داشتن ترکیبات کارتنوئیدی سبب افزایش میزان زردی (b*) شد. از طرفی به سبب وجود اسیدهای چرب غیر اشباع و فسفولیپیدها در آرد کینوا، چربی سوسیس‌ها افزایش یافت. ولی کینوا روی سفتی سوسیس‌ها تاثیر معنی‌داری نداشت و فقط با گذشت زمان سفتی سوسیس‌ها افزایش یافت و در کل آرد کینوا سبب افزایش پذیرش کلی سوسیس‌ها شده و رضایت مصرف‌کنندگان را جلب کرد. به طور کلی، این مطالعه نشان داد که سوسیس غنی شده با آرد کینوا علاوه بر ارزش تغذیه‌ای بالایی که به لحاظ محتوای آنتی اکسیدانی و مواد معدنی دارد، دارای خواص فراسودمند نیز می‌باشد.

منابع مورد استفاده

پروانه و، ۱۳۸۵. کنترل کیفی و آزمایشات شیمیایی مواد غذایی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

پورمحمدی ک، اعلمی م، شاهدی م، و صادقی ماهونک ع، ۱۳۸۸. مقایسه ی ویژگی های فیزیکوشیمیایی نان گندم حاوی جو بدون پوشینه با نان گندم حاوی جو پوشینه دار، مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۲، ۱۶۳-۱۷۱.

حسینی ف، میلانی الف و بلوریان ش، ۱۳۹۰. تأثیر میکروکریستالین سلولز به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی همبرگر کم چرب، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۱(۳)، ۳۷۸-۳۷۱.

حقایق غ و عطای صالحی الف، ۱۳۹٤. غنی‌سازی کلوچه بدون گلوتن با آرد شبه غلات کینوا، آمارانت و گندم سیاه، علوم و صنایع غذایی، ۷۰ (۱٤)، ۲۱۹-۲۱۱.

دباغ نیکوخصلت ه، علیزاده الف و سیدمسلمی الف، ۱۳۹۷. بررسی ویژگی‌های میکروبی سوسیس تخمیری خشک بدون کشت آغازگر، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۸(۲)، ۱۲۵-۱۱۵.

ریاضی ف، زینالی ف، حسینی الف و بهمدی ه، ۱۳۹٤. بررسی امکان استفاده از تفاله انگور قرمز به عنوان جایگزین چربی در تولید سوسیس کم چرب، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۵(۲)، ۲٦۹-۲۵۹.

مسلمی م، حسینی ه، خاکسار ر، تسلیمی الف، کفشدوزان خ و شهراز ف، ۱۳۸۹. تأثیر فرایند حرارتی و مدت نگهداری بر ترکیب اسیدهای چرب، ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی در فراورده‌های حاوی ٤۰ درصد گوشت قرمز تهیه شده از روغن‌های سویا و کانولا، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱، ۳۸-۲۹.

مولانژاد م، هدایتی فر م و گلستان ل، ۱۳۹۵. افزایش عمر ماندگاری کالباس گوشت حرارت دیده با نگهدارنده طبیعی کیتوزان به عنوان جایگزین نیتریت سدیم، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲٦(۱)، ۱۱۲-۹۹.

یوسفی ن، ۱۳۹۵. امکان سنجی تولید همبرگر رژیمی (کم چرب) توسط جایگزینی نسبی با صمغ دانه به. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه.

Adekunle Ayo J, 2001. The effect of amaranth grain flour on the quality of bread. International Journal of Food Science 4: 341–351.

Aleson-Carbonell L, Fernandez-Lopez J, Sendra E, Sayas-Barbera E and Perez-Alvarez JA, 2004. Quality characteristics of a nonfermented dry-cured sausage formulated with lemon albedo. Journal of the Science of Food and Agriculture 84(15): 2077-2084.

Alvarez-Jubete L, Auty M, Arendt EK and Gallagher E, 2010. Baking properties and microstructure of pseudocereal Xours in gluten-free bread formulations. European Journal of Food Research and Technology 230: 437–445.

AOAC, Association of official analytical chemist, 1990. Official method of analysis. Washington, DC.

Aryana K and McGrew P, 2007. Quality attribute of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotisc. LWT-Food Science and Technology 40(10): 1808-1814.

Bourne MC, 2002.Food Texture and Viscosity, 1st publication, Academic Press, London.

Carr J, Baloga C, Guinard X, Lawter L, Marty C and Squire C, 1996. The effect of gelling agent type and concentration on flavor release in model systems. Food Chemistry 46: 3201–3206.

Chai E, Oakenfull DG, McBride RL and Lane AG, 1991. Sensory perception and rheology of flavoured gels. Food Australia 43: 256-261.

Chillo S, Laverse J, Falcone PM and Del Nobile MA, 2008. Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. Journal of Food Engineering 84: 101-107.

Dini I, Tenore GC and Dini A, 2005. Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seeds: an interesting and underexploited andine food plant. Food Chemistry 92: 125–132.

Dzudie T, Scher J and Hardy J, 2002. Common bean flour as an extender in beef sausages. Journal of Food Engineering 52(2): 143- 147.

Elgeti D, Nordlohne SD, Föste M, Besl M, Linden M, Heinz V, Jekle M and Becker T, 2014. Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. Journal of Cereal Science 59(1): 41–47.

Fernández-Diez A, Caro I, Castro A, Bettit K, Daphne D, Ramos and Mateo J, 2015. Partial fat replacement by boiled quinoa on the quality characteristics of a dry-cured sausage. Journal of Food Science 81, C1891-C1897.

Gallagher E, Gormley TR and Arendt EK, 2003. Crust and crumb characteristics of gluten-free breads. Journal Food Engineering 56,153–161.

Grigelmo-Miguel N, Abadías-Serós MI, and Martín-Belloso O, 1999. Characterization of low-fat high-dietary fiber frankfurters. Meat Science 52(3): 247-256.

Hayes JE, StePanyan V, Allen P, O'Grady MN and Kerry JP, 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. LWT-Food Science and Technology 44: 164-172.

Hu, G, and Yu W, 2015. Effect of hemicellulose from rice bran on low fat meatballs chemical and functional properties. Food Chemistry 186: 239-243.

Huang S, Tsai Y and Chen C, 2011. Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physicochemical properties of Chinese-style sausages. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 24(6): 875-880.

Jancurová M, Minarovičová L and Dandár A, 2009. Quinoa – a review. Czech Journal of Food Science 27: 71–79.

Lorusso A, Verni M, Montemurro M, Coda R, Gobbetti M and Rizzello C, 2017. Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. LWT-Food Science and Technology 78: 215-221.

Liu R, Wang N, Li Q and Zhang M, 2015. Comparative studies on physicochemical properties of raw and hydrolyzed oat β-glucan and their application in low-fat meatballs. Food Hydrocolloids 51: 424-431.

Malekian F, Khachaturyan M, Gebrelul S and Henson JF, 2014. Composition and fatty acid profile of goat meat sausages with added rice bran. International Journal of Food Science 686298.

Matiacevich SB, Castellión ML, Maldonado SB and Buera MP, 2006. Water-dependent thermal transitions in quinoa embryos. Thermochimica Acta 448: 117–122.

Mielnik MB, Aaby K and Skrede G, 2003. Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat. Meat Science 65(3): 1147-1155.

Purlis E and Salvadori V, 2009. Modeling the browning of bread during baking. Food Research International 42: 865-870.

Repo M and Valencia Ann R, 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. Ciência e Tecnologia de Alimentos 31(1): 225-230.

Sadler MJ, 2004. Meat alternatives market developments and health benefits. Trends in Food Science & Technology 15(5): 250-260.

Sanz-Penella JM, Wronkowska M, Soral-Smietana M and Haros M, 2013. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. LWT-Food Science and Technology 50(2): 679-685.

Sáyago-Ayerdi S, Brenes A and Goñi I, 2009. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. LWT-Food Science and Technology 42(5): 971-976.

Soltanizadeh N and Ghiasi H, 2015. Qualitative improvement of low meat burger using aloevera. Meat Science 99: 75-80.

Talukder S, 2015. Effect of dietary fiber on properties and acceptance of meat products: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 55(7): 1005-1011.

Tang Y, Li X, Zhang B, Chen PX and Liu R, 2015. Characterization of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. Food Chemistry 166: 380-388.

Taylor AJ, Besnard S, Puaud M and Linforth RST, 2001. In vivo measurement of flavour release from mixed phase gels. Biomolecular Engineering 17: 143–150.

Teutonico RA and Knorr D, 1985. Amaranth: Composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. Food Technology 39: 49-60.

Valencia-Chamorro SA, 2003. Quinoa. In: Caballero B.: Encyclopedia of Food Science and Nutrition 8: 4895–4902.

Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernández-López J and Pérez-Álverez J, 2009. Effect of adding citrus waste water, thyme and oregano essential oil on the chemical, physical and sensory characteristics of a bologna sausage. Innovative Food Science & Emerging Technologies 10(4): 655-660.

Wang Y, Li F, Zhuang H, Chen X, Li L, Qiao W and Zhang J, 2015. Effect of plant polyphenols and α-tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. LWT-Food Science and Technology 60(1): 199-206.

Zapata AF, Rodríguez–Pava GC, 2016. Physicochemical analysis of frankfurter type sausages made with red tilapia fillet waste (*Oreochromis* sp) and quinoa flour (*Chenopodium quinoa* W.). Brazilian Food Technology 21: 103-110.

Journal of Food Researches/vol.31 No.3 2021/pp 85-107
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir
DOI: 10.22034/FR.2021.40141.1742

Production of functional chicken sausage by using quinoa flour and study of its physicochemical and textural properties

M Poursalehi[1], F Zeinali[2*], M Alizadeh[2] and H Almasi[2]

Received: June 2, 2020 Accepted: October 7, 2020

[1]MSc Graduated, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia.
[2]Associate Professor, Professor and [2]Associate Professor, respectively, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia
[*]Corresponding author: f.zeynali@urmia.ac.ir

Introduction: Today, Excessive consumption of fatty foods, especially high-fat meat products, has increased obesity, hypercholesterolemia, cardiovascular disease, or cancer (Fernandez-Diez et al., 2015). Therefore, studies have been conducted to produce low-fat diet products (Aryana and McGrew, 2007). Quinoa belongs to the *Chenopodiaceae* family, the genus *Chenopodium*, a high-nutritional starchy seed that contains nutrients and can be used in the production of meat products (Fernandez Diaz et al. 2015). Quinoa contains a lot of phenols compared to all grains and pseudo cereals. The most abundant of which are folic acid and quercetin (Tang et al. 2015). Quinoa's antioxidant activity is associated with vitamin E content and phenolic compounds. Tocopherols (vitamin E) are fat-soluble antioxidants found in the chloroplast membrane. They interact with unsaturated acyl lipid groups and stabilize the membrane and release different types of reactive oxygen (Sadler 2004). Despite of proving the nutritional effects of quinoa, its effect on promoting the nutritional value of various products, including meat products, has not been investigated. Due to the disadvantages of the fat used in meat products and the antioxidant effects of quinoa seeds, quinoa flour was used in this study as an alternative to part of the oil in sausage formulations and the physicochemical properties of the produced sausages were investigated.

Material and methods: 15 sausage samples containing different amounts of flour (4-0%), oil (5-15.3%) and quinoa (10-0%) were produced. Formulations include chicken (55%) and other ingredients including ice powder (15.87%), fresh garlic (1%), salt (0.9%), sugar (0.7%), polyphosphate (0.3%) was carrageenan utah (1%), whey powder (2%), starch (3%), nitrite (0.1%), ascorbic acid (1.25%) and spices (1%). The meat was minced with garlic in a meat grinder and then ground in an electric mill with salt and polyphosphate for 2 minutes. The meat dough was then mixed in a food processor with carrageenan, sugar, water powder, starch, flour and quinoa for a few minutes. Then ice and half the oil were added and mixed again. After the dough was homogeneous when the ingredients became sticky, the other half of the oil and spice mixture was added. Finally, the mixture was filled with filler in the coating and cooked by Ben Marie method for 80 minutes at 80 °C. In the end, the cooked sausages were placed under cold water for a few minutes to heat shock and then stored in the refrigerator at 4°C until the experiments were performed. Then physicochemical properties (moisture retention, fat absorption, cooking loss, antioxidant capacity and ash content), color, texture hardness and sensory evaluation during 30 days storage at 4°C were studied. To evaluate and model the influence of the factors studied on the qualitative and quantitative indices, the RSM response method was used to Behnken-Box design.

Results and discussion: Measuring ash showed that the percentage of ash increased with increasing quinoa content. Quinoa as a pseudocereal is more than just a good source of minerals, including calcium, magnesium, iron, zinc, phosphorus, fiber and vitamin B. It is also a good source

of vitamin E, thiamine, folic acid, and vitamin C (Valencia Chamorro 2003). The reason that quinoa increases the amount of ash in sausages compared to flour is due to the increase in these minerals and vitamins in its structure. The results of measuring the moisture content showed that by increasing the quinoa, the moisture increased. Moisture also increases with an increased amount of flour ($p<0.05$). In a study of pasta containing quinoa flour, the retention of moisture was higher than that made from wheat flour, which is due to the presence of various hydrophilic compounds such as polysaccharides and proteins in quinoa (Lorusso et al. 2017). In another study on the replacement of fat with quinoa in dry sausages, it was reported that the average moisture content in the control sausages was lower than the samples containing quinoa as a fat replacer (Fernandez Diaz et al. 2015). The results also show that the interaction between oil, quinoa, and time is significant. In the study of the effect of quinoa flour on burgers, the highest fat content for burgers prepared with 7% and 10% of quinoa flour was determined. The effect of adding quinoa on fat content may be related to the storage of oil in quinoa flour, which leads to more storage of oil in meat products during the cooking process (Ho and Yu 2015; Taloker 2015; Liu et al. 2015). On the other hand, in low quinoa values, by increasing flour content, the increase in acidity is high. A study of frankfurter sausage samples made with tilapia fillets containing 20 grams of quinoa flour, showed that these sausages had a significantly higher pH compared to control sausages with a pH of 5.6, resulting in decreased acidity in these sausages (Zapata et al. 2016). Also, quinoa prevents cooking loss. A study of quinoa-rich bread found that the lowest bread crumbs were found to be related to those with the highest amount of quinoa flour and the lowest wasted to those with the least amount of quinoa flour, which could be due to more water absorption during preparation. The dough has a high water holding capacity in hydrochloride and reduces water evaporation during cooking or in other words, increases the final moisture in the samples containing quinoa (Pour Mohammadi et al., 2009). In this study, DPPH was used to investigate the antioxidant capacity of quinoa flour during sausage storage. Statistically, among the factors influencing the antioxidant activity of sausages, quinoa flour was significant at a probability level of $P <0.05$. Thus, by increasing quinoa, the antioxidant properties of sausages increased. A similar result was reported in another study, which found that adding rice bran to sausages made from goat meat increased its antioxidant activity (Malekian 2014). Adding quinoa flour, which has a dark color, will certainly darken the product. The increase in quinoa over time leads to an increase in redness in sausages. As quinoa increases, so does the yellowness of sausages. The analysis of variance of the response surface model for tissue hardness showed that the model is not significant and quinoa has no effect on the hardness of sausages. The only effective parameter is the time which as it goes by the hardness of the sausages increases. Finally, taking into account the desirability conditions, the optimal sausage was obtained with the values of 5.268% quinoa, 5% oil, and 1.857% flour and the best storage time was 29 days. The degree of desirability indicates the degree of attainment of the goal for the production of the optimal sausage. In the optimal sausage, the desired degree was as follows: ash 0.56, fat 0.49, acidity 0.62, moisture 0.63 and antioxidant power 0.52.

Conclusion: The results of this study showed that quinoa flour increased the antioxidant capacity in the produced samples and due to the presence of various hydrophilic compounds such as polysaccharides and protein in quinoa flour, the moisture content of sausages increased. Quinoa flour also reduced the amount of lightness (L*), increased the amount of redness (a*), and also increased the amount of yellowness (b*) due to its carotenoid compounds. On the other hand, due to the presence of unsaturated fatty acids and phospholipids in quinoa flour, the fat of sausages increased. But quinoa did not have a significant effect on the hardness of sausages. In general, quinoa flour increases the overall acceptance of sausages and satisfies consumers.

Keywords: Quinoa, functional Sausages, low fat, Antioxidant activity