شاپا الکترونیکی
ISSN – ۲۷۸۳-۰۷۱۳
پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه

Investigating the physicochemical properties, heavy metals, aflatoxin B1, synthetic color, fatty acids profile and microbiology in rice cookies produced in Kermanshah province in 2013-2015

Reza Mohammadi
Department of Food Science and technology, Faculty of Nutrition Science and Food Industry, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
(**Corresponding Author**). r.mohammadi2011@gmail.com

Sara Hasanvand
Student Research Committee, Department of Food Science and technology, Faculty of Nutrition Science and Food Industry, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
hasanvand.sara032@gmail.com

Negar Chabook
Student Research Committee, Department of Food Science and technology, Faculty of Nutrition Science and Food Industry, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
hasanvand.sara032@gmail.com

Zahra Roshandel
Student Research Committee, Department of Food Science and technology, Faculty of Nutrition Science and Food Industry, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
zahra1374fqc@gmail.com

Rezvan Zibaee
Student Research Committee, Department of Food Science and technology, Faculty of Nutrition Science and Food Industry, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
rezvanzibaei.rz@gmail.com

Parviz Bashiri
Department of Animal Science, Razi University Campus of Agriculture and Natural Resources, Kermanshah, Iran.
parvizbashiri@gmail.com

Jila Darabi
Kermanshah Standard Organization, Kermanshah, Iran.
jiladarabi@gmail.com

شاپا الکترونیکی
ISSN – ۲۷۸۳-۰۷۱۳
پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه

Abstract

It is important to pay attention to the issue of food safety due to the necessity of preventing contamination and food poisoning and the health society. Rice cookie is one of the famous souvenirs of Kermanshah, and despite its export to many countries, its exports is still very limited. In this study, 30 different brands of white and saffron rice cookies were analyzed in order to evaluate the nutritional composition and investigate the physicochemical characteristics, heavy metals, aflatoxin B1, synthetic color, fatty acid and microbiological profile in the rice cookie produced in Kermanshah province in 2013-2014. The results showed that total sugar (w/w) by Lin Ainon's method, insolvent ashes in acid (w/w) and heavy metals by atomic absorption method in samples were less than the standard limits. 33.13% of samples had acidity more than the standard; Also, Kreis test was positive in 23.33% of the oil extracted from the samples. In all products, the percentage of trans fatty acids by GC chromatography method was less than 6%. Also, the results showed that the average total saturated fatty acids in all extracted oil samples was 32.865%. In 32% of the tested samples, aflatoxin B1 could not be detected by HPLC method. The highest amount of this mycotoxin in the samples was 6.41 micrograms per kilogram. In all samples, the presence of crocin was observed by HPLC method. In 95% of the samples, the mold and yeast test by pure plate method was positive and in all the samples, the Enterobacteriaceae search test was negative. Therefore, the results of this research showed that most of the investigated rice cookies were at an acceptable level of safety.

Keywords: Rice Cookie, Heavy Metals, Aflatoxin, Fatty Acid Profile, Natural Color

---

Progress and development of Kermanshah province
Kermanshah Management and Planning Organization, 2023, Vol. 2, No. 4, pp 67-97.
Received: 07/06/2023 - **Accepted:** 21/09/2023

پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه
شاپا الکترونیکی
ISSN – ۲۷۸۳-۰۷۱۳

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمایی، فلزات سنگین، آفلاتوکسین B1، رنگ مصنوعی، پروفایل اسیدهای چرب و میکروبیولوژیکی موجود در نان برنجی‌های تولیدی در سطح استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰

رضا محمدی

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

(نویسنده مسئول) r.mohammadi2011@gmail.com

سارا حسنوند

کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

hasanvand.sara032@gmail.com

نگار چابوک

کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

nr.chabook@gmail.com

زهرا روشندل

کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

zahra1374fqc@gmail.com

رضوان زیبایی

کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

rezvanzibaei.rz@gmail.com

شاپا الکترونیکی
ISSN – ۲۷۸۳-۰۷۱۳

پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه

سازمان برنامه و بودجه کشور
سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمانشاه

پرویز بشیری

گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

parvizbashiri@gmail.com

ژیلا دارابی

اداره کل استاندارد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

jiladarabi@gmail.com

چکیده

توجه به مبحث ایمنی غذایی به دلیل ضرورت جلوگیری از آلودگی و مسمومیت‌های غذایی و سلامت جامعه و فرد مورد اهمیت می‌باشد. نان برنجی به عنوان یک شیرینی سنتی یکی از معروف‌ترین سوغات‌های شهر کرمانشاه محسوب می‌شود و با وجود صادرات آن به بسیاری از کشورها، همچنان سهم آن از صادرات بسیار محدود است. در این مطالعه ۳۰ برند مختلف نان‌برنجی سفید و زعفرانی به منظور ارزیابی ترکیب غذایی و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمایی، فلزات سنگین، آفلاتوکسین B1، رنگ مصنوعی، پروفایل اسیدهای چرب و میکروبیولوژیکی موجود در نان برنجی‌های تولیدی در سطح استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج نشان داد که درصد وزنی قند کل به روش لین آینون، خاکستر نامحلول در اسید و فلزات سنگین به روش جذب اتمی در تمامی نمونه‌های نان برنجی مورد آزمون کمتر از حدود استاندارد تعریف شده بود. ۳۳/۱۳ درصد از کل نمونه‌های نان برنجی مورد آزمون دارای اسیدیته بیش از حد استاندارد مجازمی‌باشند؛ همچنین تندی (آزمون کرایس) در ۲۳/۳۳ درصد از روغن استخراجی ازنمونه‌ها مثبت بود. در تمامی محصولات درصد اسیدهای چرب ترانس به روش کروماتوگرافی GC کمتر از ۶ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد میانگین کل اسیدهای چرب اشباع شده در تمامی نمونه‌های روغن استخراجی ۳۲/۸۶۵ درصد بود. در ۳۲ درصد از نمونه‌های مورد آزمون آفلاتوکسین B1 به روش HPLC قابل تشخیص نبود. بیشترین میزان این مایکوتوکسین در نمونه‌های مورد آزمون ۶/۴۱ میکروگرم برکیلوگرم بود. در تمامی نمونه‌ها وجود کروسین (رنگدانه زعفران) به روش HPLC مشاهده شد. در ۹۵ درصد از نمونه‌ها آزمون کپک و مخمر به روش کشت آمیخته مثبت و در تمامی نمونه‌ها آزمون جستجو انتروباکتریاسه منفی بود. بنابراین نتایج این تحقیق نشان داد که عمده نان برنجی‌های مورد بررسی در سطح قابل قبول ایمنی قرار دارند.

کلیدواژه‌ها: آفلاتوکسین، پروفایل اسیدهای چرب، رنگ طبیعی، فلزات سنگین، نان برنجی

فصلنامه پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه، دوره ۲، شماره ۴، ص ۹۷-۶۷.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۶/۳۰

۱- مقدمه

نان‌برنجی به‌عنوان یک شیرینی سنتی یکی از معروف‌ترین سوغات شهرکرمانشاه محسوب می‌شود و با وجود صادرات آن به بسیاری از کشورها از جمله: عراق، استرالیا، ژاپن و سایر کشورها اما همچنان سهم نان‌برنجی از صادرات بسیار محدود است. در تهیه این شیرینی از آردبرنج، آردگندم، پودر شکر، روغن‌حیوانی، تخم‌مرغ، گلاب و هل استفاده می‌شود. نان‌برنجی انواع گوناگونی نیز دارد که از آن میان می‌توان به نان‌برنجی ساده با روغن کرمانشاهی و نان‌برنجی زعفرانی اشاره کرد (امیری و سلمانی ۲۰۱۸).

این شیرینی اصیل و بسیار مقوی مورد پسند تمامی ذائقه‌ها بوده و عطر وسوسه‌کننده نان‌برنجی در بازارهای سنتی کرمانشاه همواره به مشام می‌رسد. متأسفانه در چند سال اخیر نان برنجی‌هایی با برند نامعتبر و نامرغوب در بازار تولید شده و به فروش می‌رسد که این گروه صدمه جدی به بازار عرضه نان‌برنجی اصیل کرمانشاه وارد کرده که باعث کاهش رغبت مصرف‌کنندگان شده است (حقایق ۲۰۱۶). از طرفی برای حفظ اصالت این شیرینی و حفظ بازارهای داخلی و خارجی باید به کیفیت مواد اولیه توجه فراوان شود. برای تعیین کیفیت نیاز به تعیین شاخص‌های کنترل کیفیت می‌باشد.

وجود استاندارد ۱۸۱۹ (ویژگی‌های نان‌برنجی) در این راستا کمک کننده بوده و باعث شده که در سال‌های اخیر تعدادی از واحدهای تولیدی نسبت به دریافت پروانه کاربرد استاندارد تشویقی برای محصولات خود اقدام نمایند. با این وجود به‌دلیل اینکه استاندارد مذکور در سال ۱۳۵۶ و به‌عنوان یک شیرینی عمومی تدوین شده است و از آن زمان تاکنون تغییراتی در مواد اولیه نان‌برنجی از جمله: استفاده از زعفران و عدم روغن‌نباتی جامد ایجاد شده است؛ لذا تجدید نظر استاندارد مذکور ضروری می‌باشد تا ضمن به روزآوری و تعیین شاخص‌های کیفی در خصوص تعیین تقلبات در رابطه با استفاده از سایر آردها به غیر از آردبرنج، استفاده از رنگ‌های مصنوعی به جای زعفران و یا شورتنینگ‌های ارزان قیمت اقداماتی صورت پذیرد (مهدوی و همکاران[1]، ۲۰۱۱).

افزودنی‌های غذایی یک واژه کلی برای ترکیباتی است که به‌منظور دوام یا بهتر نمودن ظاهر غذا و یا حفاظت از فساد میکروبی به مواد غذایی اضافه می‌شوند (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۱). رنگ‌ها جز این دسته از مواد می‌باشند که به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم شده و رنگ‌های مصنوعی از جمله: کینولین، آزوروبین و آلورارد می‌تواند اثرات سوئی بر سلامت انسان داشته باشند. شرایط تهیه ماده غذایی هنگام پخت می‌تواند سبب از بین رفتن رنگ طبیعی گردد و از جذابیت ماده غذایی بکاهد، بنابراین استفاده از رنگ‌های مصنوعی برای افزایش جذابیت در شیرینی نان‌برنجی رو به افزایش است و این اعلام هشداری برای مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان این شیرینی سنتی می‌باشد (لین شوف و همکاران[2]، ۱۹۹۲).

1. Nikniaz, Mahdavi et al.
2. Lin, Shoaf et al.

چربی دریافت شده از طریق مواد غذایی بخشی از نیاز روزانه انسان است که به‌عنوان منبع انرژی می‌باشد و به دو دسته اسیدچرب اشباع و غیراشباع تقسیم می‌شود. اسیدچرب غیراشباع دارای دو اتم کربن بوده که توسط پیوند دوگانه به هم متصل شده‌اند و از اینرو سبب ایجاد دو فرم فضایی سیس و ترانس حول پیوند دوگانه شده است. اسیدچرب ترانس نوعی اسیدچرب غیراشباع است که در آن زنجیره‌های جانبی متصل به پیوند دوگانه در دو جهت مخالف قرار دارند. این نوع آرایش فضایی سبب فشردگی بیشتر اسیدهای چرب در شبکه کریستالی شده و به افزایش نقطه ذوب منجر خواهد شد (وهمانی و همکاران[1]، ۲۰۲۰). در تهیه نان‌برنجی استفاده از روغن‌های هیدروژنه با افزایش میزان اسیدچرب ترانس ارتباط دارد که عامل مهمی در بروز بیماری‌های قلبی- عروقی می‌باشد، بدین- منظور نظارت بیشتر در نحوه تولید از الزامات است (حقایق ۲۰۱۶).

یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در تعیین شاخص کیفیت نان‌برنجی، شرایط نگهداری مواد اولیه در انبار است که در صورت وجود رطوبت بالا، مایکوتوکسین‌ها تولید می‌شوند. مایکوتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه حاصل از رشد قارچ‌ها می‌باشند که در میان آنها آفلاتوکسین‌ها شناخته شده‌ترین است (اسکندی[2] ۲۰۲۰) . در میان انواع آفلاتوکسین نوع B1 شایع‌تر بوده و در صورتی که رطوبت بیشتر از ۱۴ درصد و دما بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد این نوع آفلاتوکسین‌ها به راحتی رشد می‌کنند. آلودگی نان‌برنجی به وسیله این نوع آفلاتوکسین می‌تواند نقش مهمی در تهدید سلامت انسان داشته باشد (راشینگ و سلیم[3]، ۲۰۱۹).

در تجارت مواد غذایی، بهداشت و سلامت فرآورده‌های غذایی از اهمیت بسیاری برخوردار است و از نظر آلودگی به انواع آلاینده‌ها باید مورد ارزیابی قرار بگیرد. تخلیه فاضلاب‌های شیمیایی در محیط‌زیست و استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی به‌منظور اصلاح ویژگی‌های خاک، می‌تواند سبب افزایش آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین گردد (اسکندی ۲۰۲۰). اصطلاح فلزات سنگین برای عناصر با وزن اتمی ۲۰۰ یا بالاتر استفاده می‌شود اما در عمل این اصطلاح برای فلزاتی که وزن مخصوص بالایی داشته و به‌شدت جذب بافت‌های بیولوژیکی شده به‌کار می‌رود. از آنجایی‌که در تهیه نان‌برنجی از آردبرنج استفاده می‌شود پس بررسی وجود فلزات سنگین از جمله: سرب، کادمیم و نیکل حائز اهمیت است. این فلزات برخلاف مواد آلی، تجزیه نشده و در بافت‌های زنده انباشته می‌شوند در نتیجه مصرف طولانی مدت از مواد غذایی آلوده به این فلزات باعث افزایش عوارض گوارشی، مشکلات عصبی و اسکلتی می‌شود (ژانگ و همکاران[4]، ۲۰۱۹).

مصرف غذا امکان انتقال بسیاری از عوامل بیماری‌زا به بدن انسان را فراهم می‌سازد. انواع زیادی از میکروارگانیسم‌ها یا توکسین‌های تولید شده توسط آنان با مکانیسم‌های مختلف در ایجاد بیماری‌های منتقله از طریق

1. Vahmani, Johnson et al.
2. Skendi, Papageorgiou et al.
3. Rushing and Selim
4. Zhang, Xu et al.

غذا نقش دارند. براساس برآورد صورت گرفته توسط مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری ایالت متحده (CDC)، سالانه ۷۵ میلیون نفر از بیماری‌های منتقله از راه غذا رنج می‌برند (جانسون و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

فرآورده‌های قنادی از جمله مواد غذایی هستند که بیشتر در ایجاد مسمومیت ناشی از غذا دخالت دارند. شیرینی‌های سنتی به‌دلیل نوع ترکیبات، روش تهیه و تزئین آنها احتمال آلودگی با عوامل بیماری‌زا مانند: اشریشیاکلی، انتروباکتریاسه، کپک و مخمر را دارا می‌باشند. باتوجه به مصرف زیاد این فرآورده‌ها لازم است که کنترل میکروبی از نظر بهداشتی و صنعتی به‌منظور بالا بردن زمان ماندگاری و حفظ کیفیت به کاربرده شود (کوپمنز و همکاران[2]، ۲۰۱۰).

جوروویچ و همکاران[3] در سال ۲۰۲۰ به ارزیابی شیمیایی و میکروبی بیسکویت‌های تهیه شده از آرد گندم جایگزین جوانه گندم پرداختند. نتایج نشان داد که محتوای پروتئین خام، چربی و خاکستر و انرژی بیسکویت‌ها با افزایش درصد پودر جوانه گندم افزایش یافت. افزودن جوانه منجر به مقادیر بالاتر فنولیک، آلفا توکوفرول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد. تفاوت معنی‌داری در محتوای فنول کل و آلفا توکوفرول بین بیسکویت مکمل با ۵ درصد جوانه و بیسکویت جایگزین شده با ۷.۵ درصد جوانه وجود نداشت. محتوای فنلی در بیسکویت‌های حاوی ۷.۵ درصد جوانه، ۲۴۵ میلی‌گرم معادل اسیدگالیک (GAE)/100 گرم در دسی‌متر بود در مقایسه با ۱۱۰ میلی‌گرم GAE/100 گرم در دسی‌متر در بیسکویت‌های شاهد. بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در بیسکویت‌های جایگزین شده با ۷.۵ درصد جوانه بود. تمام سطوح جایگزینی آردگندم با جوانه گندم بر خواص تغذیه‌ای بیسکویت‌ها تأثیر داشت، اما سطح جایگزینی ۲/۵ تا ۵ درصد برای بهبود خواص حسی آنها توصیه می‌شود. بیسکویت‌های تولید شده بار میکروبی پایینی داشتند و از نظر میکروبیولوژیکی ایمن بودند. اشریشیا کلی، گونه‌های سالمونلا و کلستریدیای احیاکننده سولفیت در طول دوره بررسی از ۲ تا ۶۰ روز نگهداری در هیچ نمونه‌ای مشاهده نشد (رادووانوویک[4]، ۲۰۲۱).

یائوهوانگ و همکاران در سال ۲۰۱۸ در چین برروی حذف کادمیوم از آردبرنج با استفاده از حلال‌های یوتکتیک عمیق طبیعی پژوهش کردند. در این مطالعه، بیست NADES مبتنی بر کلرید کولین و گلیسرول تهیه و به‌عنوان عوامل شستشو در حذف کادمیوم (Cd) از آردبرنج برای اولین بار مورد بررسی قرار گرفت. NADES های مبتنی بر کلرید کولین حذف کادمیوم را نشان دادند (۹۶-۵۱٪). یک سورفکتانت طبیعی و زیست تخریب‌پذیر، ساپونین، با NADES مخلوط شد تا کارایی آنها افزایش یابد. هنگامی که NADES های مبتنی بر گلیسرول با ساپونین ۱٪ ترکیب شدند، هیچ افزایشی در حذف Cd مشاهده نشد. با این حال، اثرات هم‌افزایی بین ساپونین و NADES های مبتنی بر کلریدکولین در طول فرآیند شستشو مشاهده شد و > ۹۹٪ Cd با استفاده از مخلوط NADES-saponin-

1. Johnson, Rasmuson et al.
2. Newell, Koopmans et al. 2010
3. Đurović, Radovanović et al

6 حذف شد. علاوه بر این، فرآیند شستشوی NADES بر اجزای شیمیایی اصلی یا ساختار آردبرنج تأثیری نداشت. مکانیسم حذف کادمیوم توسط NADES و بازسازی NADES های آلوده به Cd یک راه کارآمد برای حذف کادمیوم از برنج آلوده ارائه کرد (هانگ و همکاران [1]، ۲۰۱۸).

با توجه به اهمیت اقتصادی نان‌برنجی در استان کرمانشاه با حدود ۲ میلیون نفر جمعیت و بیش از یک هزار واحد صنعتی و تولیدی با بیش از ۳۰ هزار نفر اشتغال‌زایی و همچنین احداث ناحیه کارگاهی نان‌برنجی به‌عنوان یکی از پروژه‌های اقتصاد مقاومت در استان، بررسی وضعیت تولید نان‌برنجی و تعیین شاخص‌های کنترل کیفیت آن می‌تواند ضمن حفظ کیفیت و اصالت این سوغات کرمانشاهی در برندسازی و بازاریابی این صنعت کمک به‌سزایی کند. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی میزان فلزات سنگین، اسیدچرب ترانس، آفلاتوکسین B1، رنگ‌های مصنوعی، شاخص میکروبی و فیزیکی موجود در انواع برندهای نان‌برنجی تولیدی در استان کرمانشاه می‌باشد. امید است با انجام این تحقیق یک برآورد کلی از این محصول در مورد مخاطرات به‌وجود آمده از موارد فوق‌الذکر داشته باشیم و همچنین راهکارهای مناسب در این زمینه ارائه دهیم.

۲- روش‌شناسی

۲-۱ مواد

استات‌روی، فروسیانور پتاسیم، اسیدکلریدریک، سدیم هیدروکسید، اسید استیک گلایسال، فنل‌فتالئین، متیلن‌بلو، هیدروژن پراکسید، n – هگزان، الکل اتیلیک، هیدروکسید پتاسیم، کاغذ صافی بدون خاکستر، اتر دوپطرول، پتاس، متانول، فلوئور برم، بافر سولفات، ستون ایمینوافینیتی، کلروفورم، بروماید پتاسیم، سدیم کلرید، VRB-A،YGC از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

۲-۲ آزمایش فیزیکی

۲-۲-۱ درصد شکستگی

برای انجام این آزمون طبق بند ۹-۲-۲ استاندارد ۱۸۱۹ عمل گردید. بدین منظور نمونه‌های شکسته شده انتخاب و تعداد آنها در صد گرم تعیین شد.

۲-۳- آزمایشات شیمیایی

۲-۳-۱ میزان رطوبت نمونه

در این آزمون پس از یکنواخت کردن نمونه مقدار ۲ گرم از پودر هر نمونه نان‌برنجی بر روی شیشه ساعت‌هایی که قبلاً به وزن ثابت رسیده بود به دقت وزن شد و سپس در آون با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه

1. Huang, Feng et al

تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. پس از سرد کردن در دسیکاتور، نمونه‌ها شد. در نهایت طبق اختلاف وزن، میزان رطوبت تعیین گردید. مقدار رطوبت از دست رفته از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{درصدرطوبت} = \frac{\mathrm{m1} - m2}{m0}$$

m_1: وزن نمونه و ظرف قبل خشک‌کردن

m_2: وزن نمونه و ظرف بعد خشک‌کردن

m_0: وزن نمونه اولیه

۲-۳-۲- اندازه‌گیری درصد قند کل به روش لین‌آینون

برای انجام این آزمایش در ابتدا محلول استات‌روی و محلول فروسیانورپتاسیم آماده شد.

الف) تهیه محلول فروسیانور پتاسیم:

مقدار ۱۰/۶ گرم فروسیانور پتاسیم به‌تدریج در مقداری آب مقطر حل شد. سپس در بالن حجمی ۱۰۰۰ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانیده شد.

ب) تهیه محلول استات‌روی:

مقدار ۲۱/۹ گرم استات‌روی در مقداری آب مقطر حل شد و مقدار ۰/۳۶ میلی‌لیتر اسیداستیک‌گلاسیال به آن افزوده شد. سپس در بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانیده شد.

ج) آماده کردن نمونه برای آزمون قند:

مقدار ۴ گرم از نمونه‌های خرد شده و همگن شده در یک بشر وزن گردید و در حدود ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر کاملاً حل شد و ۲ الی ۳ قطره محلول استات‌روی و مقدار مساوی از محلول فروسیانورپتاسیم به آن اضافه شد. سپس به یک بالن ژوژه ۱۰۰میلی‌لیتری منتقل گردید و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. محلول حاصل کاملاً هم زده شد و سپس به وسیله کاغذ صافی، صاف گردید. از چند میلی‌لیتر اول صرف‌نظر کرده و بقیه برای تعیین قند کل در ظرفی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد میزان ۲۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده قند نمونه‌ها با مقداری آب مقطر در یک بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری رقیق شد. سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر اسیدکلردریک غلیظ به آن افزوده شد. محلول در بن‌ماری ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت زمان ۱۰ دقیقه حرارت داده شد. مدت ۳ دقیقه با حرکت چرخشی و مدت ۷ دقیقه به‌طور ثابت نگه داشته شد. پس از این مدت، ظرف در زیر جریان آب سرد خنک شد و سپس با افزودن سود غلیظ (۲۰ درصد وزنی- حجمی) و بعد هم سود ۰/۱ نرمال در حضور شناساگر فنل‌فتالئین تا

حصول رنگ صورتی کم‌رنگ خنثی گردید. محتوای بالن با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد و سپس به بورت ۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید.

از طرفی از محلول فهلینگ هرکدام به‌میزان ۵ میلی‌لیتر با پیپت برداشته و درون ارلن ریخته شد؛ سپس میزان ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. سپس ارلن روی توری بالای شعله قرار داده شد تا محتوای آن به‌جوش آید. پس از مدت زمان یک دقیقه جوشش محتوای ارلن میزان دو قطره شناساگر متیلن‌بلو ۰/۲ درصد به آن افزوده شد و در حال جوشش از محلول قند استاندارد درون بورت قطره‌قطره به‌محتوای ارلن افزوده شد و پس از افزودن هر قطره، ارلن را چرخانیده شد. به‌محض ایجاد رنگ قرمز آجری پایدار در محتوای ارلن، از روی شعله برداشته شد و حجم محلول قند مصرفی در تیتراسیون از روی بورت خوانده و یادداشت گردید. سپس مقدار قند مصرفی از فرمول زیر به‌دست آمد:

$$\text{درصدقند} = \frac{A \times 100 \times 100}{V \times m \times 25 \times 1000} \times 100$$

A: عیار فهلینگ تصحیح شده برحسب قند اینورت

V: حجم محلول قند مصرف شده

m: وزن نمونه مورد آزمون

۲-۳-۳- اندازه‌گیری خاکستر

۵ گرم از نمونه مورد آزمایش با دقت توزین شد و در یک بوته‌چینی که قبلاً به وزن ثابت رسیده و توزین شده بود قرار داده شد. سپس بوته‌چینی روی شعله حرارت داده شد و سوزانیده شد تا به زغال تبدیل شد. سپس کپسول حاوی باقی‌مانده سوخته به کوره الکتریکی با دمای ۵۷۰-۵۵۰ درجه سلسیوس منتقل گردید و تا سفید شدن کامل محتویات، در کوره نگه داشته شد. لکه‌های کربن سیاه به‌دلیل اکسیداسیون ناقص وجود دارد که نمونه‌ها در بوته باقی ماند، کوره خاموش شد و اجازه داده شد تا نمونه‌ها خنک شود. سپس چند قطره هیدروژن پراکسید به‌طور مستقیم روی لکه‌های نسوخته ریخته شد و دوباره کوره را روشن کرده و تا سفید شدن کامل محتویات در کوره نگه داشته شد. بعد بوته‌چینی از کوره بیرون آورده شد و در دسیکاتور قرار داده شد و پس از سرد شدن به‌دقت توزین گردید. سپس درصد خاکستر نمونه طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد خاکستر} = \frac{M_1 - M_2}{M} \times 100$$

M_1: وزن بوته‌چینی حاوی خاکستر

M_2: وزن بوته‌چینی خالی

M: وزن نمونه

۲-۳-٤ اندازه‌گیری درصد چربی به‌روش سوکسله

۲۰ گرم از نمونه آرد شده نان‌برنجی وزن شد و به یک ظرف رطوبت انتقال یافت و مدت ۴ ساعت در آون۱±۱۰۵درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس آن را بین کاغذ صافی پیچیده و در داخل کارتوش قرار داده شد و به دستگاه سوکسله منتقل گردید و به مدت 3 الی 4 ساعت با اتر دوپطرول چربی آن استخراج گردید. سپس حلال آن در حمام آب تبخیر و خارج شد. آثار حلال موجود در چربی استخراج شده در بالن قرار داده شده و به‌وسیله حرارت دادن به مدت نیم تا یک ساعت در اتو گرم 4 که در آن هوا دمیده می‌شود خارج گردید؛ سپس در دسیکاتور وزن گردید.

۲-۳-۵- اندازه‌گیری اسیدیته چربی نان‌برنجی

مقدار مناسبی از نمونه همگن و یکنواخت شده نان‌برنجی در یک بشر ریخته شد و حدود ۵۰ میلی‌لیتر محلول n-هگزان به آن اضافه گردید. سپس به کمک یک همزن شیشه‌ای به‌خوبی مخلوط شد، به‌طوری که روغن موجود در نمونه در n- هگزان حل شد. پس از گذشت ۱۵ دقیقه استراحت لایه رویی صاف گردید. محلول صاف شده به وسیله دستگاه بن‌ماری ۵۰ درجه سانتی‌گراد تبخیر گردید و روغن استخراج شده برای آزمون عدد پراکسید اسیدیته و آزمون کرایس به کار برده شد. مقدار دو و نیم تا سه و نیم‌گرم از روغن استخراج شده با دقت توزین گردید. سپس نمونه به یک ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد. ۵۰ میلی‌لیتر الکل‌اتیلیک خنثی شده جوشان و حدود سه قطره شناساگر فنل‌فتالئین به آن افزوده شد. این مخلوط‌ها در حالی که داغ بود با محلول هیدروکسیدپتاسیم استاندارد شده تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ پایدار تیتر شد. میزان اسیدیته روغن استخراج شده موجود در ۱۰۰ گرم چربی نمونه مورد آزمایش، بر حسب اسید اولئیک با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{درصد اسیدیته روغن استخراجی} = \frac{28/2 \times V \times N}{W} \times 100$$

V: حجم محلول هیروکسید پتاسیم استاندارد مصرف شده در تیتراسیون، به میلی‌لیتر؛

N: نرمالیته محلول هیدروکسید پتاسیم استاندارد؛

W: وزن روغن استخراجی مورد آزمایش به گرم.

۲-۳-٦- اندازه‌گیری اندیس پراکسید

مقدار ۵ گرم چربی استخراج شده در ارلن‌مایر در سمبادهای ۲۵۰ میلی‌لیتری وزن شد و ۳۰ میلی‌لیتر مخلوط کلروفرم و اسید استیک به آن افزوده شد. مخلوط حاصل به مدت یک دقیقه در حالت استراحت قرار داده شد بماند و گاه‌گاهی هم‌زده شد. بعد مقدار ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و با محلول یک‌دهم نرمال هیپوسولفیت تیتر گردید. وقتی رنگ محلول زرد شد مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته به آن افزوده شد و تا از بین رفتن رنگ آبی در محلول تیتراسیون ادامه پیدا کرد. سپس عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی والان اکسیژن فعال در کیلوگرم روغن طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{درصدپراکسید} = \frac{1000 \times N \times (Vs - Vb)}{W}$$

که در آن:

V_b: حجم هیپوسولفیت سدیم مصرفی(ml) برای شاهد

V_s: حجم هیپوسولفیت سدیم مصرفی (ml) برای نمونه آزمون

N: نرمالیته محلول هیپوسولفیت سدیم

W: وزن چربی (gr)

۲-۳-۷- اندازه‌گیری اندیس کرایس (تندی)

مقدار ۵۰ میلی‌گرم از چربی استخراج شده در داخل لوله آزمایش ریخته شد و به آن ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک خالص اضافه شد. در لوله آزمایش بسته شد و سپس با احتیاط به مدت ۳۰ ثانیه هم‌زده شد. پس از باز کردن در لوله مقدار ۵ میلی‌لیتر فلوروگلوسینول یک درصد در اتر اتیلیک به آن افزوده شد. دوباره در لوله آزمایش را بسته و مدت ۳۰ ثانیه با احتیاط هم زده شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه ماند. ظاهر شدن طبقه اسیدی قرمز یا ارغوانی نشان دهنده مثبت بودن آزمون است.

۲-۳-۸- تعیین پروفایل اسیدهای چرب موجود در نان‌برنجی با استفاده از روش کروماتوگرافی (GC)

یک گرم از روغن به‌دست آمده در یک بالن با ۲۰ میلی‌لیتر پتاس متانولی یک درصد وزنی حجمی، به مدت ۲۵ دقیقه، رفلاکس و سپس ۱۲ میلی‌لیتر فلوئو برم از طریق مبرد به‌محتویات بالن اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه به آرامی، جوشانده شد. پس از قطع حرارت، به فاز آبی محلول نمک‌طعام افزوده گردید. فاز هگزان بالایی که حاوی اسیدهای چرب متیل استر شده بود را برداشته و بلافاصله مقدار یک میکرولیتر به‌دستگاه گاز کروماتوگرافی GC/FID تزریق شد.

دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Varian،CP-3800 مجهز به‌آشکار ساز یونیزاسیون شعله‌ای FID ستون موئینه، (Bpx 70, Melbournt،Australia, SGE) از جنس سیلیکای ذوب شده از نوع فاز پیوندی (طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ستون ۰/۲۲ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ متر) بود. از گاز هلیوم با فشار ۲۵ بار با درجه خلوص ۹۹/۹۹ درصد به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. دمای دتکتور و انژکتورFID به‌ترتیب ۲۵۵ و ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد بود. برنامه دمایی دستگاه در ابتدا ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم‌دقیقه و سپس ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به‌مدت ۲ دقیقه و در نهایت 200 درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به‌مدت ۹۰ دقیقه بود. شدت جریان گازهای نیتروژن، هیدروژن و هوا در FID دتکتور به‌ترتیب ۲۵، ۳۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. پس از تزریق نمونه به‌دستگاه کروماتوگرافی گازی، منحنی رسم شده و زمان بازداری مربوط به هر اسیدچرب با منحنی مربوط به اسیدچرب استاندارد و زمان بازداری آن مقایسه گردید. به این ترتیب نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در نمونه مورد آزمایش مشخص شد (قضنوی و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

۲-۳-۹- استخراج آفلاتوکسین از نمونه‌ها

مقدار ۵۰ گرم از نمونه همگن و توزین شد و سپس ۸۰ میلی‌لیتر محلول متانول-آب و ۵ گرم NaCl اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۵ دقیقه برروی استیرر قرار داده شد. در ادامه سوسپانسیون حاصله از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و ۱۴ میلی‌لیتر از محلول صاف شده به داخل ارلن منتقل شد و با ۸۶ میلی‌لیتر بافر سولفات مخلوط گردید تا ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول رقیق شده به‌دست آید. سوسپانسیون حاصله از کاغذ صافی GFF عبور داده شد و ۴ میلی‌لیتر از عصاره رقیق شده برای عبور از ستون ایمونوافینیتی در ویال شیشه‌ای تیره جمع‌آوری شد.

تخلیص آفلاتوکسین نمونه‌ها: مرحله تخلیص بر اساس دستورالعمل ستون ایمونوافینیتی AFB1 انجام شد. ۴ میلی‌لیتر از عصاره رقیق شده با ۲۴ میلی‌لیتر آب متانول (۱۹/۲متانول - ۴/۸ آب) و ۸ میلی‌لیتر n- هگزان اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۵ دقیقه با دور بالا برروی استیرر گذاشته شد. ۴ میلی‌لیتر از سوسپانسیون حاصله در میکروتیوب ریخته و مخلوط حاصله به‌مدت پنج دقیقه با دور ۳۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. سپس ۳۰۰ میکرولیتر کلروفورم اضافه شد و به‌مدت ۵ دقیقه با شیکر هم‌زده شد. در مرحله بعد ۶ میلی‌لیتر آب حاوی بروماید پتاسیم اضافه شد و مخلوط حاصله به‌مدت ۵ دقیقه با دور ۵۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. در نهایت مقدار ۱۰ میکرولیتر از نمونه به‌دستگاه HPLC تزریق شد. این دستگاه مجهز به ستون C_{18} با ابعاد ۲۵۰ × ۴/۶ میلی‌متر، اندازه ذره‌ای ۵ میکرون و شناساگر فلورسانس با طول موج بین ۳۶۰ تا ۴۴۰ نانومتر است. فاز متحرک شامل متانول ۷۰ درصد با سرعت جریان عبوری ۱ میلی‌لیتر در دقیقه می‌باشد و در نهایت نمودار کالیبراسیون ترسیم گردید (اسمیت و همکاران[2]، ۲۰۰۴).

۲-۳-۱۰- اندازه‌گیری فلزات سنگین نان‌برنجی

1. Ghazavi, Rahimi et al.
2. Smith, Daifas et al.

مقدار ۶ گرم از هر نمونه روی شعله قرار گرفته و بعد از مرحله خاکسترسازی مقدماتی، بوته‌ها به‌مدت ۸ ساعت در دمای ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد داخل کوره قرار گرفتند. در مورد نمونه‌های سرب و کادمیم مقدار ۵۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ مولار و ۱۰ الی ۳۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۱ مولار اضافه گردید، سپس محتویات درون بوته‌ها با کاغذ صافی واتمن صاف شد و محلول به‌دست آمده در بالن حجمی ۵۰ میلی‌لیتر به حجم رسانده شد. در نهایت به کمک دستگاه طیف‌سنج جرمی میزان فلزات به‌دست آمد. در این دستگاه سرعت جریان عبوری نمونه ۰/۸ لیتر در دقیقه، سرعت جریان گاز کمکی ۱۵ لیتر در دقیقه، میزان جذب نمونه ۱/۵ میلی‌لیتر در دقیقه و قدرت آن ۱۳۰۰ وات بود (اسکندی و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

۲-۳-۱۱ اندازه‌گیری مقدار کروسین در نان‌برنجی زعفرانی

برای اندازه‌گیری کروسین و کورکومین موجود در نمونه‌های نان‌برنجی زعفرانی از روش استاندارد ملی شماره ۲-۲۵۹ (زعفران و روش‌های آزمون) استفاده شد. لازم به‌ذکر است مقدار کروسین در نمونه‌های کنترل جهت مقایسه با نمونه‌های نان‌برنجی به‌صورت میانگین ۱۲/۵۵ میکروگرم/گرم بود.

۲-٤ آزمایشات میکروبی

بررسی ویژگی‌های میکروبی نان‌برنجی

برای شناسایی باکتری‌های انتروباکتریاسه از روش استاندارد ملی شماره ۲۴۶۱ و برای شناسایی کپک‌ها در نمونه از استاندارد ملی ۱۰۸۹۹-۳ استفاده گردید. نتایج به‌دست آمده از این آزمون با استاندارد ملی شماره (۲۳۹۵) مقایسه می‌شود. برای تشخیص انتروباکتریاسه بعد از تهیه سوسپانسیون اولیه و غنی‌سازی در محیط BPW (Buffered peptone water)، کشت به‌دست آمده به‌محیط کشت ویولت رد بایل گلوکز (VRBG) تلقیح و در دمای °C ۳۷ گرمخانه‌گذاری شد. کلنی‌های انتروباکتریاسه پس از ۲۴ ساعت بررسی و شمارش شد. برای تشخیص کپک‌ها و مخمرها یک میلی‌لیتر از رقت‌های تهیه شده به‌صورت پورپلیت در محیط کشت YGC (Yeast extract chloramphenicol) کشت داده شد و پس از گرمخانه‌گذاری پلیت‌ها در شرایط هوازی در دمای °C ۲۵ به‌مدت زمان ۵ روز کلنی‌ها بررسی و شمارش گردید (روحیما و همکاران[2]، ۲۰۲۱).

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

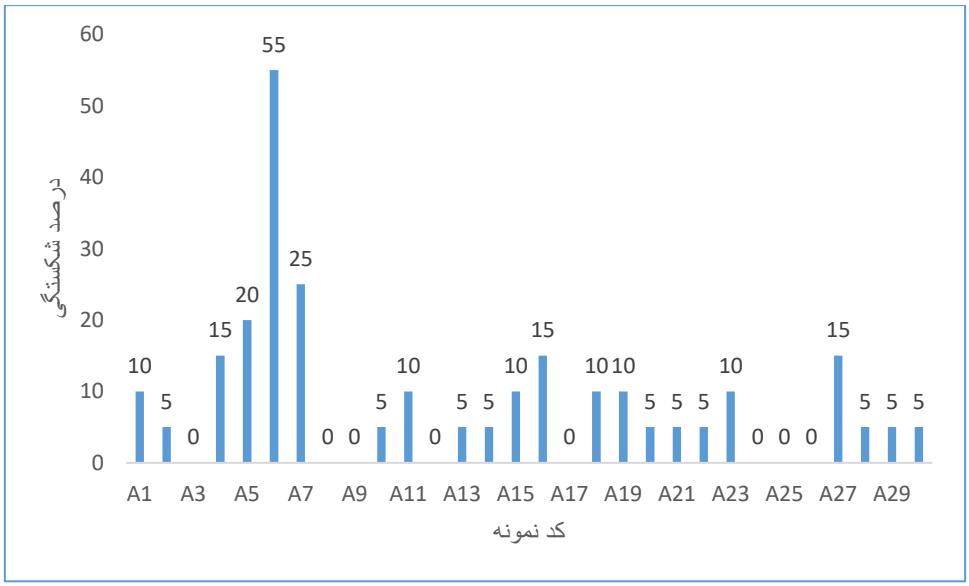
تمامی آزمایشات در سه تکرار (n=3) با نمونه‌گیری کاملاً تصادفی انجام شد. آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه دانکن با استفاده از نرم افزار $SPSS_{16}$ در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام گرفت.

1. Skendi, Papageorgiou et al.
2. Rohimah, Setiawan et al.

۳- یافته‌ها

۳-۱- درصد شکستگی

نتایج مربوط به اندازه‌گیری درصد شکستگی نان‌برنجی‌های مورد آزمون در نمودار ۱ بیان شده است. نتایج نشان داد که از ۳۰ نمونه با برند مختلف نان‌برنجی مورد آزمون، نمونه A6 با ۵۵ درصد شکستگی بیشترین میزان شکستگی را داشت. همچنین نتایج نشان داد که ۸ نمونه یا به عبارتی ۲۶/۶۶ درصد از نمونه‌های مورد بررسی بدون شکستگی بودند (درصد شکستگی صفر).



نمودار.۱ درصد شکستگی نمونه‌های نان‌برنجی استان کرمانشاه

۳-۲- رطوبت نان‌برنجی

مقدار رطوبت نمونه‌های مورد آزمون در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که درصد رطوبت، تعداد ۹ نمونه نان برنجی (۳۰ درصد) از کل نمونه‌های مورد بررسی در دامنه رطوبت استاندارد قرار داشت. بیشترین و کمترین میزان رطوبت به‌ترتیب در نمونه‌های نان برنجی با کد A_8 و A_{11} با مقادیر ۱۰/۳۶ و ۱/۱۷ مشاهده شد. از ۲۱ نمونه باقیمانده با رطوبت خارج از استاندارد، ۱۷ نمونه (۵۶/۶۶ درصد) با رطوبت زیر ۴ درصد وجود داشت. علاوه‌براین، از کل نمونه‌ها، ۴ نمونه (۱۳/۳۳ درصد) رطوبت بالای ۵ درصد داشتند.

۳-۳- درصد قند کل نان‌برنجی به‌روش لین‌آینون

نتایج مربوط به اندازه‌گیری درصد قند کل نان‌برنجی‌های مورد آزمون در جدول ۱ بیان شده است. نتایج آنالیز نشان داد که درصد وزنی قند کل در تمامی نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون کمتر از حدود استاندارد تعریف شده برای کلوچه بود. کمترین و بیشترین درصد وزنی قند کل به‌ترتیب در نمونه‌های A_9 و A_1 با مقادیر ۸/۳۴ و ۲۰/۵۲ مشاهده شد.

۳-٤- خاکستر نان‌برنجی

نتایج مربوط به اندازه‌گیری خاکستر نان‌برنجی‌های مورد آزمون در جدول ۱ بیان شده است. نتایج نشان داد که بیشترین میزان خاکستر کل مربوط به‌نمونه A_9 با مقدار ۰/۳۶ درصد بود. همچنین کمترین میزان خاکستر کل در نمونه A_6 با مقدار ۰/۱۰ درصد مشاهده شد. علاوه براین، کمترین و بیشترین درصد خاکستر نامحلول در اسید، در نمونه‌های A_5 و A_{27} با مقادیر ۰/۰۱ و ۰/۰۷ درصد بود. درصد خاکستر محلول در اسید، در ۱۰۰ درصد نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون کمتر از حد مجاز تعریف شده در استاندارد این محصول بود.

جدول. درصد رطوبت، خاکستر، خاکستر نامحلول و قند در نمونه‌های نان‌برنجی استان کرمانشاه.

کد نمونه	قند کل (٪)	خاکستر نامحلول در اسید (٪)	خاکستر کل (٪)	رطوبت (٪)
A_1	۲۰/۵۲	۰/۰۳	۰/۱۲	۳/۲۱
A_2	۱٦/٥٤	۰/۰٤	۰/۲۰	۳/۳۳
A_3	۱۸/۳۲	۰/۰۲	۰/۱۱	۳/٤۱
A_4	۱۸/۳۳	۰/۰۲	۰/۱۷	٤/۳٥
A_5	۱۷/۸۷	۰/۰۱	۰/۱٦	٥/٤۷
A_6	۱۹/۰۰	۰/۰٦	۰/۱۰	٤/۷٦
A_7	۱٦/٥٤	۰/۰٥	۰/۱۲	۳/۳
A_8	۱۹/۱۱	۰/۰٤	۰/۱٦	۱۰/۳٦
A_9	۸/۳٤	۰/۰٤	۰/۳٦	۳/٤۷
A_{10}	۸/٥٥	۰/۰٦	۰/۳۲	٤/۹۹
A_{11}	۱۲/۲۷	۰/۰٥	۰/۱٥	۱/۱۷
A_{12}	۱۳/۹۲	۰/۰۳	۰/۳۲	۱/٦٤
A_{13}	۱۱/۲۰	۰/۰٥	۰/۲۸	٤/۹۰
A_{14}	۸/۹۰	۰/۰٤	۰/۳٤	۲/٦٥
A_{15}	۹/۱۲	۰/۰٦	۰/۲۹	۳/۹۳
A_{16}	۱۰/٦۸	۰/۰٤	۰/۲۱	۲/۲٥

A_{17}	۱٤/۳٤	۰/۰۲	۰/۱٦	٤/۷۷
A_{18}	۱۷/۲٦	۰/۰٦	۰/۱٤	۲/۸۹
A_{19}	۱۹/٤٦	۰/۰٥	۰/۱۲	۳/۲۰
A_{20}	۱۳/۸۲	۰/۰٥	۰/۱٥	٦/٤۹
A_{21}	۱۲/٦٥	۰/۰٤	۰/۱۳	۳/٦٤
A_{22}	۱۷/٦۳	۰/۰۳	۰/۳٤	٤/۷۷
A_{23}	۱٤/۳۷	۰/۰٦	۰/۱۸	۲/۷۷
A_{24}	۱٦/٥۷	۰/۰٤	۰/۱٤	٥/۹۲
A_{25}	۱۲/٥٥	۰/۰۲	۰/۱۲	٤/٤۲
A_{26}	۱۰/۲۷	۰/۰٤	۰/۲۳	۲/۲۹
A_{27}	۹/۸۹	۰/۰۷	۰/۱۱	٤/٥۸
A_{28}	۱۲/٥٥	۰/۰٥	۰/۱۳	۳/۹٤
A_{29}	۱۹/۷۸	۰/۰٤	۰/۲٦	۳/۸۱
A_{30}	۱٦/۲۹	۰/۰٦	۰/۲۹	٤/٦۳

۳-٥- درصد چربی نان‌برنجی

نتایج مربوط به درصد چربی استخراجی از نان‌برنجی‌های مورد آزمون در جدول ۲ بیان شده است. نتایج نشان داد که از ۳۰ نمونه نان‌برنجی با برند مختلف، ۲۷ (۹۰ درصد) نمونه‌ها درصد چربی بالاتر از میزان مجاز در استاندارد کلوچه است.

۳-٦- اسیدیته چربی نان‌برنجی

نتایج مربوط به‌اندازه‌گیری اسیدیته چربی استخراجی از نان‌برنجی‌های مورد آزمون در جدول ۲ بیان شده است. نتایج نشان داد که ۴ نمونه (۳۳/۱۳ درصد) از کل نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون دارای اسیدیته بالای۱ گرم درصد (بیش از حد استاندارد مجاز) می‌باشند؛ از این میان بیشترین میزان اسیدیته مربوط به‌نمونه A_2 با ۱/۴۴ گرم درصد روغن استخراجی می‌باشد. کمترین میزان اسیدیته در نمونه‌های A_1 و A_4 با میزان ۰/۲۹گرم درصد روغن استخراجی بود. ۶/۶۷ درصد از نمونه‌های آنالیز شده اسیدیته بالای ۰/۹۰ گرم درصد (نزدیک به حداکثر مقدار مجاز) داشتند.

۳-۷- اندیس پراکسید نان‌برنجی

نتایج مربوط به اندازه‌گیری اندیس پراکسید چربی استخراجی از نان‌برنجی‌های مورد آزمون در جدول ۲ بیان شده است. براساس استاندارد مذکور و نتایج به‌دست آمده از آنالیز روغن استخراجی از نان‌برنجی، اندیس پراکسید تمامی نمونه‌ها پایین‌تر از حداکثر مجاز در صورت استفاده از روغن حیوانی است. همچنین ۶/۶۷ درصد از نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون اندیس پراکسید بالاتر از میزان مجاز در صورت استفاده از روغن‌های گیاهی داشتند. نان برنجی‌های مورد آنالیز دارای سطح مطلوبی از نظر میزان مجاز اندیس پراکسید قرار داشتند.

۳-۸- اندیس کرایس (تندی) نان‌برنجی

نتایج مربوط به تندی چربی استخراجی از نان‌برنجی‌های مورد آزمون در جدول ۲ بیان شده است. نتایج نشان داد که اندیس کرایس در ۷ نمونه (۲۳/۳۳ درصد) از روغن استخراجی از برندهای مختلف نان‌برنجی، مثبت بود. در ۷۶/۶۷ درصد از نمونه‌ها اندیس کرایس منفی بود.

جدول۲. درصد چربی، اسیدیته، اندیس پراکسید و اندیس کرایس چربی استخراجی از برندهای مختلف نان‌برنجی استان کرمانشاه

کد نمونه	درصد چربی	اسیدیته چربی	اندیس پراکسید	اندیس کرایس
A_1	۲۷/۰۳	۰/۲۹	۱/۲۳	منفی
A_2	۳۲/٦۵	۱/٤٤	۵/۷۹	مثبت
A_3	۲٦/۳٦	۱/۰۱	٤/۷٦	مثبت
A_4	۲۵/۸۸	۰/۲۹	۱/۱۲	منفی
A_5	۲۸/۵	۰/۸٦	۲/٦۵	منفی
A_6	۳۲/۳	۰/۹۸	۳/٤۷	مثبت
A_7	۳۱/٦	۰/٤٤	۱/۹۰	منفی
A_8	۳۰/۷	۰/۵۵	۱/٦۳	منفی
A_9	۳۰/۹۸	۰/۵۵	۲/۰۲	منفی
A_{10}	۲۷/۵٤	۰/۷۰	۲/۸۸	منفی
A_{11}	۳۱/۲۹۵	۰/۸۱	۲/٤۳	مثبت
A_{12}	۳۰/۰۷۵	۰/۷۲	۲/۱٤	منفی
A_{13}	۲۲/٦٤۵	۰/۸٤	۲/۸۲	منفی

A_{14}	۲۵/٦۹	۱/۰۲	۵/۳٤	مثبت
A_{15}	۲۵/۲۲	۰/۸٦	۲/۷۷	منفی
A_{16}	۳۲/۸۱	۰/۸۹	۳/۲٦	منفی
A_{17}	۲٦/٤۹	۰/٦۵	۲/۱۹	منفی
A_{18}	۳۱/۵٦	۰/۷۷	۲/۸٦	منفی
A_{19}	۲۱/۸۸	۰/۵۸	۱/۷۵	منفی
A_{20}	۲٤/۳۹	۰/٦۳	۱/۹۳	منفی
A_{21}	۱۹/۷۲	۰/۵٤	۱/۳۷	منفی
A_{22}	۲/۹٦	۰/٤۷	۱/۰٦	منفی
A_{23}	۲۳/٦۱	۰/۸۷	۳/۱٦	منفی
A_{24}	۱۸/۸۳	۰/۹۲	٤/۲۸	مثبت
A_{25}	۲۵/۵٦	۰/۳۳	۰/۸۵	منفی
A_{26}	۲٦/۳٤	۱/۱۲	٤/۷۸	مثبت
A_{27}	۲۹/۵۲	۰/۵۳	۰/۹۵	منفی
A_{28}	۲۷/٦۵	۰/۵۵	۱/۲٤	منفی
A_{29}	۳۰/٤۹	۰/۷۳	۱/۸۸	منفی
A_{30}	۳۲/٦۷	۰/٦۳	۱/۹۳	منفی

۳-۹- پروفایل اسیدهای چرب، چربی استخراج شده از نان‌برنجی به روش کروماتوگرافی (GC)

پروفایل اسیدهای چرب روغن استخراجی از برندهای مختلف نان‌برنجی استان کرمانشاه در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تمامی روغن‌های استخراجی از نظر نوع و میزان اسیدهای چرب پروفایل مشابهی داشتند. میانگین پروفایل اسیدهای چرب روغن استخراجی از نمونه‌ها بدین صورت بود: مریستیک اسید (C14:0) ۰/۸۴۷، پالمتیک اسید (C16:0) ۲۲/۹۶۶، استئاریک اسید (C18:0) ۸/۴۳، اولئیک اسید (C18:1) ۲۸/۴۴، لینولئیک اسید (C18:2) ۲۹/۷۸، لینولنیک اسید (C18:3) ۳/۶۵، إلائیدیک اسید (C18:1 Trans) ۲/۷۲، ترانس لینولئیک اسید (C18:2 Trans) ۱/۴۵ درصد. همه نمونه‌ها دارای مقادیر قابل تشخیص اسیدهای چرب ترانس بودند. میانگین کل اسیدهای چرب ترانس نمونه‌ها ۴/۲۹۶ درصد بود. به‌طورکلی درصد اسیدهای چرب ترانس

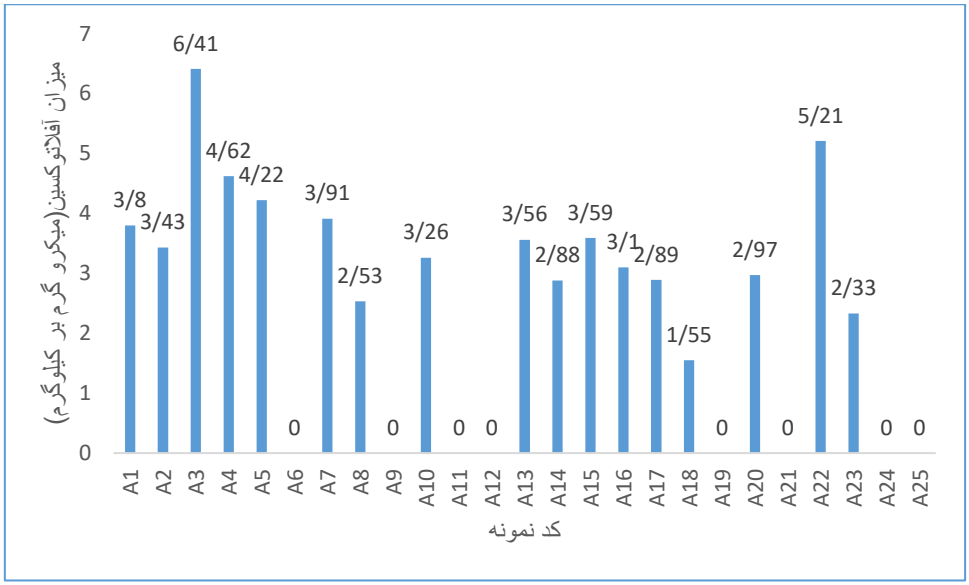
بررسی شده در تمامی محصولات کمتر از ۶ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد میانگین کل اسیدهای چرب اشباع شده در تمامی نمونه‌های روغن استخراجی ۳۲/۸۶۵ درصد بود.

جدول۳. پروفایل اسیدهای چرب روغن استخراجی از برندهای مختلف نان‌برنجی استان کرمانشاه

کد نمونه / نوع اسید چرب	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
C4:0	0.2	0	0	0	0	0.4	0.19	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0
C6:0	0.28	0	0	0	0	0.34	0.16	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0
C8:0	0.19	0	0	0	0	0.28	0.14	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0
C10:0	0.42	0	0	0	0	0.61	0.32	0.29	0	0	0	0	0	0	0	0
C12:0	0.5	0.11	0.06	0.05	0.06	0.78	0.42	0.42	0.11	0.09	0.13	0.07	0.06	0.06	0.11	0.08
C14:0	1.88	0.55	0.41	0.35	0.42	2.97	1.61	1.61	0.43	0.42	0.63	0.43	0.38	0.33	0.64	0.49
C16:0	21.87	20.71	21.23	19.87	21.73	28.22	23.21	25.27	22	21.82	23.05	22.69	20.98	19.03	30.38	25.39
C17:0	0.18	0.12	0.18	0.11	0.05	0.25	0.22	0.17	0.11	0.12	0.13	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11
C18:0	8.74	7.64	8.22	7.79	7.72	8.78	8.88	8.25	8.07	8.5	9.05	9.52	9.21	8.73	8.22	7.82
C16:1	0.35	0.17	0.18	0.14	0.28	0.49	0.34	0.32	0.21	0.15	0.16	0.15	0.12	0.14	0.16	0.16
C18:1	27.74	27.01	27.44	27.42	27.7	29.86	27.87	28.47	27.25	29.81	29.24	28.51	28.19	28.1	31.18	29.2
C18:2	28.52	33.43	33.14	35.18	31.86	19.36	27.88	26.71	33.41	30.72	28.81	29.61	31.45	34.35	23.95	28.13
C18:3	3.45	4.32	4.34	4.53	3.96	2.05	3.44	3.35	4.26	3.65	3.76	3.63	3.81	4.18	2.35	3.28
C18:1 Trans	2.4	3.32	2.95	2.58	3.64	2.36	2.82	2.48	2.21	2.32	2.9	2.9	2.9	2.64	1.76	3.33
C18:2 Trans	1.59	1.7	1.24	1.35	2.06	1.58	1.27	1.18	1.18	1.72	1.46	1.45	1.52	1.58	0.81	1.48
C18:3 Trans	0	0.22	0.14	0.15	0	0	0.23	0.12	0.09	0.18	0.18	0.15	0.15	0.19	0.12	0.13
Others	1.69	0.7	0.47	0.48	0.52	1.67	1	0.8	0.67	0.5	0.5	0.77	1.12	0.55	0.21	0.4
∑ SFA	34.26	29.13	30.1	28.17	29.98	42.63	35.15	36.57	30.72	30.96	32.99	32.83	30.74	28.27	39.46	33.89
∑ Trans FA	3.99	5.24	4.33	4.08	5.7	3.94	4.32	3.78	3.48	4.22	4.54	4.5	4.57	4.41	2.69	4.54

۳-۱۰- میزان آفلاتوکسین B1 نان‌برنجی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین B1 نمونه‌های نان‌برنجی استان کرمانشاه در نمودار ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در ۳۲ درصد از نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون آفلاتوکسین B1 قابل تشخیص نبود. بیشترین میزان این مایکوتوکسین در نمونه‌های مورد آزمون ۶/۴۱ میکروگرم برکیلوگرم بود؛ که در حدود مجاز استاندارد جهانی قرار دارد. با این وجود ۸ درصد از نمونه‌های مورد آزمون سطح آفلاتوکسین بالاتر از استاندارد ایران را داشتند.



نمودار۲. میزان آفلاتوکسین B1 نمونه‌های نان‌برنجی استان کرمانشاه

۳-۱۱- فلزات سنگین نان‌برنجی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فلزات سنگین نان‌برنجی‌های استان کرمانشاه در جدول ۵ نشان داده شده است. برای این منظور از میان فلزات سنگین مخاطره‌آمیز میزان کادمیوم، جیوه، کبالت، سرب، آرسنیک، قلع، آلومینیوم، نیکل و کروم اندازه‌گیری شد. حد مجاز مصرف تعدادی از فلزات سنگین از جمله کروم ۷۰ میکروگرم در روز تعیین شده است. نتایج نشان داد که عناصر کادمیوم، جیوه و کبالت در تمامی نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون مشاهده نشد. همچنین سطح سایر فلزات سنگین مورد آزمون کمتر از میزان مجاز تعیین شده است. علاوه براین، میزان فلزات قلع و آلومینیوم در تمامی نمونه‌ها مثبت اعلام شد.

جدول۵. میزان فلزات سنگین نمونه‌های نان برنجی استان کرمانشاه

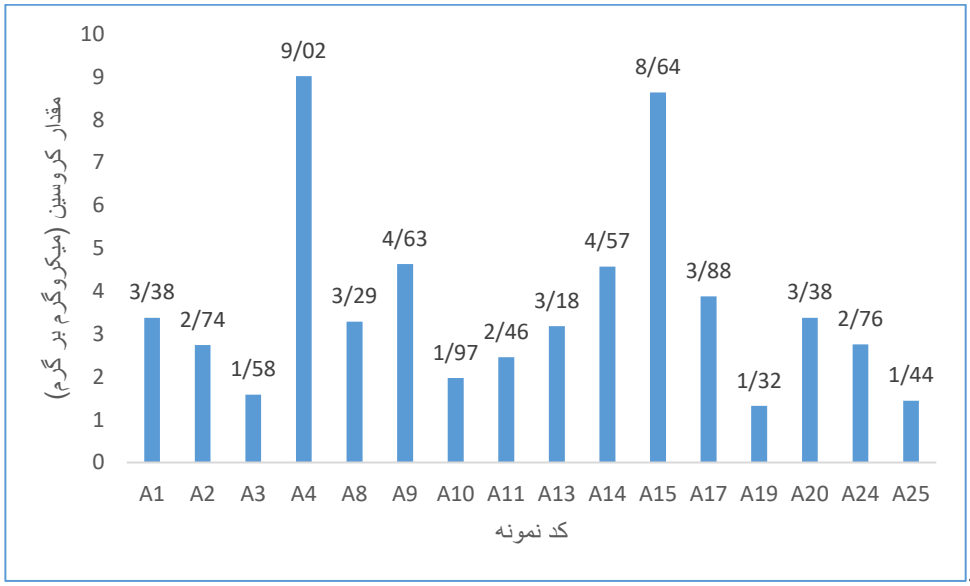
کد نمونه	کادمیوم (ppb)	جیوه (ppb)	کبالت (ppb)	آرسنیک (ppb)	قلع (ppb)	آلومینیوم (ppb)	سرب (ppb)	نیکل (ppb)	کروم (ppb)
A1	ND	ND	ND	ND	۰/۹۵	۲۴/۲۷	ND	۰/۹	۲/۲
A2	ND	ND	ND	۰/۷	۰/۸۱	۱۲/۵۲	ND	۰/۶	۱/۲
A3	ND	ND	ND	۰/۹	۰/۹۳	۱۴/۳۳	ND	ND	۱/۴
A4	ND	ND	ND	ND	۰/۷۶	۱۰/۷۳	ND	۰/۸	۱/۱
A5	ND	ND	ND	۲/۳	۰/۸۳	۱۱/۳۷	ND	۰/۷	۰/۹
A6	ND	ND	ND	۰/۶	۰/۴۷	۸/۸۹	ND	۰/۷	۰/۸
A7	ND	ND	ND	۱/۴	۰/۶۸	۱۱/۳۴	ND	۰/۸	۱/۱
A8	ND	ND	ND	ND	۰/۹۰	۱۴/۶۸	ND	۰/۶	۰/۹
A9	ND	ND	ND	۰/۹	۰/۴۵	۴۳/۴۴	ND	ND	۰/۲
A10	ND	ND	ND	۱/۱	۰/۲۶	۱۲/۷۸	ND	ND	ND
A11	ND	ND	ND	۱/۲	۰/۴۷	۱۷/۴۸	ND	ND	ND
A12	ND	ND	ND	۲/۴	۰/۷۷	۲۳/۱۲	ND	۰/۰۴	۲۰
A13	ND	ND	ND	۳/۰	۰/۶۵	۱۵/۴۷	ND	۰/۰۷	ND
A14	ND	ND	ND	۲/۹	۰/۳۴	۱۱/۷۷	۱/۲	ND	ND
A15	ND	ND	ND	۳/۴	۰/۸۲	۲۱/۵	۱	ND	۰/۶
A16	ND	ND	ND	۲/۷	۱/۰۲	۳۴/۷۲	۰/۶	۰/۰۴	ND

A17	ND	ND	ND	١/٤	٠/٥٦	١٣/٨١	ND	٠/٥	٣/٥
A18	ND	ND	ND	ND	٠/٩٦	١٩/٤٤	ND	ND	ND
A19	ND	ND	ND	٠/٨	٠/٧٤	١٥/٦٥	ND	٠/٠٩	١١/٥
A20	ND	ND	ND	٠/٧	٠/٨٩	١٣/٢٧	ND	٠/٣	ND

ND: Not Detected* = پیدا نشد

۳-۱۲- مقدار کروسین در نمونه‌های نان‌برنجی زعفرانی

نتایج مربوط به اندازه‌گیری میزان کروسین (رنگدانه زعفران) نمونه‌های نان‌برنجی زعفرانی استان کرمانشاه در نمودار ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در تمامی نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون کروسین مشاهده شد. ۷ نمونه نان‌برنجی زعفرانی مورد آنالیز با محتوی کروسین پایین (میانگین= ۲/۰۴ میکروگرم بر گرم) مشاهده شد.



نمودار۳. مقدار کروسین نمونه‌های نان برنجی استان کرمانشاه

۳-۱۳- خواص میکروبی نان‌برنجی

نتایج مربوط به آزمون های میکروبی نمونه‌های نان‌برنجی زعفرانی استان کرمانشاه در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در تمامی نمونه‌ها انتروباکتریاسه منفی بود. در ۹۵ درصد از نمونه‌های مورد آزمون کپک و مخمر مثبت بود.

جدول۷. خواص میکروبی نمونه‌های نان‌برنجی استان کرمانشاه

کد نمونه	نوع	انتروباکتریاسه Cfu/g	کپک Cfu/g
A_1	مخصوص زعفرانی	منفی	$۱\times۱۰^{+۱}$
A_2	زعفرانی	منفی	$۲\times۱۰^{+۱}$
A_3	زعفرانی	منفی	$۳/۳۳\times۱۰^{+۱}$
A_4	زعفرانی	منفی	منفی
A_5	سفید	منفی	$۲/۶۶\times۱۰^{+۱}$
A_6	سفید	منفی	$۱/۳۳\times۱۰^{+۱}$
A_7	سفید حیوانی	منفی	$۱\times۱۰^{+۱}$
A_8	مخصوص زعفرانی	منفی	$۲\times۱۰^{+۱}$
A_9	زعفرانی	منفی	$۱/۶۷\times۱۰^{+۱}$
A_{10}	زعفرانی	منفی	$۱/۳۳\times۱۰^{+۱}$
A_{11}	زعفرانی	منفی	$۱/۳۳\times۱۰^{+۱}$
A_{12}	سفید	منفی	$۳\times۱۰^{+۱}$
A_{13}	زعفرانی	منفی	$۲/۳۳\times۱۰^{+۱}$
A_{14}	زعفرانی	منفی	$۱/۳۳\times۱۰^{+۱}$
A_{15}	زعفرانی	منفی	$۰/۳۳\times۱۰^{+۱}$
A_{16}	سفید	منفی	$۲\times۱۰^{+۱}$
A_{17}	سفید	منفی	$۱\times۱۰^{+۱}$
A_{18}	زعفرانی	منفی	$۱/۳۳\times۱۰^{+۱}$
A_{19}	سفید	منفی	$۲/۶۶\times۱۰^{+۱}$
A_{20}	زعفرانی	منفی	$۱\times۱۰^{+۱}$

۴- بحث

درصد شکستگی، به قطعاتی که حداقل ۲۵ درصد اندازه اصلی را دارا باشند شکسته اتلاق می گردد که میزان آن طبق استاندارد ملی ۱۸۱۹، حداکثر ۴ عدد درصد گرم می‌باشد و به ازاء هر ۰/۴ درصد شکسته یک امتیاز منفی و

حداکثر مجاز ۱۰ امتیاز منفی می‌باشد. نتایج نشان داد که از ۳۰ نمونه با برند مختلف نان‌برنجی مورد آزمون، نمونه A6 با ۵۵ درصد شکستگی بیشترین میزان شکستگی را داشت. همچنین نتایج نشان داد که ۸ نمونه یا به عبارتی ۲۶/۶۶ درصد از نمونه‌های مورد بررسی بدون شکستگی بودند (درصد شکستگی صفر). هرچه درصد شکستگی قطعات نان‌برنجی بیشتر باشد مصرف آن دشوارتر و همچنین میزان بازار پسندی آن کاهش می‌یابد.

نتایج اندازه‌گیری رطوبت نشان داد، تعداد ۹ نمونه نان‌برنجی (۳۰ درصد) از کل نمونه‌های مورد بررسی در دامنه رطوبت استاندارد (۴ تا ۵) قرار داشتند. بیشترین و کمترین میزان رطوبت به‌ترتیب در نمونه‌های نان‌برنجی با کد A8 و A11 با مقادیر ۱۰/۳۶ و ۱/۱۷ مشاهده شد. از ۲۱ نمونه باقیمانده با رطوبت خارج از استاندارد، ۱۷ نمونه (۵۶/۶۶ درصد) با رطوبت زیر ۴ درصد وجود داشت. علاوه بر این، از کل نمونه‌ها، ۴ نمونه (۱۳/۳۳ درصد) رطوبت بالای ۵ درصد داشتند. افزایش میزان رطوبت و به طبع آن افزایش فعالیت آبی می‌تواند شرایط را برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها فراهم سازد. این مسأله خصوصاً هنگامی که میکروارگانیسم‌های تولید کننده انواع توکسین حضور داشته باشند خطر آفرین بوده و ایمنی غذایی جامعه کاهش می‌یابد.

نتایج آنالیز نشان داد که کمترین و بیشترین درصد وزنی قند کل به ترتیب در نمونه‌های A_9 و A_1 با مقادیر ۸/۳۴ و ۲۰/۵۲ مشاهده شد. درصد وزنی قند کل در تمامی نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون کمتر از حدود استاندارد تعریف شده برای کلوچه بود. کم بودن میزان قند در این فرآورده می‌تواند نگرانی‌های مربوط به امراض قندی را کاهش داده و سبب افزایش امنیت غذایی گردد.

طبق نتایج بیشترین میزان خاکستر کل مربوط به‌نمونه A_9 با مقدار ۰/۳۶ درصد بود. همچنین کمترین میزان خاکستر کل در نمونه A_6 با مقدار ۰/۱۰ درصد مشاهده شد. علاوه براین، کمترین و بیشترین درصد خاکستر نامحلول در اسید، در نمونه‌های A_5 و A_{27} با مقادیر ۰/۰۱ و ۰/۰۷ درصد بود. درصد خاکستر محلول در اسید، در ۱۰۰ درصد نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون کمتر از حد مجاز تعریف شده در استاندارد این محصول بود.

چربی دریافت شده از طریق مواد غذایی بخشی از نیاز روزانه انسان است که به‌عنوان یک منبع انرژی و فراهم-کننده اسیدهای چرب ضروری و کمک به جذب ویتامین‌های محلول در چربی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. با این وجود افزایش میزان چربی در فرآورده می‌تواند سبب بروز مشکلات چاقی و امراض مربوط به نوع و میزان چربی رژیم غذایی گردد. با توجه به اینکه چربی در محاسبات ارزش کالری‌زایی بالاترین فاکتور را داراست.

(9 Kcal/gr) کاهش آن در فرمولاسیون فرآورده‌های غذایی امری ضروری به‌نظر می‌رسد. نتایج مربوط به درصد چربی استخراجی از نان‌برنجی‌ها نشان داد که در مقایسه با استاندارد کلوچه، از ۳۰ نمونه نان‌برنجی با برند مختلف، در ۲۷ (۹۰ درصد) نمونه درصد چربی بالاتر از میزان مجاز در این استاندارد است.

با استفاده از عدد اسیدی می‌توان اسیدهای آلی ضعیف و همچنین اسیدهای معدنی قوی موجود در روغن را ارزیابی نمود ولی نمی‌توان غلظت اسید را به‌طور مطلق نشان داد. یک تغییر در غلظت اسید می‌تواند از منابع متعددی

نشأت گرفته باشد. آلودگی‌های اسیدی، روغن نامناسب، کاهش قلیائیت ذخیره و محصولات ناشی از اکسیداسیون، می‌تواند باعث افزایش غلظت اسید شود. افزایش اسیدهای چرب آزاد دلیلی بر افزایش عدد اسیدی است. در این مطالعه نتایج نشان داد که ۴ نمونه (۳۳/۱۳ درصد) از کل نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون دارای اسیدیته بالای ۱ گرم درصد (بیش از حد استاندارد مجاز) می‌باشند؛ از این میان بیشترین میزان اسیدیته مربوط به نمونه A2 با ۱/۴۴ گرم درصد روغن استخراجی می‌باشد. کمترین میزان اسیدیته در نمونه‌های A_1 و A_4 با میزان ۰/۲۹ گرم درصد روغن استخراجی بود. ۶/۶۷ درصد از نمونه‌های آنالیز شده اسیدیته بالای ۰/۹۰ گرم درصد (نزدیک به حداکثر مقدار مجاز) داشتند

اکسیداسیون یکی از روش‌های فساد مواد غذایی است و ماده حاصل در این روش پراکسید است که توسط عدد پراکسید سنجش می‌شود و بیشتر در اسیدهای چرب غیراشباع رخ می‌دهد. به‌دلیل اهمیتی که اکسیداسیون چربی‌ها در ایجاد بدطعمی در مواد غذایی دارد، سنجش این فاکتور دارای اهمیت است. براساس نتایج به‌دست آمده از آنالیز روغن استخراجی از نان‌برنجی، اندیس پراکسید تمامی نمونه‌ها پایین‌تر از حداکثر مجاز در صورت استفاده از روغن حیوانی است. همچنین ۶/۶۷ درصد از نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون اندیس پراکسید بالاتر از میزان مجاز در صورت استفاده از روغن‌های گیاهی داشتند. نان‌برنجی‌های مورد آنالیز دارای سطح مطلوبی از نظر میزان مجاز اندیس پراکسید قرار داشتند. پراکسید یا هیدروپراکسید محصول اولیه اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد و هرچه چربی غیراشباع‌تر باشد، آمادگی بیشتری برای اکسید شدن دارد. مقدار هیدروپراکسید تولید شده در ماده غذایی تا حد معینی قابل قبول بوده و بیش از آن بیانگر فساد ماده غذایی است. روغن‌ها و چربی‌های مختلف از نظر اکسیداسیون و تند شدن متفاوت هستند مثلاً چربی‌های حیوانی اشباع شده و روغن‌های هیدروژنه که اسیدهای چرب غیراشباع آنها تنها شامل مقادیری اسید اولئیک می‌باشند، غالباً در مرحله اولیه اکسیداسیون از نظر بو و طعم کمتر تغییر می‌کنند و علایم تندی یک مرتبه و سریع در آنها بوجود می‌آید، در حالیکه روغن‌های غیراشباع مثل روغن تخم پنبه‌دانه تغییرات آهسته‌تری از نظر طعم و بو نشان می‌دهند. از آنجا که مقدار پراکسید در بعضی مواد غذایی حرارت دیده حاوی روغن بالاست؛ لذا تعیین فراوانی آلودگی‌های شیمیایی می‌تواند جهت برنامه‌ریزی و مداخله مناسب برای کاهش آلودگی در سطح تولید مواد غذایی مؤثر باشد.

نتایج نشان داد که اندیس کرایس در ۷ نمونه (۲۳/۳۳ درصد) از روغن استخراجی از برندهای مختلف نان‌برنجی، مثبت بود. در ۷۶/۶۷ درصد از نمونه‌ها اندیس کرایس منفی بود. آزمون کرایس در کنار اندیس پراکسید به‌منظور تشخیص سریع اکسیداسیون روغن‌ها وچربی‌ها استفاده می‌شود. آزمون کرایس یک آزمون کیفی است که به‌منظور بررسی روغن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مراحل اولیه واکنش تند شدن (اتواکسیداسیون) یک ترکیب ایجاد می‌شود به‌نام آلدهیداپی‌هیدرین که این ترکیب می‌تواند با معرف فلوروگلوسینول در مجاورت اسیدکلریدریک واکنش دهد و ایجاد رنگ قرمز کند.

کیفیت و نوع چربی در رژیم غذایی بر روی سلامت مصرف‌کنندگان تأثیر به‌سزایی دارد. بنابراین امروزه سازمان‌های بهداشتی در سراسر جهان برای هر یک از انواع اسیدهای چرب از قبیل اسید چرب اشباع، اسید چرب غیراشباع دارای یک باند دوگانه، اسید چرب غیراشباع دارای چند باند دوگانه و اسیدهای چرب ترانس، میزان روزانه دریافت را مشخص می‌کنند. اسید چرب ترانس یک اسید چرب غیراشباع در روغن می‌باشد که مشابه با اسیدهای چرب اشباع عمل می‌کند. مقادیر حداقلی دریافت برخی اسیدهای چرب ترانس در هر وعده غذایی فقط ۳/۲ گرم (براساس قوانین کانادا) می‌باشد. نتایج نشان داد که تمامی روغن‌های استخراجی از نظر نوع و میزان اسیدهای چرب پروفایل مشابهی داشتند. میانگین پروفایل اسیدهای چرب روغن استخراجی از نمونه‌ها بدین صورت بود: مریستیک اسید (C14:0) ۰/۸۴۷، پالمتیک اسید (C16:0) ۲۲/۹۶۶، استئاریک اسید (C18:0) ۸/۴۳، اولئیک اسید (C18:1) ۲۸/۴۴، لینولئیک اسید (C18:2) ۲۹/۷۸، لینولنیک اسید (C18:3) ۳/۶۵، إلائیدیک اسید (C18:1 Trans) ۲/۷۲، ترانس لینولئیک اسید (C18:2 Trans) ۱/۴۵ درصد. نتایج نشان داده که همه نمونه‌ها دارای مقادیر قابل تشخیص اسیدهای چرب ترانس بودند. میانگین کل اسیدهای چرب ترانس نمونه‌ها ۴/۲۹۶ درصد بود. به‌طورکلی درصد اسیدهای چرب ترانس بررسی شده در تمامی محصولات کمتر از ۶ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد میانگین کل اسیدهای چرب اشباع شده در تمامی نمونه‌های روغن استخراجی ۳۲/۸۶۵ درصد بود.

در همین راستا مردافکن و همکاران در سال ۱۳۹۷ در بررسی میزان اسیدهای چرب اشباع و ترانس در چند نوع شیرینی قنادی در شهر کرمانشاه بیان کردند در مورد نان‌برنجی بیشترین مقدار اسید چرب اشباع مربوط به اسید پالمتیک با مقادیر ،۲۶/۹۶، ۳۵/۲۷ و ۲۵/۳۶ برای برندهایA ، B و C است. پس از آن اسید استئاریک قرار دارد که مقادیری از ۶ تا ۷ ٪ را به خود اختصاص داده است. اسید اولئیک هم با ۳۱/۹۱، ۳۶/۵۹ و ۳۴/۲۶ ٪ برای برند Aتا C دارای بیشترین مقدار اسید چرب غیراشباع است (مردافکن و همکاران[1] ، ۲۰۲۰).

همچنین قضاوی و همکاران در سال ۲۰۱۹ در بررسی پروفایل اسیدهای چرب ترانس در شیرینی‌های سنتی ایرانی توزیع شده در شهر اصفهان دریافتند شیرینی‌های نان‌خرمایی، کیک‌یزدی و گردویی به‌دلیل میزان کمتری از اسیدهای چرب ترانس و میزان بالاتری از اسیدهای چرب از انواع تک و چند غیراشباع، سالم‌تر از سایر شیرینی‌ها هستند. همچنین در برخی از محصولات، پایین‌تر بودن میزان اسیدهای چرب ترانس در نمونه‌های دارای بسته‌بندی نسبت به‌نمونه‌های بدون بسته‌بندی مشاهده کردن (قضنوی و همکاران[2]، ۲۰۲۰).

قارچ‌ها به‌راحتی بر روی مواد غذایی مختلف کلونیزه می‌شوند و از مواد آلی موجود در آن استفاده می‌کنند. برخی قارچ‌ها، آنزیم‌ها و مواد مفیدی تولید می‌کنند که می‌توانند ارزش جیره غذایی را افزایش دهند؛ یا متابولیت‌های غیر توکسیکی آزاد نمایند که موجب فساد مواد غذایی می‌شود. همچنین برخی قارچ‌ها مایکوتوکسین تولید می‌کنند که سلامتی انسان و حیوان را به‌خطر می‌اندازد. اثرات مضر مصرف مواد غذایی آلوده به مایکوتوکسین شامل: سرطان‌زایی، جهش‌زایی، تولد نوزاد ناقص، مسمومیت کبدی، مسمومیت کلیوی، مسمومیت عصبی و پوستی

1. Mardafkan, Beigmohammadi et al.
2. Ghazavi, Rahimi et al.

و مهار سیستم ایمنی می‌باشد. از بین تمام آفلاتوکسین‌ها، آفلاتوکسین B1 سمی‌ترین متابولیت بوده و از طرف آژانس بین‌المللی تحقیق روی سرطان و سازمان بهداشت جهانی (WHO)، در گروه A عوامل سرطان‌زا قرار گرفته است. بیشینه رواداری آفلاتوکسین B1 در مواد غذایی مورد مصرف انسان طبق استاندارد ایران ۵ نانوگرم بر گرم و طبق استاندارد جهانی ۱-۲۰ نانوگرم است. نتایج نشان داد که در ۳۲ درصد از نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون آفلاتوکسین B1 قابل تشخیص نبود. بیشترین میزان این مایکوتوکسین در نمونه‌های مورد آزمون ۶/۴۱ میکروگرم برکیلوگرم بود؛ که در حدود مجاز استاندارد جهانی قرار دارد. براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، در هیچکدام از نمونه‌ها آلودگی بالاتر از میزان استاندارد جهانی نبود. کیفیت ماده اولیه، شرایط نگهداری و شرایط بهداشتی تولید و نگهداری فراورده نهایی بر تولید و میزان سم در نمونه اثرگذار است. با این وجود ۸ درصد از نمونه‌های مورد آزمون سطح آفلاتوکسین بالاتر از میزان مجاز استاندارد ایران را داشتند. بیشینه رواداری آفلاتوکسین B1 در مواد غذایی مورد مصرف انسان طبق استاندارد ایران ۵ نانوگرم بر گرم و طبق استاندارد جهانی ۲۰-۱ نانوگرم است.

در همین راستا محمودی صدر و همکاران در سال ۲۰۱۸ در مطالعه‌ای نشان دادند میزان آفلاتوکسین B_1 ردیابی شده در نمونه‌های شیرینی سنتی شهر یزد از میزان استاندارد آفلاتوکسین اعلام شده از سوی مؤسسه استاندارد ایران (۱۵ قسمت در بیلیون) و همچنین استاندارد آفلاتوکسین اعلام شده از سوی کشورهای اروپایی (۱۰ قسمت در بیلیون) کمتر بود (محمودی و همکاران[1]، ۲۰۱۹).

از میان فلزات سنگین مخاطره‌آمیز میزان کادمیوم، جیوه، کبالت، سرب، آرسنیک، قلع، آلومینیوم، نیکل و کروم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که عناصر کادمیوم، جیوه و کبالت در تمامی نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون مشاهده نشد. همچنین سطح سایر فلزات سنگین مورد آزمون کمتر از میزان مجاز تعیین شده است. علاوه براین، میزان فلزات قلع و آلومینیوم در تمامی نمونه‌ها مثبت اعلام شد. بیشترین سطح فلزات سنگین مشاهده شد در آنالیز نمونه‌های نان‌برنجی مربوط به فلز آلومینیم بود.

در مقابل فرخی و همکاران در سال ۱۳۹۹ در ارزیابی شاخص خطر مصرف شیرینی‌جات سنتی کرمانشاه در سال ۱۳۹۷ با تأکید بر قابلیت خطرآفرینی سرب، کادمیم، کروم و مس نشان دادند میانگین محتوی عنصر سرب در نمونه های نان‌برنجی از بیشینه رواداری WHO(۰.۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بزرگتر بود، آنها بیان کردند احتمالا این موضوع با ماده اولیه اصلی مورد استفاده در تهیه نان‌برنجی یعنی آردبرنج مرتبط است (فرخی و همکاران[2]، ۲۰۲۰).

اصلی‌ترین عامل ایجاد قدرت رنگی در زعفران ترکیبی به نام کروسین به فرمول شیمیایی $C_{44}H_{64}O_{24}$ است. کروسین یکی از چند کاروتنویید محدود موجود در طبیعت است که به آسانی در آب حل می‌شود. این حلالیت یکی از دلایل کاربرد وسیع آن به‌عنوان رنگ‌دهنده در مواد غذایی و دارویی نسبت به سایر کاروتنوییدها می‌باشد. نتایج نشان داد که در تمامی نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون وجود کروسین مشاهده شد. ۷ نمونه نان‌برنجی

1. Mahmoudi, SHAKERIAN et al.
2. Farrokhi, Sobhanardakani et al.

زعفرانی مورد آنالیز با محتوی کروسین پایین (میانگین= ۲/۰۴ میکروگرم بر گرم) مشاهده شد. می‌توان قوی بودن رنگ زرد نان‌برنجی و از طرفی کم بودم محتوای کروسین اندازه‌گیری شده آن را به‌مخلوط کردن زعفران با سایر رنگ‌های خوراکی نسبت داد.

فرآورده‌های قنادی بخش مهمی از تولیدات غذایی کشور محسوب می‌شوند که این فرآورده‌ها به‌علت حضور مواد مغذی در ترکیب‌شان احتمال فساد در آنها افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که در تمامی نمونه‌ها انتروباکتریاسه منفی بود. در ۹۵ درصد از نمونه‌های مورد آزمون کپک و مخمر مثبت بود. وجود کپک و مخمر می‌تواند به‌دلیل افزایش محتوای رطوبتی نان‌برنجی و شرایط نامناسب نگهداری و تولید و همچنین آلوده بودن مواد اولیه مورد استفاده آن باشد.

ناصحی‌نیا و همکاران در سال ۱۳۹۵ در ارزیابی آلودگی میکروبی شیرینی‌های سنتی شهر یزد نشان دادند ۱۳/۲ درصد نمونه‌ها به انتروباکتریاسه آلوده بودند که آنها این آلودگی را به افرادی که در کارگاه های قنادی مشغول بکار هستند، نسبت دادند و بیان کردند آلودگی شیرینی سنتی به خانواده انتروباکتریاسه میتواند به‌دلیل تهیه مواد غذایی در ظروف آلوده و عدم رعایت بهداشت فردی توسط کارکنان قنادی و در نتیجه گسترش باکتری‌های مدفوعی در بخش‌های تهیه و توزیع شیرینی‌ها باشد. از آنجایی که این باکتری‌ها در دستگاه گوارش، ادراری و همچنین در آب و خاک وجود دارند؛ بنابراین، رعایت موازین بهداشت فردی و محیطی و استفاده از آب سالم میتواند نقش مؤثری در کاهش میزان آلودگی داشته باشد. همچنین میزان آلودگی این شیرینی‌ها به کپک و مخمر به ترتیب ۲۱/۷ و ۱۱/۴ درصد بود که میزان بالای آلودگی را به شرایط بد نگهداری نسبت دادند و بیان کردند آلودگی شیرینی‌های سنتی به کپک علاوه بر ایجاد عوارض بهداشتی و کاهش کیفیت محصول، از لحاظ اقتصادی برای صنایع شیرینی بسیار با اهمیت می‌باشد. از آنجا که اسپورهای قارچی در هوا پراکنده هستند، می‌توانند باعث آلودگی شیرینی‌ها شوند. علاوه بر آلودگی از طریق هوا، آلودگی ظروف تهیه شیرینی‌ها، آلودگی افراد توزیع کننده و آلودگی قارچی مواد اولیه تهیه شیرینی از جمله شکر و به‌خصوص آرد نیز می‌تواند منجر به آلودگی کپکی شیرینی‌های سنتی گردد (قانع پور و همکاران[1]، ۲۰۱۷).

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های فیزیک وشیمایی، فلزات سنگین، آفلاتوکسین B1، رنگ مصنوعی، پروفایل اسیدهای چرب و میکروبیولوژیکی موجود در نان‌برنجی‌های تولیدی در سطح استان کرمانشاه در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام یافت. نتایج نشان داد که درصد وزنی قند کل، خاکستر نامحلول در اسید و فلزات سنگین در تمامی نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون کمتر از حدود استاندارد تعریف شده بود. ۳۳/۱۳ درصد از کل نمونه‌های نان‌برنجی مورد آزمون دارای اسیدیته بیش از حد استاندارد مجاز می‌باشند؛ همچنین اندیس کرایس در ۲۳/۳۳

1. Ghaneapur and Ajam

درصد از روغن استخراجی از نمونه‌ها مثبت بود. در تمامی محصولات درصد اسیدهای چرب ترانس کمتر از ۶ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد میانگین کل اسیدهای چرب اشباع شده در تمامی نمونه‌های روغن استخراجی ۳۲/۸۶۵ درصد بود. در ۳۲ درصد از نمونه‌های مورد آزمون آفلاتوکسین B1 قابل تشخیص نبود. بیشترین میزان این مایکوتوکسین در نمونه‌های مورد آزمون ۶/۴۱ میکروگرم برکیلوگرم بود. در تمامی نمونه‌ها وجود کروسین (رنگدانه زعفران) مشاهده شد. در ۹۵ درصد از نمونه‌ها آزمون کپک و مخمر مثبت و در تمامی نمونه‌ها آزمون انتروباکتریاسه منفی بود. بنابراین نتایج این تحقیق نشان داد که عمده نان‌برنجی‌های مورد بررسی در سطح قابل قبول ایمنی قرار دارند.

فهرست منابع:

زینب امیری و سمیه سلمانی (۲۰۱۸). **"ارزیابی اثر رنگ‌های طبیعی و مصنوعی بر برخی ویژگی‌های نان برنجی."** مجله علوم و صنایع غذایی ایران ۱۵(۷۵): ۱۴۷-۱۳۷.

غلامحسین حقایق (۲۰۱۶). **"بررسی خصوصیات تغذیه‌ای، تکنولوژیکی و حسی نان‌برنجی بدون گلوتن حاوی آرد شبه غلات."**

Đurović, V., et al. (2021). **"Chemical and microbial evaluation of biscuits made from wheat flour substituted with wheat sprouts."** Food Science and Technology International 27(2): 172-183.

Farrokhi, F., et al. (2020). **"Health risk Assessment of Traditional Pastries Marketed in City of Kermanshah in 2019 with Emphasis on Potential Risk of Pb, Cd, Cr and Cu."** Journal of Environmental Health Enginering 8(1): 50-62.

Ghaneapur, M. R. and F. Ajam (2017). **"Assessment of microbial contamination of traditional sweets in Yazd, Iran, in 2015."** Journal of health research in community 2(4): 26-34.

Ghazavi, N., et al. (2020). "**Evaluation of trans fatty acid levels in traditional Iranian pastries distributed in Isfahan city."** Health and Development Journal 9(1): 10.۱۲۳-۶

Huang, Y., et al. (2018). **"Green and efficient removal of cadmium from rice flour using natural deep eutectic solvents."** Food chemistry 244: 260-265.

Johnson, W. P., et al. (2020). **"Anionic nanoparticle and microplastic non-exponential distributions from source scale with grain size in environmental granular media."** Water Research 182: 116012.

Lin, C. S., et al. (1992). **"Pharmacokinetic data in the evaluation of the safety of food and color additives."** Regulatory Toxicology and Pharmacology 1.۷۲-۶۲ :(۱)۵

Mahmoudi, S. M. R., et al. (2019). **"Studying the amount of fatty acids and aflatoxin in traditional sweet samples of Yazd in 2018."**

Mardafkan, N., et al. (2020). **"Investigation the Saturated and Trans Fatty Aid contents of Confectionary Products in Kermanshah City."** Journal of Food Technology and Nutrition **17**(fall 2020): 123-133.

Newell, D. G., et al. (2010**). "Food-borne diseases—the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge."** International journal of food microbiology 139: S3-S15.

Nikniaz, Z., et al. (2011). **"Evaluation of microbial contamination in cream filled pastries distributed in Tabriz confectionaries."**

Rohimah, A., et al. (2021). "Comparison of peanut and black oncom biscuit: Nutritional characteristics and aflatoxin evaluation with the potential health benefits." Annals of Agricultural Sciences 66(1): 87-92.

Rushing, B. R. and M. I. Selim (2019). **"Aflatoxin B1: A review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods."** Food and chemical toxicology 124: 81-100.

Skendi, A., et al. (2020). **"Presence of mycotoxins, heavy metals and nitrate residues in organic commercial cereal-based foods sold in the Greek market."** Journal of Consumer Protection and Food Safety 15(2): 109-119.

Smith, J. P., et al. (2004). "**Shelf life and safety concerns of bakery products—a review."** Critical reviews in food science and nutrition 44(1): 19-55.

Vahmani, P., et al. (2020). **"Changes in the fatty acid composition of steer subcutaneous fat, including biohydrogenation products, are minimal when finished on combinations of corn and barley grains and silages."** Canadian Journal of Animal Science 101(2): 362-369.

Zhang, T., et al. (2019). **"Assessment of heavy metals pollution of soybean grains in North Anhui of China."** Science of the Total Environment 646: 914-922.