

تعیین فعالیت ضد میکروبی رنگ طبیعی بیکسین بصورت *in vitro* و بررسی کاربرد آن در سیستم مدل غذایی اسنک حجیم

الناز میلانی^۱، فرشته حسینی^{۲*}، سمانه رضائی بروجردی^۳، شادی بلوریان^۲

۱- استادیار گروه پژوهشی فرآوری مواد غذایی- پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی- جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۲- استادیار گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی- پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی- جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد- گروه علوم و صنایع غذایی- دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۰۱)

چکیده

امروزه آگاهی مصرف‌کنندگان از خطرات ناشی از مصرف رنگ‌های سنتزی، منجر به افزایش روزافزون تقاضا برای رنگهای طبیعی در صنایع مختلف غذایی شده است. هدف این پژوهش بررسی تأثیرات ضد میکروبی بیکسین در برابر میکروارگانیسم‌های استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیاکولی و لیستریا اینوکوا به روش تعیین قطر هاله بازدارنده و اندازه‌گیری میزان MIC و MBC آن بود. سپس سطوح مختلف بیکسین (۰/۱۴، ۰/۲۸ و ۰/۴۲ درصد) به عنوان یک ترکیب رنگی طبیعی و سلامتی‌زا در فرمولاسیون درازه اسنک حجیم استفاده شده و تأثیر آن بر ویژگی‌های رنگی شامل L^* ، a^* ، b^* به روش هانتربل، حسی شامل رنگ، بو و طعم، بافت و احساس دهانی، شکل ظاهری و پذیرش کلی به روش هدونیک ۵ نقطه و میکروبی شامل شمارش کلی، کپک و مخمر، انتروباکتریاسه، اشرشیاکولی فرآورده در مقایسه با نمونه شاهد مطابق با روش‌های استاندارد ملی ایران ارزیابی گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، بیکسین در برابر هر سه میکروارگانیسم مورد آزمون اثرات بازدارندگی چشمگیری نشان داد. تأثیر بازدارنده بیکسین تا غلظت ۱/۲ mg/ml بر استافیلوکوکوس بیش از دو باکتری دیگر بود. در نمونه های اسنک، با افزایش غلظت بیکسین، مقادیر a^* بالاتر (قرمزی بیشتر) و مقادیر L^* و b^* کمتر (زردی و روشنایی کمتر) مشاهده شد. در مجموع ویژگی‌های حسی، داوران نمونه های حاوی ۰/۴۲٪ بیکسین را در مقایسه با سایر نمونه ها مطلوب تر ارزیابی نمودند. کاربرد بیکسین در اسنک حجیم سبب کاهش معنی دار بار میکروبی کل در نمونه ها گردید. همچنین رشد کپک و مخمر در نمونه های حاوی بیکسین مشاهده نشد.

کلید واژگان: فعالیت ضد میکروبی، MIC، بیکسین، اسنک، رنگ طبیعی

* مسئول مکاتبات: fereshtehosseini@yahoo.com

۱- مقدمه

امروزه سطح آگاهی مصرف کنندگان و تولیدکنندگان در ارتباط با مشکلات ناشی از مصرف غذاهای ناسالم رو به افزایش است، بنابراین تقاضا برای مواد طبیعی بهبود دهنده سلامت روز به روز افزوده می گردد. تاثیرات مثبت و سلامتی زای رنگ های طبیعی در پژوهش های محققان مختلف به اثبات رسیده است و ویژگی های آنتی اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد بیماری های قلبی-عروقی، ضد التهابی ... این ترکیبات مورد تاکید قرار گرفته است [۱]. لذا استفاده از این رنگ ها در تولید فراورده های غذایی ضمن ایجاد ظاهر مطلوب و بازاریابی، محصولات غذایی را تبدیل به غذاهای عملگر و به عبارت دیگر نوعی غذا-دارو می نماید.

رنگ آناتو (E160b) از پرکارپدانه های گیاه گرمسیری بیکسا اورلانا (*Bixa orellana*) به دست آمده و کاربردهای گسترده ای در صنایع غذایی، داروسازی و تولید مواد آرایشی و بهداشتی دارد. در دانه های آناتو کاروتنوئیدهای مختلفی شناسایی شده اند، اما رنگدانه اصلی آن بیکسین است که بیش از ۸۰ درصد کل محتوی کاروتنوئیدهای آناتو را تشکیل داده و یک مونو متیل استر محلول در روغن می باشد [۱].

طبق تخمین، تولید جهانی سالانه دانه آناتو ۱۴۵۰۰ تن است. پرو و برزیل کشورهای اصلی تولید کننده آن هستند و سالانه ۷۵۰۰ تن دانه کشت می دهند که فقط ۲٪ آن که معادل ۱۵۰ تن بیکسین است، جهت استخراج رنگ به کار می رود و باقیمانده در بازار محلی به صورت ادویه به فروش می رسد. بازار اصلی مصرف آناتو امریکا، اروپای غربی و ژاپن است [۱].

آناتو در محصولات مختلف غذایی مانند فراورده های لبنی، مارگارین، روغن سالاد، بستنی، فراورده های غلات، محصولات اکستروژ شده، سوسیس، برنج، انواع سوپ، انواع سس ها، انواع نوشیدنی ها، فراورده های ماهی، محصولات گوشتی، شیرینها، کیک ها و تنقلات کاربرد دارد. در اسپانیا، مکزیک و فیلیپین و سایر کشورهای امریکای مرکزی و جنوبی دانه آناتو به عنوان چاشنی مصرف می شود [۳ و ۲].

مطالعات سم شناسی نشان داده اند که مصرف مقادیر مجاز آناتو ایمن است. متوسط رژیم ۰٫۱٪ (نوربیکسین) به میزان mg/kg ۶۹ وزن بدن در مردان و mg/kg ۷۶ وزن بدن در زنان اثر

مغایری نشان نداده است. بیکسین نسبت به سایر کاروتنوئیدها سریعاً جذب خون شده، بعد از ۸ ساعت در مورد بیکسین و ۲۴ ساعت در مورد نوربیکسین پلاسما شفاف می شود [۴]. طبق مطالعات علمی انجام شده بیکسین و نوربیکسین اثرات درمانی موثری در موشهای دیابتی مبتلا به قند و چربی خون بالا داشته اند. کاروتنوئیدها و ترکیبات فنلی موجود در دانه آناتو نظیر بیکسین و نوربیکسین، ترکیبات بیواکتیوی هستند که در درمان بسیاری از بیماریهای التهابی، قلبی عروقی، آب مروارید و تخریب ماکولار مورد توجه زیادی قرار گرفته اند. همچنین دانه آناتو به دلیل داشتن ترکیبات توکوفرول، توکوتری انول و نیز گرانیل گرانول (که ترکیب اصلی ترپنی دانه است) پتانسیل درمانی موثری در سل و تومورها نشان داده است [۵]. بررسیهای دیگر اثرات ضد دیابتی، ضد تشنج، ضد تب، ضد اسهال، ضد گونوره و نیز اثرات درمانی در بیماریهای کبد، کلیه و ریه آناتو را تایید کرده اند [۶].

در پژوهش های مختلف اثرات ضد میکروبی بخش های مختلف آناتو مورد بررسی قرار گرفته است از جمله گالیندوکاسپیرنا (۲۰۰۳)، تمیل سلوی و همکاران (۲۰۱۱)، ونوگوپالان و همکاران (۲۰۱۲)، هاجوری و همکاران (۲۰۱۳) و ... [۷، ۸، ۹، ۱۰].

در حال حاضر اسنک های حجیم شده برپایه ذرت به عنوان یکی از مقبول ترین میان وعده ها در دنیا و کشور ما مصرف می شوند و جایگاه این محصول در سبد غذایی خانواده های ایرانی نیز تا حدود زیادی تثبیت شده است. افزودنی های رنگی مختلف به منظور ایجاد ظاهر جذاب و بازاریابی این محصول مورد استفاده قرار می گیرند که در حال حاضر اغلب آنها از نوع سنتزی نظیر سان ست یلو بوده و آثار سوء آنها بر سلامت مصرف کنندگان به خصوص اقشار آسیب پذیر از نظر سلامت (کودکان و نوجوانان) به اثبات رسیده است. تحقیقات مختلف نشان دادند که رنگ های مصنوعی عوارضی نظیر آسم، کهیر، بیش فعالی در کودکان، تضعیف سیستم ایمنی و یا حتی سرطان ایجاد می کنند.

در این پژوهش تاثیرات ضد میکروبی بیکسین در برابر میکروارگانیسم های استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیاکولی و لیستریا اینوکوا به روش تعیین قطر هاله بازدارنده و اندازه گیری میزان MIC و MBC مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از آنجا که اطلاعاتی پیرامون کاربرد بیکسین در سیستم های غذایی

10^4 بر روی سطح محیط کشت مولر هیتون آگار انجام شد. در انتها با استفاده از پنس استریل، دیسک‌های آغشته شده به محلول ضدمیکروب در سطح محیط کشت قرار داده شده و با کمی فشار ثابت گردیدند. پتری‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای 37°C گرمخانه‌گذاری شده و طی این مدت از نظر تشکیل هاله عدم رشد مورد بررسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که آنتی‌بیوتیک استاندارد جنتامایسین ($10 \mu\text{g}$ بر دیسک) به عنوان کنترل مثبت و محیط کشت فاقد دیسک به عنوان کنترل منفی در آزمون مورد استفاده قرار گرفت. آزمون در سه تکرار انجام شده و قطر هاله‌ها با استفاده از کولیس و برحسب میلی متر اندازه‌گیری شد.

۲-۳- تعیین حداقل غلظت بازدارنده (MIC)

به دلیل رنگی بودن بیکسین و به منظور اطمینان از صحت کار، تعیین حداقل غلظت بازدارنده به دو روش میکروداپلوشن^۱ و رقت در آگار^۲ انجام شد.

۲-۳-۱- تعیین MIC به روش ریزرقت^۱

در روش میکروداپلوشن ابتدا کشت ۲۴ ساعت از میکروارگانیزم‌های موردنظر بر محیط کشت مولر هیتون آگار انجام شد. سپس سوسپانسیون میکروبی 5×10^6 از میکروارگانیزم‌ها تهیه شد. به هر چاهک از پلیت ۹۶ خانه مقدار $125 \mu\text{L}$ از این سوسپانسیون افزوده شد. محلول استوک با غلظت 1 mg/ml در حلال DMSO از بیکسین تهیه شده و سپس با استفاده از محیط کشت استریل مولر هیتون برات رقت‌های متوالی از این محلول تهیه شد. به هر چاهک مقدار $125 \mu\text{L}$ از ماده ضدمیکروب افزوده شده و پلیت‌ها در 37°C به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شد. پس از طی مدت گرمخانه‌گذاری محلول تری‌فنیل‌تترازولیوم کلراید با غلظت 5 mg/ml تهیه شده و به هر چاهک $25 \mu\text{L}$ از این معرف افزوده شد. در چاهک‌هایی که رشد میکروبی اتفاق افتاده باشد ظرف کمتر از نیم ساعت، رنگ قرمز تیره یا ارغوانی ایجاد می‌شود. غلظت مربوط به اولین چاهک که در آن رشد میکروب روی نداده و رنگ قرمز تشکیل نشد، به عنوان MIC ترکیب ضدمیکروب در نظر گرفته شد.

۲-۳-۲- تعیین MIC به روش رقت در آگار

مختلف نظیر اسنک حجیم و نحوه اثر آن بر بار میکروبی در این محصولات در دست نیست و نیز با توجه به اثرات سلامتی زایی چشمگیر بیکسین و مصرف بالای اسنک‌ها در سبد غذایی خانوارهای ایرانی و علاقمندی کودکان به مصرف این محصولات، در این پژوهش با رویکرد بهبود ارزش تغذیه‌ای و افزایش سطح سلامت فراورده‌های غذایی، تاثیر افزودن سطوح مختلف رنگ آناتو (بیکسین) بر ویژگی‌های رنگی، حسی و میزان بار میکروبی اسنک نیز مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش

۲-۱- مواد

ماده ی اولیه بلغور ذرت از کارخانه ذرت طلایی تامین گردید. رنگ طبیعی آناتو از مرکز تحقیقاتی و تولی نیمه صنعتی افزودنی‌های غذایی جهاد دانشگاهی، حلال دی متیل سولفوکسید (DMSO)، اتانول و هگزان از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. باکتری‌های مورد استفاده در آزمون شامل لیستریا اینوکوا (ATCC33090)، استافیلوکوکوس اورئوس (ATCC25923) و اشرشیاکولی (ATCC25922) تولید کلکسیون محیط کشت امریکا (ATCC) تکثیر شده در گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، تهیه شدند. محیط کشت‌های مولر هیتون برات و مولر هیتون آگار ساخت شرکت مرک آلمان مورد استفاده قرار گرفتند. دیسک استاندارد جنتامایسین $10 \mu\text{g}$ بر دیسک، از شرکت پادتن طب تهیه شد.

۲-۲- بررسی اثرات ضدمیکروبی بیکسین به

روش انتشار دیسک

به منظور تعیین وجود یا عدم وجود فعالیت ضد میکروبی بیکسین در ابتدا روش دیسک و اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور غلظت‌های $2/4$ ، $4/8 \text{ mg/ml}$ ، $1/2$ ، $0/6$ از بیکسین در حلال مناسب تهیه شد. محلول‌های حاصل با استفاده از میکروفیلتر سرنگی $0/45 \mu\text{m}$ استریل شدند. سپس دیسک‌های بلانک به مدت ۱۵ دقیقه در محلول‌ها غوطه‌ور شدند تا کاملاً به محلول آغشته گردند. تلقیح با استفاده از سوآپ استریل آغشته به سوسپانسیون میکروبی تهیه شده معادل cfu/ml

1. Microdilution
2. Agar dilution method

۲-۴- تهیه نمونه ها

فرمولاسیون پایه اسنک با استفاده از دستگاه اکسترودر دومارپیچ موجود در پابلوت پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد (مدل DS56 شرکت JinanSaxin) تولید شد. نمونه های اکسترودر شده تولیدی بلافاصله در آن هوای داغ برای مدت ۲ ساعت در ۴۰ درجه سانتیگراد خشک شده و درون کیسه های پلاستیکی پلی اتیلنی تا انجام آزمایشات تکمیلی دور از نور و در دمای اتاق نگهداری شد.

دراژه (پوشش طعم دار روی اسنک) با استفاده از روغن نباتی (برند لادن)، رنگ طبیعی آناتو (تهیه شده در مرکز تحقیقاتی و تولی نیمه صنعتی افزودنی های غذایی جهاد دانشگاهی)، طعم دهنده (شرکت صنایع غذایی گلشاد مشهد) و نمک خوراکی (بازار محلی) تولید شد. در فرمولاسیون دراژه به میزان ۶۰٪ کل دراژه روغن نباتی و ۴٪ مواد پودری به کار گرفته شد که شامل رنگ در سه سطح ۰/۱۴، ۰/۲۸ و ۰/۴۲ درصد و مابقی پودر آب پنیر فرموله شده بود. در هر فرمولاسیون به میزان ۱/۵٪ دراژه طعم دهنده و نیز به میزان ۰/۲٪ کل وزن محصول (اسنک+دراژه) نمک افزوده شد. در نهایت محصول نهایی به صورت شامل ۵۰٪ دراژه و ۵۰٪ پایه (ذرت اکسترودر شده) تهیه گردید.

۲-۵- آنالیز رنگ نمونه ها

به منظور ارزیابی قدرت رنگی بیکسین در اسنک حجیم در مقایسه با نمونه های شاهد، رنگ نمونه ها با استفاده از دستگاه هانتربل مدل colorflex ساخت امریکا اندازه گیری شد. تفاوت های رنگی بصورت ارزش های CIELAB شامل L (روشنی)، a (قرمزی-سبزی) و b (زردی-آبی) ثبت گردید. رنگ سنج با استفاده از صفحه سیاه و سفید ($x=77.25$, $y=82.09$, $z=87.27$) استاندارد شد. برای هر نمونه فنجانک با چرخش 90° از چهار جهت مختلف قرار گرفته و در هر جهت ارزش های فوق قرائت گردید.

۲-۶- ارزیابی ویژگی های حسی

آزمون حسی نمونه های تولید شده به روش هدونیک ۵ نقطه ای مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این کار ۸ نفر از پرسنل نیمه آموزش دیده پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد

از آنجا که نتایج آزمون های میکروبی به طور گسترده تحت تاثیر شرایط آزمون می توانند متفاوت باشند، روش انجام آن ها باید استاندارد شوند. روش توضیح داده شده در این بخش بر اساس دستورالعمل سازمان و کمیته های CLSI³ و EUCAST⁴ برای روش رقت در آگار می باشد که توسط ویگانند و همکاران (۲۰۰۸) ارائه شده است. در روش رقت در آگار محلول های با تعداد مشخص سلول باکتری، مستقیماً داخل پلیت های حاوی محیط کشت که دارای غلظت های مختلف ماده ضد میکروب می باشند، تلقیح می شوند. پس از طی دوره گرمخانه گذاری، حضور پرگنه های باکتری بر روی پلیت، دلالت بر رشد میکروارگانیسم ها خواهد داشت. در این روش، رقت های متوالی بیکسین به صورت ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰، ۵۰۰، ۵۵۰ و ۶۰۰ از محلول اولیه 10000 mg/L ماده ضد میکروب، در محیط کشت مولر هیتون آگار تهیه شد. با توجه به آن که جمعیت میکروبی توصیه شده در روش رقت در آگار 10^4 می باشد، سوسپانسیون میکروبی با استفاده از محلول رینگر استریل ۴ بار و هر بار به میزان ۰/۱ رقیق شد. سپس مقدار $100 \mu\text{L}$ از سوسپانسیون میکروبی 10^4 cfu/ml از هر میکروب به پلیت ها تلقیح شده و به طور یکنواخت در سطح محیط کشت پخش شد. پلیت های تلقیح شده فاقد بیکسین به عنوان کنترل منفی و پلیت های حاوی بیکسین و بدون تلقیح به عنوان کنترل مثبت در نظر گرفته شدند. پلیت ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای 37°C گرمخانه گذاری شدند و پس از طی این مدت از نظر رشد پرگنه ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. رقت مربوط به اولین پلیت که در آن رشدی مشاهده نشد، به عنوان MIC گزارش شد. [۱۱].

۲-۳-۳- تعیین حداقل غلظت کشنده (MBC)

به منظور تعیین حداقل غلظت کشنده از چاهک هایی که از نظر رشد میکروارگانیسم ها منفی بودند، با استفاده از سوآپ استریل نمونه برداشته و بر روی پلیت حاوی محیط کشت جامد مولر هیتون آگار کشت سطحی داده شد. پس از ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری در دمای 37°C ، پلیت ها از نظر رشد میکروبی مورد بررسی قرار گرفتند. اولین رقت در پلیت های فاقد رشد میکروارگانیسم، به عنوان MBC گزارش شد.

3. Clinical and Laboratory Standards Institute
4. European Committee for Antimicrobial Susceptibility Testing

دانشگاهی مشهد انتخاب شدند. آزمون پنل در شرایط استاندارد در آزمایشگاه کنترل کیفی انجام پذیرفت. به نمونه‌ها کدهای تصادفی داده شد و برای جلوگیری از تداخل نمونه‌ها بعد از ارزیابی هر نمونه از آب استفاده شد. نور و دمای آزمایشگاه در هنگام آزمون به طور مناسب (دما حدود 25°C و نور مخلوط سفید وزرد) تنظیم گردید. نمونه‌ها از نظر رنگ، بو و طعم، بافت (نرمی و سفتی) و احساس دهانی، شکل ظاهری و پذیرش کلی به صورت ۵= بسیار خوب؛ ۴= خوب؛ ۳= نه خوب نه بد؛ ۲= بد و ۱= بسیار بد مورد بررسی قرار گرفتند.

۷-۲- آزمون‌های تعیین بار میکروبی اسنک حجیم

آزمونهای میکروبی شامل شمارش کلی بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱-۵۲۷۲؛ تعیین میزان کپک و مخمر بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۰۸۹۹؛ جستجو، شناسایی و شمارش انتروباکتریاسه بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۶۶۱ و جستجو و شمارش اشریشیاکلی بر اساس استاندارد شماره ۲۹۴۶ با روش بیشترین تعداد احتمالی صورت گرفت [۱۲].

محیط‌های کشت مورد استفاده جهت شمارش کلی (PCA) Scharlau plate count agar اسپانیا؛ برای کپک و مخمر yeast glucose chloramphenicol (YGC) مارک Liofilchem ایتالیا؛ جهت اشریشیاکلی محیط کشت مایع غنی کننده انتخابی laurylsulfate broth مارک Merk KGaA violet red bile و برای انتروباکتریاسه از محیط کشت Liofilchem glucose agar (VRBGA) ایتالیا استفاده گردید.

برای انجام آزمایشات، طبق روش استاندارد ملی ایران، ۱۰ گرم از هر نمونه (اسنک حاوی ۰/۴۲٪ بیکیسین و نمونه شاهد فاقد بیکیسین) که کاملاً خرد و مخلوط شده بود، زیر هود در شرایط کاملاً استریل و کنار شعله، توسط ترازوی ۲ صفر مارک Kern آلمان توزین گردید و با استفاده از یک اسپاتول استریل به درون ارلن حاوی ۹۰ cc محلول رینگر استریل منتقل شد. نمونه به خوبی و به مدت چند دقیقه کاملاً همزده شد تا مخلوطی یکنواخت و هموژن به دست آید. سپس رقت‌های سریالی از نمونه در محلول رینگر تهیه شد. سپس ۱ cc از هر رقت به

داخل پلیتهای استریل PCA، YGC و VRBGA منتقل گردید. جهت آزمون شناسایی اشریشیاکلی با استفاده از روش بیشترین تعداد احتمالی ۱۰ cc از رقت 10^{-1} به داخل لوله آزمایشی که حاوی ۱۰ cc محیط کشت انتخابی و لوله دورهام است تلقیح شد. تمامی کشتها به صورت پورپلیت و در دو تکرار انجام گردید. پلیتهای PCA در شرایط هوای داخل انکوباتور 37°C به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شده و سپس جهت شمارش تعداد کلنی‌ها بررسی گردید. پلیتهای YGC نیز در شرایط هوای داخل انکوباتور 25°C برای مدت ۷-۵ روز گرمخانه گذاری شد. همچنین پلیتهای VRBGA در دمای 37°C به مدت ۲۴ ساعت نگهداری گردید. لوله‌های دورهام در حاوی محیط lauryl sulfate broth نیز به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری و از نظر تولید گاز بررسی شدند. به منظور آزمون تاییدی ۱ سی سی از لوله‌های اولیه به داخل لوله‌های حاوی محیط کشت مایع انتخابی EC یا EC-Boullion تلقیح شده، مجدداً به مدت ۴۸ ساعت داخل بن ماری 44°C گرمخانه گذاری و سپس از نظر تولید گاز بررسی گردید.

۹-۲- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. به منظور آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار Mstac و آزمون فاکتوریل استفاده گردید. بررسی اثرات متقابل تیمارها توسط آزمون LSD در سطح معنی داری $\alpha < 0/05$ انجام شد.

۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۳-۱- نتایج بررسی اثرات ضد میکروبی بیکیسین

در سیستم *invitro*

۳-۱-۱- نتایج آزمون هاله عدم رشد

همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، بیکیسین در برابر هر سه میکروارگانیسم مورد آزمون اثرات بازدارندگی چشمگیری نشان داد. تاثیر بازدارنده بیکیسین تا غلظت $1/2 \text{ mg/ml}$ بر استافیلوکوکوس بیش از دو باکتری دیگر بود. همچنین در غلظت $2/4 \text{ mg/ml}$ ، هاله بازدارنده بزرگتری در برابر لیستریا اینوکوا در مقایسه با آنتی‌بیوتیک استاندارد جنتامایسین تشکیل شد.

میکروارگانسیم‌ها نیز می‌تواند منشاء دیگر تفاوت‌های جزئی موجود در نتایج باشد [۱۵].

گالیندوکاسپیرینا (۲۰۰۳) گزارش کرد که آناتو اثر ضد میکروبی قوی روی استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سرئوس و کسترییدیوم پرفرنجنس دارد، اما بر روی اسیدلاکتیک باکتری‌ها تاثیر ضعیفی نشان می‌دهد. همچنین روی لاکتوباسیلوس پلانٹاروم، لاکتوباسیلوس بیفیدوم و مخمرها اثر معنی‌داری ندارد [۷].

تمیل سلوی و همکاران (۲۰۱۱) تاثیر ضد میکروبی عصاره متانولی دانه و برگ آناتو را بر روی باکتری‌های بیماریزای مختلف از جمله استافیلوکوکوس اورئوس مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که عصاره حاصل از برگ‌ها در اغلب موارد تاثیر بازدارندگی بیشتری نسبت به عصاره دانه دارد. آن‌ها وجود ترکیباتی نظیر فلاونونوئیدها، تانن‌ها، استروئیدها و ساپونین‌ها را در عصاره گزارش کردند [۸].

ونوگوپالان و همکاران (۲۰۱۲) اثر ضد میکروبی عصاره دانه و برگ آناتو را در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی مختلف مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که فعالیت ضد میکروبی این عصاره‌ها چشمگیر بوده و بر این اساس می‌توانند کاربردهای غذایی و دارویی مختلفی داشته باشند [۹].

۳-۱-۲- نتایج تعیین میزان MIC

مطابق جدول ۱، MIC در روش رقت در آگار برای بیکسین در مورد اشرشیاکولی بزرگتر از ۴۰۰، استافیلوکوکوس اورئوس بزرگتر از ۱۰۰ و لیستریا اینوکوا بزرگتر از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر تعیین گردید.

MIC تعیین شده برای بیکسین در برابر میکروارگانسیم‌های منتخب در روش ریزرقت در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، دامنه اعداد بدست آمده در دو روش با یکدیگر مطابقت داشتند.

۳-۱-۳- نتایج تعیین میزان (MBC)

نتایج تعیین میزان حداقل غلظت کشنده (MBC) در جدول ۳ قابل مشاهده است.

غلظت ۴/۸ mg/ml بیکسین در برابر اشرشیاکولی کاملاً بازدارنده بود، به طوری که هیچ پرگنه‌ای در پلیت مربوطه رشد نکرد.

نتایج دیگر محققان، نتایج فوق را تایید می‌کند از جمله فلیشر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که عصاره استخراج شده اتانولی از دانه آناتو (بیکسین)، فعالیت بازدارندگی چشمگیری در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی مختلف از جمله استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکولی و قارچ شبه مخمر کاندیدا آلیکانس دارد. آن‌ها قطر هاله بازدارنده این عصاره با غلظت ۱۰ mg/ml را برای استافیلوکوکوس اورئوس معادل ۲۰ میلی‌متر و برای اشرشیاکولی معادل ۲۲/۵ میلی‌متر گزارش نمودند [۱۳].

در پژوهش هاجوری و همکاران (۲۰۱۳) نیز عصاره اتانولی آناتو دارای اثر ضد میکروبی معنی‌داری معرفی شده است. این محققان قطر هاله بازدارنده این عصاره در غلظت ۱۰ mg/ml را در برابر اشرشیاکولی، معادل ۱۱ میلی‌متر گزارش کردند [۱۰].

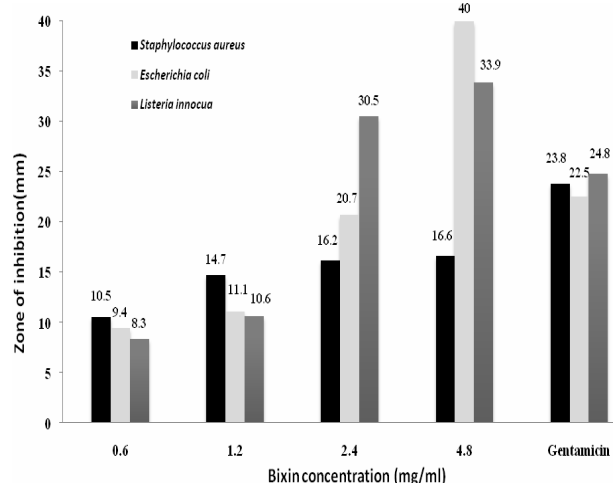


Fig 1 Diameter of inhibition zones of different concentration of bixin against *S. aureus*, *E. coli*, *L. innocua*.

در تحقیقات دیگر مقدار میکروارگانسیم تلقیح شده و غلظت ماده ضد میکروب در نتایج آزمون بازدارندگی موثر دانسته شده است [۱۴]. همچنین اختلافاتی که در نتایج مشاهده می‌شود، می‌تواند ناشی از تفاوت غلظت‌های ترکیبات دارای خاصیت ضد میکروبی در گیاه اولیه و به تبع آن عصاره‌های استحصالی باشد که وابسته به تفاوت‌های ژنتیکی گونه گیاه و یا شرایط محیطی است که گیاه در آن رشد نموده است. همچنین اختلافات زیرگونه‌های

Table 1 Minimum inhibitory concentration (MIC) of bixin against selected bacterial strains in agar dilution method

Anti-microbial agent concentration (mg/L)	<i>Listeria inocea</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia Coli</i>
50	+	+	+
100	+	+	+
150	+	-	+
200	+	-	+
250	+	-	+
300	-	-	+
350	-	-	+
400	-	-	+
450	-	-	-
500	-	-	-
550	-	-	-
600	-	-	-

(+) indicates microbial growth and (-) is a sign of non- microbial growth.

Table 2 MIC of bixin against selected bacterial strains in microdilution method

	bixin		
	<i>Listeria inocea</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia Coli</i>
MIC (mg/mL)	0.5	0.125	0.5

Table 3 MBC of bixin against selected bacterial strains

	bixin		
	<i>Listeria inocea</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia Coli</i>
MBC (mg/mL)	1	0.25	2

مقاومت عمومی باکتری‌های گرم منفی در برابر اسانس‌ها، به وجود غشای فسفولیپیدی بیرونی آن‌ها نسبت داده می‌شود که تقریباً در برابر ترکیبات لیپوفیلیک غیرقابل نفوذ می‌باشد. عدم وجود این مانع در باکتری‌های گرم مثبت این امکان را به وجود می‌آورد که اجزاء هیدروفوب عصاره‌های استخراج شده در تماس مستقیم با غشاء سلولی قرار گرفته و با تاثیر بر میزان نفوذپذیری

در مجموع نتایج آزمون میکروبی حاکی از تاثیر بازدارندگی قوی بیکسین در برابر باکتری‌های گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس و لیستریا اینوکولا نسبت به باکتری گرم منفی اشرشیاکولی بود. تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که باکتری‌های گرم مثبت در برابر ترکیبات موثره یا اسانس‌های مختلف حساسیت بیشتری نسبت به باکتری‌های گرم منفی نشان می‌دهند [۱۶-۱۹].

غشاء در برابر یون‌های مختلف، نشت ترکیبات سلولی حیاتی و یا از کار انداختن سیستم‌های آنزیمی، سبب بازدارندگی و یا مرگ باکتری‌ها شوند [۲۰].

همچنین محققان گزارش کردند که بین ساختار شیمیایی و فعالیت ضد میکروبی اسانس‌ها و ترکیبات طبیعی رابطه برقرار است [۱۴]. برخی ترکیبات فعال دارای حلقه فنلی برای میکروارگانیسم‌ها سمی محسوب می‌شوند. این سمیت ناشی از تاثیر حلقه فنلی در اکسیده نمودن ترکیبات مانند واکنش با گروه‌های سولفیدریل و یا انجام واکنش‌های غیراختصاصی با پروتئین‌ها می‌باشد [۲۰]. همچنین گزارش شده است که ترکیبات آلکالوئیدی بر روی پروتئین‌های خارج سلولی^۵ تاثیر گذاشته و سبب بازدارندگی از فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شوند [۱۵].

فلیشر و همکاران (۲۰۰۳) در عصاره اتانولی استخراج شده از دانه آناتو، وجود ترکیبات فلاونوئیدی، ساپونین‌ها، ترکیبات فنولیک و قندهای احیاکننده را گزارش نمودند [۱۳]. هاجوری و همکاران (۲۰۱۳) نیز حضور آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و تریپنئیدها را در عصاره اتانولی استخراج شده از آناتو شناسایی نمودند. این ترکیبات می‌توانند عامل ایجاد اثرات ضدباکتریایی عصاره اتانولی آناتو باشند [۱۰].

۳-۳- نتایج آزمون های حسی

در مطالعه مکانیسم تاثیر بیکسین بر باکتری‌ها، تمیل سلوی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از SEM سلول‌های تیمار شده باکتری‌های مختلف از جمله استافیلوکوکوس اورئوس را با بیکسین مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده نمودند که این سلول‌ها دچار تجزیه، توده‌ای شدن^۶ و از هم پاشیدگی شده‌اند [۸].

جدول ۵ نتایج تاثیر غلظت های مختلف بیکسین بر ویژگی های حسی نمونه های اسنک حجیم شده را نشان می دهد. بر اساس نتایج آنالیز واریانس انجام شده تفاوت رنگ نمونه های حاوی بیکسین از نظر داوران حسی در مقایسه با نمونه شاهد معنی دار بود (p ≤ ۰/۰۵). در مورد سایر ویژگی های حسی شامل بافت و شکل ظاهری و پذیرش کلی داوران تفاوتی بین نمونه های حاوی غلظت های مختلف بیکسین قائل نشدند اما این نمونه ها با شاهد تفاوت معنی دار داشتند. لازم به ذکر است که تفاوت بو و طعم نمونه های حاوی ۰/۱۴ بیکسین و نمونه شاهد نیز معنی دار تشخیص داده نشد، اما نمونه ۰/۴۲ بیکسین بالاترین امتیاز طعم را به خود اختصاص داد. در مجموع ویژگی های حسی، داوران نمونه های حاوی ۰/۴۲ بیکسین را در مقایسه با سایر نمونه ها مطلوب تر ارزیابی نمودند.

جدول ۴ نتایج تاثیر غلظت های مختلف بیکسین را بر ویژگی های اسنک حجیم نشان می دهد. آنالیز واریانس داده ها نشان داد

۳-۲- نتایج تعیین ویژگی های رنگی

جدول ۴ نتایج تاثیر غلظت های مختلف بیکسین را بر ویژگی های اسنک حجیم نشان می دهد. آنالیز واریانس داده ها نشان داد

5. Extra-cellular proteins
6. Aggregation

Table 4 Effect of different Bixin concentrations on the color properties of snack

Bixin concentration	L*	a*	b*
0.14%	57.525±0.04 ^a	10.65±0.13 ^c	29.55±0.54 ^a
0.28%	54.52±1.29 ^b	14.830±0.41 ^b	30.28±1.24 ^a
0.42%	51.23±1.24 ^c	16±1.2 ^a	28.815±0.62 ^a

* Values within the same column with the different superscript meant significant difference ($P \leq 0.05$).

Table 5 Effect of different Bixin concentrations on the sensory properties of snack samples

Snack sample	Taste	Texture	Appearance	Color	Overall acceptability
0.14% Bixin	3.375±0.74 ^c	3.125±0.83 ^b	3.75±0.89 ^a	4.125±0.83 ^a	3.75±0.71 ^a
0.28% Bixin	3.5±0.53 ^b	3.5±0.53 ^a	3.75±0.89 ^a	3.625±1.06 ^c	3.875±0.83 ^a
0.42% Bixin	3.875±0.64 ^a	3.75±0.71 ^a	4±0.76 ^a	4.125±0.64 ^a	3.875±0.64 ^a
control	3.375±0.74 ^c	2.375±0.74 ^c	3±1.2 ^b	3.875±0.99 ^b	3.00±0.93 ^b

* Values within the same column with the different superscript meant significant difference ($P \leq 0.05$).

گالیندوکاسپیرینا (۲۰۰۳) اثر ضد میکروبی عصاره آنانو را در برابر ۷ گونه میکروارگانیزم پاتوژن، ۵ گونه اسیدلاکتیک باکتری، ۴ گونه باکتری مولد فساد و ۵ گونه مخمر مولد فساد مورد بررسی قرار داد و گزارش کرد که آنانو اثر ضد میکروبی قوی روی استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سرئوس و کلسترییدیوم پرفرنجنس دارد، اما بر روی اسیدلاکتیک باکتری‌ها تاثیر ضعیفی نشان می‌دهد. همچنین روی لاکتوباسیلوس پلانناروم، لاکتوباسیلوس بیفیدوم و مخمرها اثر معنی‌داری ندارد [۷].

۳-۴- نتایج آزمون های میکروبی نمونه ها

بر اساس نتایج به دست آمده در آزمون های میکروبی انجام شده بر روی نمونه ها (جدول ۶)، کاربرد بیکیسین در اسنک حجیم سبب کاهش معنی دار بار میکروبی کل در نمونه ها شده است. همچنین رشد کپک و مخمر در نمونه های حاوی بیکیسین نیز مشاهده نشده است، در حالی که در نمونه شاهد پلیت های ارزیابی میزان کپک و مخمر حاوی کلنی های قابل شمارش بودند. میزان اشرشیاکلی و انتروباکتریاسه در هر دو نمونه شاهد و نمونه اسنک حاوی بیکیسین منفی بود.

Table 6 Effects of Bixin on the microbial properties of snack samples

	Microbial properties	Colony (cfu/g)	Limit according to National Standards of Iran
Snacks Containing Bixin	Total counts	232	1000
	Mold & yeast	0	100
	<i>Escherichia Coli</i>	0	0
	Enterobacteriaceae	0	100
control	Total counts	400	1000
	Mold & yeast	10	100
	<i>Escherichia Coli</i>	0	0
	Enterobacteriaceae	0	100

فرمولاسیون درازه اسنک حجیم سبب بهبود ظاهر و ویژگی های رنگی اسنک شده و همزمان جمعیت میکروبی و میزان کپک و مخمر نمونه ها را در مقایسه با نمونه شاهد فاقد بیکیسین کاهش می‌دهد. در میان غلظت های مورد آزمون، غلظت ۰/۴۲٪ بیکیسین

۴- نتیجه گیری کلی

نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان دادرنگدانه طبیعی بیکیسین دارای اثرات ضد میکروبی چشمگیر و قابل مقایسه با آنتی بیوتیک استاندارد جنتامایسین می‌باشد. همچنین کاربرد بیکیسین در

- [10] Hajoori m., Naik K., Naik M., Dasgupta S. 2013. Evaluation of antimicrobial activity of seeds and leaves of *bixa orellana L.* *Universal journal of pharmacy*, 2(3): 112-117.
- [11] Wiegand, I.I, Hilpert, K.I.& Hancock, R.E.W. 2008. Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration of antimicrobial substances. *Nature protocols*, 3(2):163-175.
- [12] Iranian National Standardization Organization (INSO), Numbers of 5272-1, 2461-2, 10899-2, 2946. Available at Web site <http://isiri.org>.
- [13] Fleischer T.C., Ameade E.P.K., Mensah M.L.K., Sawyer I.K. 2003. Antimicrobial activity of the leaves and seeds of *Bixa orellana*. *Fitoterapia*, 74: 136-138.
- [14] Bachir Raho G., Benali M. 2012. Antibacterial activity of the essential oils from the leaves of *Eucalyptus globulus* against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 739-742.
- [15] Siripatrawan, U., Bruce R. Harte. 2010. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, 24: 770-775.
- [16] Chaudhry N.M.A., Tariq P. 2008. In vitro antibacterial activities of Kalonji, Cumin and Poppy seed. *Pakistan Journal of Botany*, 40: 461-467.
- [17] Johnson M., Wesely E.G., Kavitha M.S., Uma V. 2011. Antibacterial activity of leaves and inter-nodal callus extracts of *Mentha arvensis L.* *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(3): 196-200.
- [18] Peixoto J.R.O., Silva G.C., Costa R.A., Josei res Lira de Sousa Fontenelle, Vieira G.H., Filho A.A.F., 2011. In vitro antibacterial effect of aqueous and ethanolic *Moringa* leaf extracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(3): 201-204.
- [19] Ravikumar S., Gokulakrishnan R., Boomi P. 2012. In vitro antibacterial activity of the metal oxide nanoparticles against urinary tract infections bacterial pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2(2): 85-89.
- [20] Cowan, M.M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12: 564-582.
- از نظر ویژگی های رنگی و حسی مطلوبتر تشخیص داده شد. کاربرد بیکسین سبب بهبود رنگ و بازارپسندی این محصول گردید.

۵- منابع

- [1] Satyanarayana, A., Prabhakara Rao, P. G., Rao, D. G., 2003, Chemistry, processing and toxicology of annatto (*Bixa orellana L.*). *Journal of Food Science and Technology*, 40:2:131-141.
- [2] Scotter, M., 2009, The chemistry and analysis of annatto food colouring: a review. *Food Additives and Contaminants*, 26:8: 1123-1145.
- [3] Giridhar, P., Venugopalan, A., Parimalan, R., 2014, A Review on Annatto Dye Extraction, Analysis and Processing – A Food Technology Perspective. *Journal of Scientific Research & Reports*, 3:2:327-348.
- [4] Smith, J., 2006, Annatto extracts, CAT, FAO, 21:1-21.
- [5] Somacal, S., Figueiredo, G.C., Quatrin, A., 2015, Ruviano, R.A., et al., The antiatherogenic effect of bixin in hypercholesterolemic rabbits is associated to the improvement of lipid profile and to its antioxidant and anti-inflammatory effects. *Mol Cell Biochem*, 403(1-2):243-53.
- [6] Ezuruike, F.U., Prieto, M.J., 2014, The use of plants in the traditional management of diabetes in Nigeria: Pharmacological and toxicological considerations, *Journal of Ethnopharmacology*, 155(2):857-924.
- [7] Galindo-Cuspinera, V. 2003. Volatile composition and antimicrobial properties of commercial Annatto (*Bixa Orellana L.*) extracts, a natural food colorant. dissertation submission to the faculty of the graduate school of The university of Maryland, College park in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of philosophy, 31-32.
- [8] Tamil Selvi A., Dinesh M. G., Satyan R. S., Chandrasekaran B., Rose C. 2011, Leaf and Seed extracts of *Bixa orellana L.* exert antimicrobial activity against bacterial pathogens. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(9):116-120.
- [9] Venugopalan A., Giridhar P. 2012, Bacterial growth inhibition potential of annatto plant parts. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1879-1882.

***In vitro* evaluation of antimicrobial activities of Bixin natural color and investigation its application in food model of snack**

Milani, E. ¹, Hosseini, F. ^{2*}, RezaeiBoroujerdi, S. ³, Bolourian, Sh. ⁴,

1. Assistant Professor, Food Processing Research Department, ACECR, KhorasanRazavi, Iran
2. Assistant Professor , Food additives Research Department, ACECR, KhorasanRazavi, Iran
3. MSc Student of Food Science and Technology, Ferdowsi University Of Mashhad, Mashhad, Iran

(Received: 2017/08/30 Accepted:2018/07/23)

Nowadays, consumers' awareness about the dangers of using synthetic colors has been led to increasing demand for natural colors in various food industries. In this research, in order to study the antibacterial efficacy of bixin against *S.aureus*, *E.coli* and *L. Innocoa*, its inhibition zones, MIC and MBC were determined against selected bacteria. After that bixin as a natural color additives in different concentration (0.14, 0.28, 0.42%) were added in the formulation of snacks. Color properties including L*,a*,b* were determined by hunter lab and organoleptic properties as aroma, color, texture, shape and overall acceptance in 5-point hedonic scale and microbial features of samples including total count, yeast and mold, Enterobacteriaceae, *Ecoli* were investigated with standard methods. According to the results, bixin showed significant inhibitory effects on all three microorganisms and its inhibitory effects up to 1.2 mg / ml on *S.aureus* were more pronounced than two other bacteria. Increasing the concentration of bixin caused higher value of a* (redness) and lower values of L* and b* (yellowness and brightness) in samples. The differences between samples containing various concentrations of bixin in organoleptic characteristics such as aroma, texture, appearance and overall acceptability were not significant . Overall, panelists gave more scores for all organoleptic properties to the samples containing 0.42% bixin. Also, in samples containing bixin significant decrease in total count as well as mold and yeast growth were observed.

Keywords: Antimicrobial activity, MIC, Bixin, Snack, Natural color

* Corresponding Author E-Mail Address: fereshtehosseini@yahoo.com