مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله مروری

مروری بر کاربرد ترکیبات ضد میکروبی طبیعی با منشاء گیاهی، حیوانی و میکروبی در مواد غذایی

صابر امیری[۱*]، میثم رجبی[۲]

۱- استادیار، گروه علوم و صنایع‌غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- دانشجوی‌کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و صنایع‌غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰٤/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰٦/۰۸

کلمات کلیدی:
ایمنی غذایی،
افزودنی مواد غذایی،
نگهدارنده‌های طبیعی،
ترکیبات ضد میکروبی،
روغن‌های اسانسی،
مکانیسم اثر ضد میکروبی.

DOI: 10.52547/fsct.18.119.143

[*] مسئول مکاتبات:
sa.amiri@urmia.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از ترکیبات ضد میکروبی طبیعی در موادغذایی توجه مصرف‌کنندگان و محققان را به خود جلب کرده است که دو دلیل عمده این موضوع مصرف بی‌رویه و نادرست آنتی‌بیوتیک‌ها است که به دلیل فشار انتخابی اعمال شده به میکروارگانیسم‌ها منجر به ایجاد مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها می‌شود در نتیجه این شرایط یک گروه از میکروارگانیسم‌ها از جمله پاتوژن‌ها در موادغذایی افزایش می‌یابد که نه تنها مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها هستند بلکه در برابر فرآوری موادغذایی و روش‌های نگهداری نیز پایدارند عامل دوم افزایش سطح آگاهی مردم از تاثیرات بالقوه‌ی منفی نگهدارنده‌های مصنوعی بر سلامتی در مقابل نگهدارنده‌های طبیعی است که توجه بسیاری از پژوهشگران را به استفاده بیشتر از نگهدارنده‌های طبیعی در موادغذایی معطوف کرده است. بسیاری از ترکیبات به دست آمده از منابع طبیعی دارای خواص ضد میکروبی بوده و می‌توان از آنها جهت حفظ ایمنی مواد غذایی استفاده نمود. امروزه استفاده از نگهدارنده‌های مواد غذایی به یک امر ضروری تبدیل شده است که نقش مهمی را در نگهداری و حمل و نقل مواد ایفا می‌کنند اهدافی که از افزودن مواد نگهدارنده به موادغذایی دنبال می‌شود عبارتند از: حفظ خصوصیات ظاهری موادغذایی، کمک به حفظ خواص ارگانولپتیکی و افزایش ماندگاری موادغذایی. ما در این مقاله مروری به بررسی فعالیت ضد میکروبی برخی از ترکیبات طبیعی بدست آمده از منابع مختلف و مکانیسم عمل آنها خواهیم پرداخت.

۱- مقدمه

مواد غذایی به دلیل ترکیبات مغذی موجود در آن بستر بسیار مناسبی برای رشد و تکثیر بسیاری از میکروارگانیسم‌ها مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها وکپک‌ها می‌باشند. به دلیل افزایش روز افزون جمعیت جهانی و افزایش رقابت بر بدست آوردن موادغذایی، لازم است راه‌کارهایی جهت حفاظت از موادغذایی در برابر فساد و افزایش ماندگاری آن با روش‌های ایمن و به صرفه اندیشیده شود [۱]. میکروارگانیسم‌ها از جمله مشکلات مهم در ایمنی و نگهداری موادغذایی هستند. بسیاری از سویه-های *Aspergillus* و *penicillium* توکسین‌هایی تولید می‌کنند که باعث ایجاد مسمومیت‌های شدید می‌شوند، همچنین سرطان‌زایی آفلاتوکسین‌های تولید شده توسط آسپرژیلوس‌ها نیز به اثبات رسیده است. معمولاً برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها و افزایش ماندگاری در صنایع غذایی از مواد نگهدارنده شیمیایی استفاده می‌شود. استفاده از نیتریت‌ها و دی‌اکسیدگوگرد به عنوان ترکیبات شیمیایی می‌تواند عوارض جانبی بر سلامت انسان داشته باشد [۱]. بیماری‌های منتقله از غذا یکی از نگرانی‌های عمده مصرف کنندگان و صنعت غذا است. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای استفاده از مواد ضد میکروبی طبیعی در مواد غذایی انجام شده است تا بتوان از آنها در جهت بهبود، حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری موادغذایی استفاده نمود [۲]. همچنین نگرانی‌هایی از طرف مصرف‌کنندگان در مورد ایمنی نگهدارنده‌های مصنوعی به کار رفته در مواد غذایی وجود دارد. در نتیجه تقاضا برای افزایش استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی جهت جایگزینی مواد ضد میکروبی مصنوعی روز به روز در حال افزایش است. این امر به نوبه خود منجر به جستجو برای یافتن مواد ضد میکروبی حاصل از منابع طبیعی مختلف از جمله گیاهان، حیوانات، باکتری‌ها، جلبک‌ها و قارچ‌ها شده است [۲].

۲- خواص ضد میکروبی ترکیبات طبیعی با منشاء گیاهی

در طول فرآیند موادغذایی اغلب محصولات تولید شده، از جمله تفاله میوه، دانه، پوسته و سایر قسمت‌های اضافی استفاده نمی‌شوند. اگرچه این محصولات بطور معمول به عنوان ضایعات در نظر گرفته می‌شوند اما برخی از مطالعات نشان می‌دهد که این مواد حاوی ترکیبات با ارزش ازجمله پلی‌فنل‌ها، تانن‌ها، فلاوونوئیدها وترکیبات دیگری هستند که دارای چندین ویژگی از جمله فعالیت ضد میکروبی می‌باشند. روغن‌های اسانسی (Essential oils) و عصاره‌های گیاهی (Plant extracts) ترکیبات طبیعی مشتق شده از گیاهان با ویژگی‌های متمایز هستند که خاصیت ضد میکروبی خوبی از خود نشان می‌دهند. روغن‌های اسانسی(EO)[1] مخلوط‌های پیچیده‌ای از ترکیبات طبیعی، فرار و معطر هستند که از گیاهان، با ترکیبات متغیر استخراج می‌شوند. روغن‌های اسانسی اغلب در دمای اتاق مایع ، بی‌رنگ ، سرشار از متابولیت‌های ثانویه فرار با وزن مولکولی کم هستند. ترکیبات اصلی روغن‌های اساسی شامل ترپن‌ها ، ترپنوئیدها ، فنیل پروپانوئیدها می‌باشد [۳].

عصاره‌های استخراج شده از گیاهان (PE)[2] محلول‌های آبی با غلظت‌های بالا می‌باشند که می‌توانند بسته به نوع گیاه، روش استخراج و حلال مورد استفاده ترکیبات متفاوتی داشته باشند [٤]. EO و PE بسته به ترکیبات موجود در آنها می‌توانند فعالیت‌های بیولوژیکی مختلفی اعم از فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت ضد میکروبی، فعالیت ضد التهابی و غیره را از خود نشان دهند. با این حال عمدتا به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی خود شناخته شده‌اند که از هر دو این ویژگی‌ها در نگهداری موادغذایی استفاده می‌کنند. مکانیسم عمل این دو ترکیب مشتق شده از گیاهان به عنوان یک ترکیب ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی بطور کامل مشخص نشده است. اما بطور کلی می‌توان فعالیت ضد میکروبی روغن‌های اساسی را به ماهیت آبگریز آن مرتبط دانست که به آنها امکان عبور و نفوذ از غشای سلولی را می‌دهد. علاوه بر این EO و PE دارای مقادیر بالایی از پلی‌فنل‌ها هستند، وجود ترکیبات پلی‌فنلی به این محصولات توانایی تغییر نفوذپذیری غشای سلولی را با مهار آنزیم‌های خاص می‌دهد و از طریق این مکانیسم‌ها می‌توانند تاثیر ضد میکروبی خود را اعمال کنند [٦,٥].

فعالیت آنتی‌اکسیدانی این دو محصول معمولا بیشتر با وجود ترکیبات فنلی در ارتباط است. خاصیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات

---

[1] Essential oils
[2] Plant extract

فنلی در مقایسه با خاصیت ضد میکروبی آنها بیشتر است این مسئله را می‌توان با دقت در ساختار شیمیایی فنل‌ها توضیح داد (شکل ۱)، وجود گروه‌های هیدروکسیل(OH) در ساختمان این ترکیبات باعث افزایش قدرت انحلال آنها در آب می‌شوند در نتیجه این ترکیبات بیشتر به عنوان دهنده هیدروژن عمل کرده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند و به دلیل آبدوست بودن وعدم توانایی نفوذ در غشای لیپیدی سلول عملکرد ضد میکروبی کمتری را نشان می‌دهند [۸,۷].

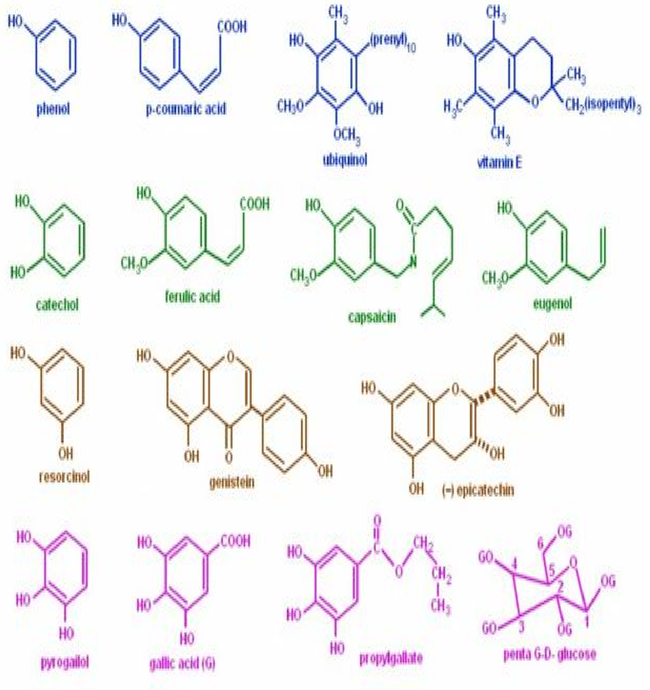

Fig 1 Chemical structure of some phenolic compounds [7]

فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات باعث جلوگیری از ایجاد رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن توقف یا تاخیر در اکسیداسیون موادغذایی می‌شود و در نتیجه ماندگاری موادغذایی از این طریق افزایش می‌یابد [۵]. نشان داده شده است که عصاره اتانولی تفاله انگور باعث مهار رشد میکروارگانیسم‌هایی از جمله *انتروباکتریاسه، استافیلوکوکوس اورئوس، سالمونلا*، مخمرها و کپک‌ها در محصولاتی مانند گوشت گاو در ٤ درجه سانتی‌گراد خواهد شد [۹]. طی بررسی‌هایی که روی عصاره هسته انبه انجام گرفته نشان داده شده است که ترکیبات حاصل از این عصاره در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا تاثیر ضد میکروبی دارد و حتی در غلظت ppm ۳۰۰۰ باعث مهار رشد باکتری اشرشیاکلی می‌شود (جدول ۱).

طی تحقیقات انجام شده در بررسی تاثیر عصاره برگ فوفل (نخل هندی با نام علمی *Areca*) حین نگهداری ماهی ساردین در یخ نتایج حاصل شده نشان می‌دهد تیمار نمونه گوشتی با این عصاره باعث بهبود کیفی و حسی ماهی و افزایش ماندگاری ۱۲ روزه ماهی شده است. عصاره حاصل از این گیاه بیشتر شامل ترکیبات پلی فنلی، چربی، پروتئین و پلی ساکارید است. تاثیر ضد میکروبی عصاره این برگ بیشتر به دلیل وجود تانن‌های هیدرولیز پذیر مثل اسید تانیک می‌باشد [۱۰، ۱۱]. همچنین طبق تحقیقات انجام گرفته در رابطه با خواص ضد باکتریایی ترکیبات مشتق شده از زیتون، تاثیر ضد میکروبی عصاره‌ی استخراج شده از تفاله زیتون اثبات شده است. در میان ترکیبات فنلی موجود در عصاره زیتون هیدروکسی-تیروزول‌ها ۷۰-۵۰ ٪ ترکیبات فنلی را شامل می‌شوند [۱۲]. در تحقیقی دیگر محققان به این نتیجه رسیده‌اند که افزودن عصاره هسته انبه به شیر خام گاو باعث کاهش شمارش کلی میکروبی و مهار کلی‌فرم‌ها در طول ٦ ساعت انکوباسیون در دمای اتاق می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که این عصاره می‌تواند در افزایش زمان ماندگاری شیر پاستوریزه گاو موثر باشند، همچنین نشان داده شده است که این ترکیبات باعث افزایش پایداری اکسیداتیو در انواع پنیر تازه و روغن‌ها می‌شوند. باید توجه کنیم که استفاده از غلظت های بالای مواد نگهدارنده طبیعی مانند EO ممکن است باعث ایجاد خواص حسی نامطلوب در محصولات شود. در واقع بعضی از EO دارای عطر، طعم و بوی شدیدی است بنابراین ممکن است در صورت استفاده بیش از حد باعث کاهش درجه پذیرش یا پسند محصولات هدف شوند [۱۱,۱۳]. در جدول زیر به بیان خواص ضد میکروبی برخی از ترکیبات طبیعی با منشاء گیاهی به همراه منابع و میکروارگانیسم‌های هدف پرداخته شده است.

این مطالعات، اطلاعات مفیدی را در مورد استفاده از مواد ضد میکروبی طبیعی با منشاء گیاهی در مواد غذایی به ما می‌دهد. این محصولات جانبی حاصل از گیاهان مزایای زیادی از نقطه نظر اقتصادی و زیست محیطی دارد و به عنوان منابع ارزان قیمت می‌تواند در نگهداری موادغذایی کاربرد فراوان داشته باشد علاوه بر این ضایعات بدست آمده از گیاهان می‌توانند در بسته بندی‌های موادغذایی نیز گنجانده شوند و به عنوان بسته بندی و فیلم‌های خوراکی ضد میکروبی به کار بروند [۲۰،۲۱].

Table 1 Some antimicrobial compounds from plant origin

By- products	Major component	Target organisms	References
Apple peel	Phenolic compounds	*Staphylococcus aureus*	[14]
Coconut husk	Phytochemical including phenolics and tannins	*Vibrio cholera, Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes*	[15]
Pomegranate fruit peels	Phenolics and flavonoids	*Escherichia coli, Yersinia enterolytica, S. aureus*	[13]
Grape pomace	Phenolic acids and flavonoids	*Aerobic bacteria Mesophilic* and *psychrotrophic bacteria, Salmonella, yeasts* and *fungi*	[16]
Potato peels	Chlorogenic, caffeic, gallic, and protocatechuic acids	*Bacteriostatic effect on E. coli* and *S. typhimurium*	[17]
Olive pomace	Phenolic compounds including oleocanthal, deoxyloganic acid lauryl ester	*E coli* O157:H7, *S. enterica, L. monocytogenes,* and *S. aureus*	[18]
Grapefruit seed extracts	Phenolic compounds such as catechins, epicatechin, epocatechin-3-O-gallate, dimeric, trimeric and tetrameric procyanidins	*Pesudomonas* spp	[19]
Mango kernel extract	Phenolic compounds, saturated fatty acids, mono-unsaturated oleic acid, tocopherols squalene, and different sterol fractions	*Inhibited total bacterial count, coliforms,* and *E.coli*	[19]

۳- ترکیبات ضد میکروبی با منشاء حیوانی

ترکیبات مشتق شده از حیوانات اغلب در ترکیب با سایر مواد نگهدارنده استفاده می‌شوند و می‌توانند باعث حفظ کیفیت و ماندگاری محصولات هدف شوند.برخی از ترکیبات طبیعی مشتق شده از حیوانات با خاصیت ضد میکروبی عبارتند از: لاکتوفرین، کیتوزان، لیزوزیم [۲۲].

۳-۱- لاکتوفرین

لاکتوفرین یک گلیکوپروتئین ۸۰ کیلو دالتونی باند شده با آهن موجود در شیر است. این پروتئین‌ها در اَشک، بزاق و گرانول‌های اختصاصی بخصوص نوتروفیل‌ها یافت می‌شود. لاکتوفرین یک پروتئین چند منظوره است که در دهه‌های گذشته بطور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. خواص بیولوژیکی آن شامل تنظیم جذب آهن در روده، خواص ضد التهابی، تنظیم کننده سیستم ایمنی بدن، فعالیت ضد باکتریایی، ضد ویروسی و ضد توموری است [۲۲]. این ترکیب بیشتر به دلیل قابلیت اتصال آن به آهن شناخته شده که در نهایت منجر به کشف فعالیت ضد باکتریایی آن شده است. پروتئین‌ها و پپتیدهای ضد میکروبی توسط طیف وسیعی از موجودات زنده به عنوان اولین خط دفاعی تولید می‌شوند فعالیت ضد میکروبی این پروتئین‌ها مربوط به لیز سلولی عوامل بیماری‌زا است[۲۳]. همانطور که اشاره شد اصلی‌ترین عملکرد فیزیولوژیکی لاکتوفرین ایجاد اتصال با آهن است و این موضوع به عنوان ویژگی پروتئینی که به فعالیت ضد باکتریایی آن کمک می‌کند مطرح شده است که دلیل آن نیاز ضروری میکروارگانیسم‌های پاتوژن به آهن به عنوان یک عامل تغذیه‌ای مهم و مورد نیاز جهت رشد سلولی است. مطالعاتی که در خصوص خاصیت ضد میکروبی لاکتوفرین انجام شده نشان داده اند که لاکتوفرین‌ها توانسته‌اند برخی از موتان‌های *استرپتوکوکوس* را طی فرایندی مستقل از مکانیسم واکنش با آهن از بین ببرند [٢٤]. مطالعات ساختار کریستالی لاکتوفرین‌ها نشان می‌دهد که این پروتئین‌ها دارای اتصالات کاتیونی بزرگی در سطح خود هستند که باعث تسهیل در ارتباط مستقیم با لیپید A آنیونی جز لیپو پلی ساکاریدی باکتری‌های گرم منفی می‌شود این تعامل می‌تواند به غشای داخلی سلول آسیب رسانده و نفوذپذیری غشای خارجی را تغییر داده و منجر به خروج ترکیبات داخل سلولی شوند [٢٥، ٢٦]. لاکتوفرین علاوه بر این روش می‌تواند از طریق ممانعت از متابولیسم میکروبی کربوهیدرات‌ها، و یا از طریق اتصال به کلسیم و منیزیم فعالیت ضد میکروبی داشته باشد. خواص ضد میکروبی این ترکیب بیشتر

بر روی میکروارگانیسم‌هایی از جمله: *کارنوباکتریوم*، *لیستریاسیتومونوژنس*، *اشرشیاکلی* و *کلبسیلا* به اثبات رسیده است [۲۵].

۳-۲- کیتوزان

در میان چندین ترکیب ضد میکروبی طبیعی، کیتوزان کاربرد تجاری قابل توجهی در صنایع غذایی دارد. ترکیب بیوپلیمری است که بطور طبیعی در اسکلت جانوران به ویژه سخت - پوستان و بند پایان دیده می‌شود. کیتوزان در نگهداری موادغذایی بسیار موثر می‌باشد، اما در pH خنثی و بالاتر (۶ <pH) بصورت نامحلول است که می‌توان حلالیت آن را بهبود بخشید و به عنوان نگهدارنده در مواد غذایی استفاده کرد [۲۸,۲۷]. کیتوزان پلی ساکارید آبدوست مشتق شده از کیتین می‌باشد که دارای طیف ضد میکروبی وسیعی در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی می‌باشد. کیتین و کیتوزان به عنوان یک ترکیب ضد میکروبی در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌های هدف مانند: جلبک، باکتری و قارچ طی آزمایشاتی در اشکال مختلف انجام شده مورد بررسی قرار گرفته است. اگرچه مکانیسم دقیق آن بطور کامل مشخص نشده است ولی داده‌های اخیر سعی بر این داشته اند که کیتین و کیتوزان را به عنوان یک ترکیبی که مانع از رشد باکتری‌ها می‌شوند معرفی کنند نه یک باکتری کُش [۲۹,۳۰].

سه مکانیسم احتمالی برای عملکرد ضد میکروبی کیتین و کیتوزان بیان شده است:

(۱) مورد تاییدترین مکانیسم بیان شده تعامل بین کیتین و کیتوزان دارای بار مثبت با غشای سلولی دارای بار منفی است که انجام این فعل و انفعالات می‌تواند منجر به ایجاد تداخل دوگانه شود:

الف) باعث ایجاد تغییر در نفوذپذیری غشای سلولی و عدم تعادل فشار اسمزی داخل سلولی شده و مانع از رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شود.

ب) با هیدرولیز پپتیدوگلیکان موجود در دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها منجر به نشت الکترولیت‌های درون سلولی مانند یون‌های پتاسیم و سایر اجزاء پروتئینی با وزن مولکولی کم می‌شود.

(۲) روش پیشنهادی دیگر اتصال کیتوزان با DNA میکروبی است که منجر به مهار mRNA و سنتز پروتئین از طریق نفوذ کیتوزان به داخل سلول می‌شود.

(۳) مکانیسم سوم، نقش کیتوزان به عنوان یک شلاته کننده فلزات ضروری، سرکوب عناصر اسپورزایی و اتصال به مواد مغذی ضروری مورد نیاز جهت رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشد [۳۳,۳۲,۳۱].

۳-۳-لیزوزیم

لیزوزیم یا موراميداز دسته‌ای از آنزیم‌های پروتئینی گلیکوزید هیدرولاز می‌باشند. لیزوزیم آنزیمی است که در از بین بردن باکتری‌های درون دهان نقش مهمی دارد. لیزوزیم باعث تخریب و شکسته شدن دیواره سلولی بسیاری از باکتری‌ها می‌شود. لیزوزیم آنزیمی است که بطور طبیعی در تخم پرندگان، شیر پستانداران و غیره وجود دارد و به عنوان یک ماده ایمن جهت استفاده مستقیم در موادغذایی به رسمیت شناخته شده است. فعالیت ضد میکروبی لیزوزیم بیشتر مربوط به تجزیه پیوند بتا ۱و۴ بین N-استیل موراميک اسید و N-استیل گلوکز آمین در پپتیدوگلیکان دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. گزارش شده است که لیزوزیم موجود در سفیده تخم مرغ به عنوان یک باکتریولیتیک عمل کرده و از عوامل ضد میکروبی جهت نگهداری موادغذایی به شمار می‌رود. از این ترکیبات در نگهداری موادغذایی از جمله: گوشت و محصولات گوشتی، شیر و محصولات لبنی، میوه‌ها، سبزیجات و ماهی‌ها استفاده شده است [۳۴]. در بررسی بچه خوک‌هایی که دچار اسهال ناشی از *اشرشیا کلی* بوده‌اند طی تیمار با شیر انسانی حاوی لیزوزیم بهبودی سریعی حاصل شده است [۳۵]. در یک بررسی پپتیدهای مشتق شده از لیزوزیم تخم مرغ در غلظت ۰/۰۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر اثر مهارکنندگی روی هر دو شکل رویشی و اسپور باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* نشان داده است. این نتایج نشان می‌دهد که لیزوزیم می‌تواند در جهت کنترل فساد موادغذایی ناشی از *باسیلوس‌ها* بسیار مفید باشد. بطور کلی تاثیر فعالیت ضد میکروبی لیزوزیم روی باکتری‌های گرم مثبت بیشتر است زیرا این باکتری‌ها حاوی ترکیبی بنام پپتیدوگلیکان در دیواره سلولی خود بوده که در برابر لیزوزیم حساسیت بالایی دارد و بطور سریع دچار تخریب می‌شود. می‌توان حساسیت باکتری‌های گرم مثبت را در برابر لیزوزیم با استفاده از مواد شوینده و شلاته‌کننده‌هایی مثل Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) به عنوان عوامل مختل کننده غشا سلولی افزایش داد. اما دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی یک لایه

لیپوپلی‌ساکاریدی دارد که به عنوان یک مانع فیزیکی از اثر لیزوزیم بر روی میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند [٣٦]. در جدول (٢) به بیان خواص ضد میکروبی برخی از ترکیبات طبیعی با منشاء حیوانی به همراه منابع و میکروارگانیسم‌های هدف پرداخته شده است.

Table 2 Some antimicrobial compounds from animal origin

Antimicrobial agent	Major component	Major source	Target germs	Reference
Casein and whey	Bioactive peptides	Milk protein	*Enterobacter sakazakii ATCC 12868, E. coli* DPC5063, *S. aureus, Listeria monocytogenes, S. typhimurium, B. subtilis*	[37,38]
Protamine	Cationic antimicrobial peptides	Salmon, trout	*L. monocytogenes, coliforms*	[39,40]
Lysozyme	Glutamic acid, aspartic acid	Eggs, mammalian milk	*Bacillus, Micrococcus*	[39]
Chitosan	Polycationic biopolymer compound	Exoskeletons of crustaceans and arthropods	*E. coli, S. aureus Pseudomonas* spp, and *L.monocytogenes*	[41]
Lactoperoxidase	Glycoprotein	Raw milk, colostrum, saliva and other biologicalsecretions	*Salmonella, E coli, Staphylococcus*	[41]
Lactoferrin	Iron binding of glycoproteins	Milk	*Pseudomonas, E. coli, salmonella*	[41,42]

٤- ترکیبات ضد میکروبی با منشاء باکتریایی

میکروارگانیسم‌ها بویژه باکتری‌های اسید لاکتیک (Lactic acid bacteria) طیف وسیعی از مواد شیمیایی را با خواص ضد میکروبی تولید می‌کنند. در سال‌های اخیر، نگهداری زیستی (استفاده از میکروارگانیسم‌ها یا متابولیت‌های آنها برای جلوگیری از فساد، افزایش ایمنی و ماندگاری مواد غذایی) به علت تقاضای مصرف کنندگان برای کاهش اثرات بالقوه منفی نگهدارنده‌های سنتزی مورد توجه زیادی قرار گرفته است [٤٣]. با توجه به مزایای سلامت بخشی، ایمنی و نگهدارندگی باکتری‌های اسید لاکتیک که قرن‌هاست توسط انسان مورد استفاده قرار گرفته است، این باکتری‌ها پتانسیل خوب و امیدوارکننده‌ای برای برطرف کردن نیازهای مصرف کنندگان دارند [٤٤]. LAB[3] بطور طبیعی در موادغذایی مختلف نظیر لبنیات، فرآورده‌های گوشتی و سبزیجات وجود داشته ویا به عنوان کشت‌های خالص یا آغازگر در تولید محصولات لبنی مانند شیر، ماست، پنیرهای کاتیج، پنیرهای سخت و نرم به‌کار برده می‌شوند. باتوجه به اینکه LAB از لحاظ ایمنی در اروپا مورد تایید و به عنوان مواد ایمن (Generally Recognized as Safe) به رسمیت شناخته شده‌اند، می‌توان از آنها به عنوان ترکیبات طبیعی جایگزین افزودنی‌های شیمیایی و در عین حال ارائه محصولات غذایی جدید و جذاب استفاده کرد [٤٥]. اسیدهای آلی (مانند اسیدلاکتیک، اسید استیک، اسید فرمیک، اسید کاپروئیک، اسید فنیل لاکتیک)، کربن دی اکسید، پراکسید هیدروژن، دی استیل، اتانول، اسیدهای چرب هیدروکسیل، دی پپتیدهای حلقوی، ترکیبات پروتئینی، رئوترین و رئوتری سیلین از جمله مواد ضد میکروبی بویژه ضد قارچی طبیعی هستند که به وسیله باکتری‌های اسید لاکتیک تولید و باعث افزایش ماندگاری و سلامتی بخشی موادغذایی می‌شوند [٤٦].

٤-١- اسیدهای آلی

باکتری‌های اسید لاکتیک باکتری‌های محبوبی در تولید اسیدهای آلی مانند لاکتات، استات، فرمات، سوکسینات و سیترات می‌باشند. اسیدهای آلی تاریخی طولانی در استفاده به عنوان افزودنی و نگهدارنده در ممانعت از فساد و افزایش ماندگاری ترکیبات مواد غذایی دارند. این ترکیبات به عنوان

---

[3] Lactic acid bacteria

اسیدی کننده، آنتی اکسیدان، عامل طعم دهنده، تنظیم کننده pH و ماده مغذی کاربرد دارند. اسیدهای آلی توسط یک سری از مکانیسم‌های به هم مرتبط سبب بازداری میکروبی می‌گردند. از مهم ترین مکانیسم‌های رایج انجام این اهداف می‌توان ورود پیوسته اسیدهای آلی به درون سلول باکتری، کاهش فعالیت آبی، تراکم آنیون‌های سمی و جلوگیری از واکنش‌های سوخت و ساز ضروری را نام برد. اسیدها می‌توانند در داخل سلول بر روی هم انباشته شده و در این حالت pH داخل سلولی را کاهش دهند که این کاهش pH سبب تخریب پروتئین‌های سلولی و نابودی پاتوژن‌ها خواهد شد. از عوامل تاثیرگذار بر فعالیت اسیدهای آلی می‌توان به تعداد اسیدهای آلی تفکیک نشده‌ای که وارد سلول باکتری می‌شوند، ثابت اسیدی، فعالیت آبی، pH و دما اشاره کرد [۴۷].

۴-۲- دی پپتیدهای حلقوی

دی پپتیدهای حلقوی که به عنوان ۵,۲– دی اکسو پیپرازین‌ها نیز شناخته می‌شوند، یکی از رایج‌ترین مشتقات پپتیدی موجود در طبیعت می‌باشند. خواص بیواکتیو مختلف در ارتباط با این دی‌پپتیدها شامل فعالیت‌های ضد میکروبی و ضد توموری بوده در حالی که ممکن است در فرآیندهای کوئوروم سنسینگ[۴] نیز نقش داشته باشند [۴۹,۴۸]. خواص دی پپتیدهای حلقوی تولید شده به وسیله LAB به عنوان عوامل ضد قارچ در مطالعات مختلفی بررسی و نشان داده شده است. سایکلو دی پپتیدهای حلقوی(leucyl-L-glycyl) به عنوان یک ترکیبی که رشد باکتری‌های گرم منفی پانتوا آگلومرانس و همچنین کپک *فوزاریوم آواناسیوم* را به تاخیر می‌اندازد از *لاکتو باسیلوس پلانتاروم* VTTE-78076 جداسازی شده است [۵۱,۵۰].

۴-۳- رئوترین

رئوترین (β- هیدروکسی پروپیون آلدهید) یک ماده با طیف گسترده‌ای از خاصیت ضد میکروبی بوده که به وسیله *لاکتوباسیلوس رئوتری* تولید می‌شود. این ترکیب با وزن مولکولی کم در برابر طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی مانند *سالمونلا تیفی موریوم* و *اشریشیا کلی* فعالیت ضد میکروبی نشان می‌دهد. علاوه بر این دارای قدرت ممانعت کنندگی از رشد طیف وسیعی از کپک‌ها و مخمرها ازجمله *کاندیدا آلبیکانس* و *آسپرژیلوس فلاووس* است. رئوترین به دلیل ویژگی‌هایی از جمله: حلالیت بالا در آب، مقاومت در برابر حرارت و پایداری بالا در رنج گسترده‌ای از pH به عنوان یک ترکیب ایده‌آل برای نگهداری مواد غذایی شناخته شده است [۵۳,۵۲].

۴-۴-اسیدهای چرب

اسیدهای چرب دارای خاصیت ضد باکتریایی و ضد قارچی بوده و طول زنجیره اسید چرب نقش مهمی را در عمل ضد میکروبی آنها ایفا می‌کند بطوری که زنجیره‌های طولانی تر خاصیت بازدارندگی بهتری را از خود نشان می‌دهند. ساختار اسید چرب یک عامل مهم در فعالیت ضد قارچی نیز محسوب می‌شود بطوری که اسیدهای چرب برای اعمال بازدارندگی حداقل به یک گروه هیدروکسیل و یک پیوند دوگانه به همراه زنجیره کربن نیاز دارد. تا به امروز اطلاعات محدودی در مورد تشخیص عمل اسیدهای چرب در دسترس است با این حال چند مکانیسم برای عمل آنها پیشنهاد شده است. براساس نظر آویس و همکاران (۲۰۰۱) اسیدهای چرب ضد قارچ، لایه های چربی غشاء قارچی را تفکیک و از این طریق باعث از دست رفتن ماهیت، افزایش سیالیت و نفوذپذیری غشاء، درنتیجه انتشار کنترل نشده الکترولیت‌های داخل سلولی و پروتئین‌ها شده که در نهایت منجر به فروپاشی سیتوپلاسم سلول‌های قارچی می‌شود [۵۴,۴۸].

۴-۵- باکتریوسین

از زمان کشف آنتی‌بیوتیک‌ها در اوایل قرن نوزدهم این ترکیبات ضدمیکروبی همچنان جایگاه خود را در کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها حفظ کرده اند. امروزه استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک‌ها سبب ایجاد سویه‌های مقاوم شده و یکی از چالش‌های قرن جدید است. نگرانی در مورد مقاومت‌های آنتی‌بیوتیکی به قدری جدی است که در بسیاری از کشورها بودجه‌های هنگفتی برای کشف جایگزین‌های دارویی اختصاص داده اند. باکتریوسین‌ها از جمله جایگزین‌های مورد توجه می‌باشند که اولین بار در محیط کشت باکتری اشرشیاکلی در سال ۱۹۲۵ یافت شده اند. باکتریوسین‌ها، پپتیدها یا پروتئین‌های سنتز شده توسط ریبوزوم‌ها که دارای طیف متنوعی از فعالیت ضدمیکروبی هستند و توسط گروه وسیعی از باکتری‌ها تولید می‌شوند. استفاده از این مولکول‌های ضدمیکروبی در صنایع غذایی نیاز مصرف کننده قرن جدید را

---

[4] Quorum sensing

که به دنبال ماده غذایی ایمن و با کمترین دخالت ترکیبات شیمیایی است مرتفع می‌کند [۵۵]. باکتریوسین‌ها پروتئین‌های پیچیده سنتز شده با وزن مولکولی کم (زیر ۱۰ کیلو دالتون) هستند که می‌توانند توسط ریبوزوم‌ها در باکتری گرم مثبت و گرم منفی تولید می‌شوند و اثرات باکتری کشی و مهاری خود را بر علیه سویه‌های نزدیک یا سویه‌های دور از مولد باکتریوسین‌ها نشان می‌دهند [۵۵]. باکتریوسین‌ها را می‌توان باتوجه به ویژگی‌های مختلف از جمله: ویژگی‌های ژنتیکی، بیوشیمیایی، ثبات گرمایی و آنزیمی، اصلاحات پس از ترجمه و عملکرد ضد میکروبی در ٤ دسته زیر طبقه بندی کرد:

(۱) لانتی بیوتیک‌ها (Class I)، که پپتیدهای کوچک و مقاوم به گرما دارای تغییرات پس از ترجمه هستند که در ساختمان خود دارای آمینواسیدهای غیر معمول لانتیئن و متیل لانتیئن می‌باشند. نایسین اولین باکتریوسین با خواص ضد میکروبی بالایی است که تاییدیه سازمان غذا و دارو در امریکا را کسب کرده است و امروزه در بیش از ۵۰ کشور جهان از آن به عنوان نگهدارنده مواد غذایی استفاده می‌شود. این ترکیب توسط *لاکتوکوکوس لاکتیس* تولید شده و در برابر باکتری‌های گرم مثبت بویژه گونه‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *باسیلوس سرئوس* موثر بوده و از رشد و فعالیت آنها جلوگیری می‌کند [٥٦]. لانتی‌بیوتیک‌ها براساس ساختار و عملکرد ضدمیکروبی در دو گروه قرار می‌گیرند: زیر گروه A شامل پپتیدهای خطی و کاتیونی دارای حداکثر ٣٤ اسید آمینه که مکانیسم عمل ضدمیکروبی این گروه تخریب غشای سلول هدف است. زیرگروه B پپتیدهای حلقوی و دارای حداکثر ۱۹ اسید آمینه هستند که با هدف قرار دادن آنزیم‌های سلول هدف اعمال حیاتی آن را متوقف می‌کنند. با وجود این طبقه‌بندی اکثر باکتریوسین‌ها دارای فعالیت بینابینی هستند برای مثال نیسین دارای هردو فعالیت مهاری است. تعداد زیادی از لانتی‌بیوتیک‌های تازه شناسایی شده را نیز نمی‌توان در یکی از دو زیرگروه جای داد. بررسی های جدیدتر پیشنهاد می‌کنند که لانتی‌بیوتیک‌ها در ۱۱ زیرگروه طبقه بندی می‌شوند گرچه هنوز این تقسیم بندی نیز کامل نشده است [۵۵]. فعالیت ضد میکروبی نایسین به عنوان معروف‌ترین لانتی بیوتیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. این پپتیدها در ابتدا با ایجاد منفذ در غشای سلول هدف باعث تخریب آن می‌شود. مهم‌ترین قسمت در فعالیت ضد میکروبی نایسین اتصال آن به غشای سلول هدف است اتصال اولیه به غشا به کمک انتهای آمینی در نایسین و پیرو فسفات در مولکول لیپید II از طریق پیوندهای هیدروژنی صورت می‌گیرد (شکل ۲).

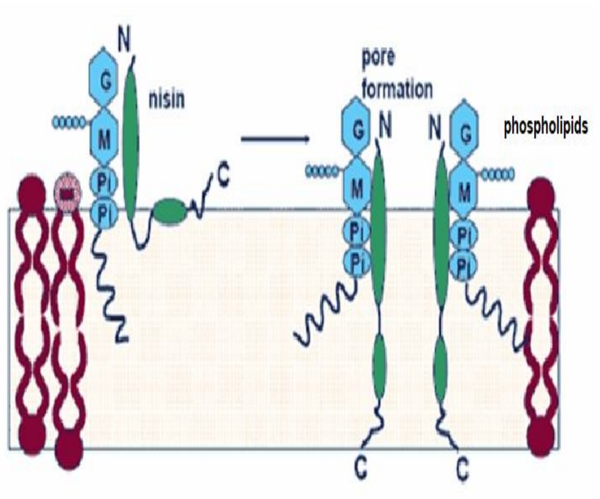

Fig 2 The antimicrobial mechanism of nisin [55]

مطالعات نشان می‌دهد که اتصال نایسین به لیپید II منجر به تغییر در قطبیت پتانسیل الکتریکی غشا می‌شود. لیپید II در ایجاد این منفذ نقش مهمی را ایفا می‌کند به گونه‌ای که حذف لیپید II در سلول‌های حساس، منجر به کاهش اثر ضد میکروبی نایسین در آنها می‌شود. با توجه به این که لیپید II پیش ساز سنتز پپتیدوگلیکان است این اتصال می‌تواند منجر به مهار سنتز دیواره سلولی نیز شود [۵۵].

(۲) پپتیدهای کوچک مقاوم در برابر حرارت با ساختار مارپیچی آمفی‌فیلیک (Class II)، این دسته از باکتریوسین‌ها با عبور از غشا می‌توانند به دیواره سلولی نفوذ کرده و به گیرنده‌هایی بنام رسپتور مانوز فسفوترانسفراز (Man-PTS) متصل شده و فرایند ایجاد منفذ را بر روی دیواره سلولی شروع کنند [٥٦].

(۳) باکتریوسین‌های بزرگتر با فعالیت پیچیده و ساختار پروتئینی انعطاف پذیر (Class III)، این دسته از باکتریوسین‌ها می‌توانند بصورت مستقیم بر روی دیواره‌های سلول‌های هدف اثر کنند و باعث اختلال در آنها شوند [٥٦].

(٤) باکتریوسین‌های پیچیده‌ای که حاوی بخش‌های چربی و کربوهیدرات هستند، این دسته از باکتریوسین‌ها نیز می‌توانند بصورت مستقیم با ایجاد اختلال بر روی دیواره سلولی منجر به مرگ سلولی شوند [٥٦].

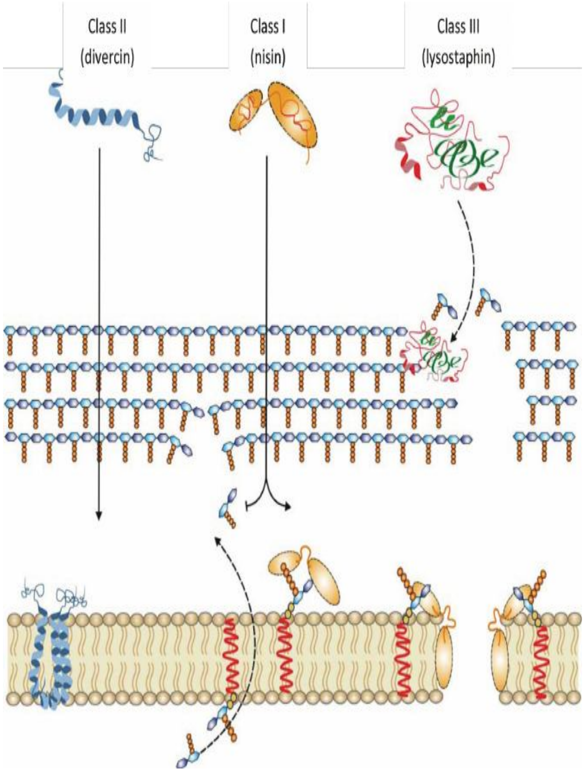

Fig 3 Antimicrobial effect of different classes of bacteriocins [55]

تاثیر ضد میکروبی باکتریوسین بر روی باکتری‌های گرم مثبت بسیار بیشتر بوده و در برابر باکتری‌های گرم منفی ناچیز است، که علت اصلی آن وجود لایه لیپوپلی ساکارید خارجی موجود در دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی است [۵۵].

۵- ترکیبات ضد میکروبی بر پایه جلبک‌ها و قارچ‌ها

در سال‌های اخیر گزارش‌های زیادی از جلبک‌ها و قارچ‌ها به عنوان منابع طبیعی از مواد فعال زیستی منتشر شده است که این مواد طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی مانند خواص آنتی‌بیوتیکی، ضد ویروسی، آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و سلامتی بخشی را در بر می‌گیرند. با این حال پژوهش‌های محدودی در رابطه با ارزیابی فعالیت ضد میکروبی قارچ‌ها و جلبک‌ها در نگهداری موادغذایی موجود است [۵۷]. با توجه به تنوع زیاد قارچ‌ها و جلبک‌ها این ترکیبات می‌توانند یک منبع غنی از ترکیبات ضد میکروبی جدید باشند. باتوجه به اینکه جلبک‌ها دارای تنوع زیادی بوده، بطور گسترده‌ای در تمام دنیا پراکنده‌اند و هر گروه نیز از لحاظ ویژگی‌های اختصاصی در خور توجه می‌باشند بررسی آنها در زمینه‌های مختلف علمی از اهمیت بسیاری برخوردار است که یکی از مهم‌ترین فواید آن برای انسان خواص دارویی آن است. جلبک‌ها در طی هزاران سال منبع مهمی از داروها بوده‌اند.بیش از دو هزار سال است که از خواص دارویی و تغذیه‌ای جلبک‌ها استفاده می‌شود. عمده‌ترین و اصلی‌ترین ترکیبات ضد میکروبی موجود در جلبک‌ها شامل: ترپنوئیدها، فلوروتانین، اسیدآکریلیک، ترکیبات فنلی، استروئیدها، کتون‌ها و آلکاه‌های هالوژنه، پلی‌سولفیدهای حلقوی و اسیدهای چرب است [۵۸]. حضور این ترکیبات یک مکانیسم جایگزین برای عوامل ضد میکروبی است به این صورت که این ترکیبات نفوذپذیری غشا سلولی میکروب را افزایش داده و باعث تسهیل فعالیت آنها می‌شوند [۵۹]. مواد فعال زیستی در جلبک‌ها شامل متابولیت‌های اولیه و ثانویه است. این متابولیت‌ها در صنایع مختلف از جمله کشاورزی و صنعت بخصوص داروسازی و پزشکی کاربرد فراوانی دارد. در سال‌های اخیر با توجه به مقاومت پاتوژنی باکتری‌ها علیه آنتی‌بیوتیک‌های سنتزی، مطالعه برروی ترکیبات طبیعی نظیر اسانس و عصاره گیاهان مواد جانوری و معدنی اهمیت بیشتری پیدا کرده است. بررسی‌ها نشان داده‌اند که فعالیت ضد میکروبی جلبک‌ها بسته به نوع جلبک و زمان جمع آوری آن می‌تواند متفاوت بوده باشد. طبق تحقیقی که سالوادور و همکارانش (۲۰۰۷) در کشور اسپانیا بر شناسایی و بررسی اثر ضد میکروبی ۸۴ جلبک دریایی در سواحل دریایی کشور پرداخته اند، که از این ۸۴ گونه، ۱۸ گونه متعلق به گروه جلبک‌های سبز، ۲۶ گونه متعلق به گروه جلبک‌های قهوه‌ای، ۳۹ گونه متعلق به جلبک‌های قرمز بوده‌است [۶۰]. آنان مطالعات ضد میکروبی خود را در برابر دو باکتری گرم مثبت دو باکتری گرم منفی و دو قارچ انجام داده‌اند. بیشترین حساسیت در بین باکتری‌ها متعلق به باسیلوس سرئوس و کم‌ترین حساسیت مربوط به سودوموناس ائروژینوزا بوده است. در فصل پائیز جلبک‌های قرمز و قهوه‌ای بیشترین فعالیت را نشان دادند و در فصل تابستان بیشترین فعالیت مربوط به جلبک‌های سبز بوده است. در میان قارچ‌ها برخی از گونه‌ها به عنوان غذا مصرف می‌شوند که نشان داده شده است دارای خواص ضد میکروبی اند همچنین قارچ‌ها دارای خواص آنتی‌بیوتیکی و آنتی‌اکسیدانی نیز می‌باشند. فعالیت ضد میکروبی قارچ‌ها بیشتر مربوط به حضور متابولیت‌های زیست‌فعال مختلف، ترکیبات فرار، برخی از فنول‌ها، اسید

گالیک، اسیدهای چرب آزاد و دیگر مشتقات آن‌ها می‌باشند. با توجه به تنوع زیستی قارچ‌ها، از این ترکیبات می‌توان به عنوان منابع ضد میکروبی طبیعی در دسترس جهت نگهداری و حفظ کیفیت مواد غذایی استفاده کرد [۶۰].

۶- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر توجه به ترکیبات نگهدارنده طبیعی با منشاء مختلف بسیار افزایش پیدا کرده است، افزایش سطح آگاهی مردم نسبت به خواص سلامتی بخش این ترکیبات، آگاهی از اثرات منفی مستقیم و غیر مستقیمی که نگهدارنده‌های سنتزی یا شیمیایی در سلامت انسان ایجاد می‌کنند مصرف کنندگان و محققان را بر این داشته است که تلاش برای جایگزینی ترکیبات طبیعی به جای ترکیبات شیمیایی و سنتزی را افزایش دهند. امروزه بیشتر مطالعات حاکی از این است که از یک یا چندین ترکیب بصورت مختلط به عنوان نگهدارنده استفاده شود تا در غلظت پایین بدون ایجاد هرگونه تغییر در ویژگی‌های کیفی و حسی محصول بیشترین اثر را داشته باشند. البته یادآور می‌شویم باید قبل از استفاده از ترکیبات ضد میکروبی طبیعی در مواد غذایی از ایمنی و سلامت آن ترکیب اطمینان حاصل کنیم. با رعایت و توجه به نکات ذکر شده می‌توان از ترکیبات طبیعی به عنوان جایگزینی ایمن و مفید به جای ترکیبات شیمیایی و سنتزی در نگهداری و تضمین کیفیت محصولات غذایی استفاده نمود.

۷- منابع

[1] Amiri, S., Rezazadeh-Bari, M., Alizadeh-Khaledabad, M., & Amiri, S. (2019). New formulation of vitamin C encapsulation by nanoliposomes: production and evaluation of particle size, stability and control release. Food Science and Biotechnology, 28(2), 423-432.

[2] Tajkarimi, M., Ibrahim, S., & Cliver, D. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. Food Control, 21(9), 1199e1218.

[3] Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry, 99(1): 191-203.

[4] Ghamari, M. A., Amiri, S., Rezazadeh-Bari, M., & Rezazad-Bari, L. (2021). Physical, mechanical, and antimicrobial properties of active edible film based on milk proteins incorporated with *Nigella sativa* essential oil. Polymer Bulletin, 1-21.

[5] Hassoun, Abdo, et al. "Use of Spectroscopic Techniques to Monitor Changes in Food Quality during Application of Natural Preservatives: A Review." Antioxidants 9.9 (2020): 882.

[6] Asdagh, A., & Pirsa, S. (2020). Bacterial and oxidative control of local butter with smart/active film based on pectin/nanoclay/Carum copticum essential oils/β-carotene. International Journal of Biological Macromolecules, 165, 156-168.

[7] Jafari, A., Esmaiili, M., Amiri, S., & Heidari, R. (2021). Rheological, antioxidant, physicochemical, and biochemical characterization of Iranian monofloral honeys. Journal of Food and Bioprocess Engineering, 4(1), 43-52.

[8] Pirsa, S., Farshchi, E., & Roufegarinejad, L. (2020). Antioxidant/antimicrobial film based on carboxymethyl cellulose/gelatin/TiO2–Ag nano-composite. Journal of Polymers and the Environment, 28(12), 3154-3163.

[9] Seetaramaiah, K., Smith, A. A., Murali, R., & Manavalan, R. (2011). International journal of pharmaceutical and biological archive: 583-99.

[10] Sagdic, O., Ozturk, I., Yilmaz, M., & Yetim, H. (2011). Effect of grape pomace extracts obtained from different grape varieties on microbial quality of beef patty. Journal of Food Science,76: 515-521.

[11] Asdagh, A., Sani, I. K., Pirsa, S., Amiri, S., Shariatifar, N., Eghbaljoo–Gharehgheshlaghi, H., ... & Taniyan, A. (2021). Production and characterization of nanocomposite film based on whey protein isolated/copper oxide nanoparticles containing coconut essential oil and paprika extract. Journal of Polymers and the Environment, 29(1), 335-349.

[12] Dinesh, P., Boghra, V., & Sharma, R. (2000). Effect of antioxidant principles isolated from mango (Mangifera indica L.) seed kernels on oxidative stability of ghee (butter fat). Journal of Food Science and Technology,37: 6-10.

[13] Rabin, G., & Salam, A. (2014). Natural products as antimicrobial agents. Food Control, 46: 412-429.

[14] Agourram, A., Ghirardello, D., Rantsiou, K., Zeppa, G., Belviso, S., Romane, A., ... & Giordano, M. (2013). Phenolic content, antioxidant potential, and antimicrobial activities of fruit and vegetable by-product extracts. International Journal of Food Properties, 16(5), 1092-110.

[15] Wonghirundecha, S., & Sumpavapol, P. (2012). Antibacterial activity of selected plant by-products against foodborne pathogenic bacteria. In International Conference on Nutrition and Food Sciences, 39, (11) 116-120.

[16] Sagdic, O., Ozturk, I., Yilmaz, M. T., & Yetim, H. (2011). Effect of grape pomace extracts obtained from different grape varieties on microbial quality of beef patty. Journal of Food Science, 76(7), M515-M521.

[17] De Sotillo, D. R., Hadley, M., & Wolf- Hall, C. (1998). Potato peel extract a nonmutagenic antioxidant with potential antimicrobial activity. Journal of Food Science, 63(5), 907-910.

[18] Friedman, M., Henika, P. R., & Levin, C. E. (2013). Bactericidal activities of health- promoting, food-derived powders against the foodborne pathogens Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Salmonella enterica, and Staphylococcus aureus. Journal of Food Science, 78(2), M270-M275.

[19] Bevilacqua, A., Ficelo, S., Corbo, M. R., & Sinigaglia, M. (2010). Bioactivity of grapefruit seed extract against Pseudomonas spp. Journal of Food Processing and Preservation, 34(3), 495-507.

[20] Taveira, M., Silva, L., Vale-Silva, L., Pinto, E., Valentaeo, P., & Ferreres, F. (2010). Lycopersicon esculentum seeds: an industrial byproduct as an antimicrobial agent. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 9529-9536

[21] Moghanjougi, Z. M., Bari, M. R., Khaledabad, M. A., Almasi, H., & Amiri, S. (2020). Bio-preservation of white brined cheese (Feta) by using probiotic bacteria immobilized in bacterial cellulose: Optimization by response surface method and characterization. LWT, 117, 108603.

[22] Arnold, R. R., Russell, J. E., Champion, W. J., & Gauthier, J. J. (1981). Bactericidal activity of human lactoferrin: influence of physical conditions and metabolic state of the target microorganism. Infection and Immunity, 32(2), 655-660.

[23] Kell, D. B., Heyden, E. L., & Pretorius, E. (2020). The biology of lactoferrin, an iron-binding protein that can help defend against viruses and bacteria. Frontiers in Immunology, 11, 1221.

[24] Campione, E., Cosio, T., Rosa, L., Lanna, C., Di Girolamo, S., Gaziano, R., ... & Bianchi, L. (2020). Lactoferrin as protective natural barrier of respiratory and intestinal mucosa against coronavirus infection and inflammation. International Journal of Molecular Sciences, 21(14), 4903.

[25] Baker, E. N., Baker, H. M., & Kidd, R. D. (2002). Lactoferrin and transferrin: functional variations on a common structural framework. Biochemistry and Cell Biology, 80(1), 27-34.

[26] Al-Nabulsi, A., & Holley, R. (2005). Effect of bovine lactoferrin against Carnobacterium viridans. Food Microbiology, 22: 179-18

[27] Zhao, D., Dai, S, Y., & Yang, B. (2009). Preparation of water-soluble chitosan from shrimp shell and its antibacterial activity. Innovative Food Science & Emerging Technologies10: 103-107

[28] Vishu Kumar, A. B., Varadaraj, M. C., Gowda, L. R., & Tharanathan, R. N. (2005). Characterization of chito-oligosaccharides prepared by chitosanolysis with the aid of papain and Pronase, and their bactericidal action against *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. Biochemical Journal, 391(2), 167-175.

[29] Mohammadi, B., Pirsa, S., & Alizadeh, M. (2019). Preparing chitosan–polyaniline nanocomposite film and examining its mechanical, electrical, and antimicrobial properties. Polymers and Polymer Composites, 27(8), 507-517.

[30] Percot, A., Viton, C., & Domard, A. (2003). Optimization of chitin extraction from shrimp shells. Biomacromolecules, 4(1), 12-18.

[31] Roller, S., & Covill, N. (1999). The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. International Journal of Food Microbiology, 47(1-2), 67-77.

[32] Sudarshan, N. R., Hoover, D. G., & Knorr, D. (1992). Antibacterial action of

chitosan. Food Biotechnology, 6(3), 257-272.

[33] Hadwiger, L. A., Kendra, D. F., Fristensky, B. W., & Wagoner, W. (1986). Chitosan both activates genes in plants and inhibits RNA synthesis in fungi. In Chitin in nature and technology (209-214). Springer, Boston, MA.

[34] Cegielska-Radziejewska, R., Lesnierowski, G, & Kijowski, J. (2009). Antibacterial activity of hen egg white lysozyme modified by thermochemical technique. European Food Research and Technology, 228: 841-845.

[35] Cooper, C. A., Klobas, L. C. G., Maga, E. A., & Murray, J. D. (2013). Consuming transgenic goats' milk containing the antimicrobial protein lysozyme helps resolve diarrhea in young pigs. PloS one, 8(3), e58409.

[36] Abdou, A., Higashiguchi, S., Aboueleinin, A., Kim, M., & Ibrahim, H. (2007). Antimicrobial peptides derived from hen egg lysozyme with inhibitory effect against Bacillus species. Food Control.18: 173-178.

[37] Korhonen, H. J., & Rokka, S. (2010). Properties and applications of antimicrobial proteins and peptides from milk and eggs. Bioactive food proteins and peptides: Applications in human health, 49.

[38] Hayes, M., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., Hill, C., & Stanton, C. (2006). Casein-derived antimicrobial peptides generated by Lactobacillus acidophilus DPC6026. Applied and Environmental Microbiology, 72(3), 2260-2264.

[39] Juneja, V. K., Dwivedi, H. P., & Yan, X. (2012). Novel natural food antimicrobials. Annual review of food science and technology, 3, 381-403.

[40] Potter, R., Hansen, L. T., & Gill, T. A. (2005). Inhibition of foodborne bacteria by native and modified protamine: Importance of electrostatic interactions. International Journal of Food Microbiology, 103(1), 23-34.

[41] Taormina, P. J. (2012). -Competitive research and development on antimicrobials and food preservatives. In Microbiological Research and Development for the Food Industry (pp. 120-171). CRC Press.

[42] Lönnerdal, B. (2011). Biological effects of novel bovine milk fractions. Milk and milk products in human nutrition, 67, 41-54.

[43] Amiri, S., Rezazadeh Bari, M., Alizadeh Khaledabad, M., Rezaei Mokarram, R., & Sowti Khiabani, M. (2021). Co-production of parabiotic metabolites by Lactobacillus acidophilus LA5 and Bifidobacterium animalis subsp. lactis BB12 in dairy effluents. Chemical Review and Letters, 4(2), 66-76.

[44] Cortés-Zavaleta O, López-Malo A,Hernández-Mendoza A,García H. Antifungal activity of lactobacilli and its relationship with 3-phenyllactic acid production. International Journal of Food microbiology. 2014; 173:30-5

[45] Amiri, S., Aghamirzaei, M., Mostashari, P., Sarbazi, M., Tizchang, S., & Madahi, H. (2021). The impact of biotechnology on dairy industry. In Microbial biotechnology in food and health (pp. 53-79). Academic Press.

[46] Muhialdin BJ, Hassan Z. Screening of lactic acid bacteria for antifungal activity against Aspergillus oryzae. American Journal of Applied Sciences. 2011;8(5):447

[47] Sohrabpour, S., Rezazadeh Bari, M., Alizadeh, M., & Amiri, S. (2021). Investigation of the rheological, microbial, and physicochemical properties of developed synbiotic yogurt containing Lactobacillus acidophilus LA-5, honey, and cinnamon extract. Journal of Food Processing and Preservation, 45(4), e15323.

[48] Crowley S, Mahony J, van Sinderen D.Current perspectives on antifungal lactic acid bacteria as natural bio-preservatives. Trends in Food Science & Technology.2013;33(2):93-109.

[49] Leroy F, De Vuyst L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. (2004). Trends in Food Science & Technology. 15(2):67-78.

[50] Amiri, S., Mokarram, R. R., Khiabani, M. S., Bari, M. R., & Alizadeh, M. (2020). Optimization of food-grade medium for co-production of bioactive substances by Lactobacillus acidophilus LA-5 for explaining pharmabiotic mechanisms of probiotic. Journal of Food Science and Technology, 1-12.

[51] Amiri, S., Moghanjougi, Z. M., Bari, M. R., & Khaneghah, A. M. (2021). Natural protective agents and their applications as bio-preservatives in the food industry: An overview of current and future applications. Italian Journal of Food Science, 33(SP1), 55-68.

[52] Amiri, S., Sowti Khiabani, M., Rezazadeh Bari, M., & Alizadeh, M. (2019). Production of bacteriocin in batch fermentation of dairy effluents by Lactobacillus acidophilus LA5 and Bifidobacterium animalis subsp. lactis BB12. Food Science and Technology, 16(90), 163-175.

[53] Amiri, S., Rezazadeh-Bari, M., Alizadeh-Khaledabad, M., Rezaei-Mokarram, R., & Sowti-Khiabani, M. (2021). Fermentation optimization for co-production of postbiotics by Bifidobacterium lactis BB12 in cheese whey. Waste and Biomass Valorization, 1-16.

[54] Martinez FAC, Balciunas EM, Salgado JM,González JMD, Converti A, de Souza Oliveira

RP. Lactic acid properties, applications and production: A review. Trends in Food Science & Technology. 2013;30(1):70-83.

[55] Christ, K., Wiedemann, I., Bakowsky, U., Sahl, H. G., & Bendas, G. (2007). The role of lipid II in membrane binding of and pore formation by nisin analyzed by two combined biosensor techniques. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes, 1768(3), 694-704.

[56] Peirano, G., van der Bij, A. K., Freeman, J. L., Poirel, L., Nordmann, P., Costello, M., ... & Pitout, J. D. (2014). Characteristics of Escherichia coli sequence type 131 isolates that produce extended-spectrum β-lactamases: global distribution of the H 30-Rx sublineage. Antimicrobial agents and chemotherapy, 58(7), 3762-3767.

[57] Zadeh, M. N., Pirsa, S., Amiri, S., & Bari, L. R. (2020). Application of the Edible Coating of Carboxy Methyl Cellulose/Pectin Composite Containing Humulus lupulus Extract on the Shelf Life of Fresh Cute Oranges at Cold Conditions. Iraninan Journal of Biosystem engeeniering, 51, 471-484.

[58] Sadeghnezhad, Z., Amiri, S., Rezazadeh-Bari, M., & Almasi, H. (2020). Physical and morphological characteristics of edible composite film of sodium caseinate/pectin/zedo gum containing poulk (*Stachys schtschegleevii*) extract: optimizing bioactivity and physicochemical properties. Journal of Packaging Technology and Research, 4, 187-203.

[59] Watson, S., & Cruz-Rivera, E. (2003). Algal chemical ecology: an introduction to the special issue. Phycologia, 42: 319-323.

[60] Salvador, N., Gamenta, A., Lavelli, L. and Ribera, A. (2007). Antimicrobial activity of Iberian macroalgae. Scientica Marina, 71: 101-113.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Review Article

An overview of the application of natural antimicrobial compounds from plant, animal and microbial origin in foods

Amiri, S. [1*], Rajabi, M. [2]

1. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2. M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

ARTIClE INFO

Article History:

Received 2021/ 07/ 01
Accepted 2021/ 08/ 30

Keywords:

Food safety,
Food additive,
Natural preservatives,
Antimicrobial compounds,
Essential oils,
Mechanism of antimicrobial effect.

DOI: 10.52547/fsct.18.119.143

*Corresponding Author E-Mail:
sa.amiri@urmia.ac.ir

ABSTRACT

In recent years, the use of natural antimicrobial compounds in food has attracted the attention of consumers and researchers, the two main reasons for this is the excessive and incorrect use of antibiotics due to the selective pressure it exerts on microorganisms It creates resistance to antibiotics, thus increasing a group of microorganisms, including pathogens in food, which are not only resistant to antibiotics but also resistant to food processing and storage methods. Increasing public awareness of the potential negative effects of artificial preservatives on human health versus natural additives has led many researchers to focus more on the use of natural preservatives in food. Many compounds obtained from natural sources have antimicrobial properties and can be used to maintain food safety. Today, the use of food preservatives has become a necessity that plays an important role in the storage and transportation of food. The goals of adding preservatives to foods are to preserve the appearance of the food, to help preserve the organoleptic properties, and to increase the shelf life of the food. In this review article, we will examine the antimicrobial activity of some natural compounds obtained from different sources and their mechanism of action.