# کاربرد عصاره‌های گیاهی در افزایش ماندگاری میگو

**سارا بصیری**
**استادیار بخش بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز**

**Email: basiri@shirazu.ac.ir**

## چکیده

میگو فرآورده‌ای با ارزش غذایی بالا و بسیار فسادپذیر است که به دلیل خصوصیات فیزیکوشیمیایی خود (pH خنثی، ظرفیت نگهداری و مقادیر ازت غیرپروتئینه بالا) بلافاصله پس از صید در اثر فعالیت آنزیم‌ها و میکروب‌ها روند فساد در آن آغاز می‌گردد. تشکیل لکه‌های سیاه در میگو یکی از چالش‌های مهم در این صنعت است. امروزه از مشتقات سولفور به منظور نگهداری این محصول استفاده می‌شود. عوارض نامطلوب باقیمانده سولفور، محققین را بر آن داشت تا جایگزینی طبیعی برای آن بیابند. در این مقاله مروری به نقش ترکیبات گیاهی طبیعی در نگهداری میگو و افزایش مدت ماندگاری آن پرداخته شده است.

**کلمات کلیدی: میگو، گیاهان دارویی، ماندگاری، ملانوز، کیفیت.**

## ۱. مقدمه

افزایش جمعیت و متعاقب آن افزایش تقاضا جهت فرآورده‌های غذایی پروتئینی و سالم، تمایل برای مصرف آبزیان را افزایش داده است. پرورش آبزیان با سرعت زیادی در نقاط مختلف دنیا از جمله ایران رو به گسترش است و از حدود ۳۲۱۹ تن در سال ۱۹۷۸ به حدود ۲۰۷۳۵۳ تن در سال ۲۰۰۹ رسید که در این میان سهم میگو حدود ۵۱۲۸ تن بود [۹]. میگو به جهت دارا بودن پروتئین سرشار و ارزش غذایی بالا یکی از مهمترین غذاهای دریایی قابل پرورش در سراسر دنیا به شمار رفته و امروزه صنعت تکثیر و پرورش میگو به یکی از پردرآمدترین شاخه‌های شیلاتی تبدیل شده است [۱]. این امر، متصدیان این صنعت را برآن داشت تا با ارائه راهکارهایی به تولید بیشتر و با کیفیت بالاتر این محصولات بپردازند. ترکیبات شیمیایی از جمله هورمون‌ها، آنتی بیوتیک‌ها، و غیره در آبزی پروری جهت مداوا نمودن بیماری‌ها استفاده می‌شود. با وجود اثرات مثبت این ترکیبات، باقیمانده‌های آن‌ها می‌تواند اثرات نامطلوبی بر روی مصرف کنندگان داشته باشد.

امروزه مطالعات گسترده‌ای در جهت استفاده از فرآورده‌های گیاهی در پرورش میگو صورت گرفته است. اثرات مفید محصولات گیاهی در کاهش شرایط استرس، افزایش قابلیت رشد، فعالیت ضد میکروبی و همچنین تحریک سیستم ایمنی و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها در مطالعات پیشین مشخص شده است [۶-۴]. میگو پس از صید به دلیل ظرفیت بالای

نگهداری آب، مقادیر بالای اسیدهای آمینه آزاد، ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی، بافت همبند کم و فعالیت آنزیم‌های بافتی سازگار با سرما بسیار فسادپذیر می‌باشد [۱۶]. از این رو، ارائه راهکارهایی جهت افزایش دوره ماندگاری و بهبود کیفیت میگو طی دوره نگهداری یکی دیگر از اهداف مهم در این صنعت می‌باشد.

تاکنون از روش های متعددی برای نگهداری میگو استفاده شده است. رایج‌ترین این روش‌ها، استفاده از سرما و انجماد است که در عین سادگی، کارایی بالایی در تاخیر روند فساد در میگو ندارد [۱۷]. ترکیبات نگهدارنده شیمیایی ازجمله ترکیبات بر پایه سولفیت (متابی‌سولفیت سدیم) از رایج‌ترین ترکیبات نگهدارنده میگو در مراکز عرضه و بسته‌بندی می‌باشد. متابی سولفیت سدیم، علیرغم کارایی مطلوب و افزایش ماندگاری میگو، می‌تواند سبب بروز حملات آسم و واکنش های آلرژیک جدی شود [۱۹]. افزایش آگاهی مصرف کنندگان در ارتباط با عوارض جانبی نگهدارنده‌های شیمیایی، تمایل برای جایگزینی این ترکیبات شیمیایی با انواع طبیعی را افزایش داده است [۲]. این مقاله مروری به بررسی نقش ترکیبات گیاهی و طبیعی در افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت میگو طی نگهداری در دمای یخچال می‌پردازد. از آنجا که واژه کیفیت در ماده غذایی بیانگر کلیه ویژگی‌ها و خصوصیات مطلوب مصرف کننده می‌باشد، در این مطالعه سعی شده است نقش گیاهان دارویی در سه زمینه کیفی اصلی (کیفیت میکروبی، کیفیت شیمیایی و بروز ملانوز در میگو) مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲. نقش ترکیبات گیاهی در بهبود کیفیت میکروبی میگو

فساد میکروبی میگو یکی از مهمترین عوامل موثر در کاهش ماندگاری این محصول می‌باشد. مقادیر بالای ترکیبات ازته غیرپروتئینی[1] (شامل اسیدهای آمینه آزاد، نوکلئوتیدها و ...) در این محصول، سوبسترای مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌سازد. فعالیت آبی بالا و pH خنثی از دیگر عواملی هستند که حساسیت میگو به فساد را افزایش می‌دهند. یکی از مهمترین نشانه‌های فساد میکروبی در میگو، ایجاد بوی بد در این محصول است که از تجزیه ترکیبات آلی توسط میکروارگانیسم‌ها ناشی می‌شود. از میان کل جمعیت میکروبی، گروه‌های محدودی در میگوی فاسد غالب می‌شوند. که این امر به شرایط محیط پرورش میگو، نژاد و دما بستگی دارد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که شیوانلا پوترفاشینس[2] و فوتوباکتریوم فسفریوم[3] با تبدیل تری‌متیل‌آمین اکسید به تری‌متیل‌آمین در ایجاد بوی بد در فرآورده‌های دریایی فاسد موثر هستند. اعضای خانواده انتروباکتریاسه و باکتری‌های اسید لاکتیکی با اثرگذاری بر اسیدهای آمینه و تولید آمین‌های بیوژن و آمونیاک، به تولید بوی گندیدگی منجر می‌شوند. شیوانلا پوترفاشینس همچنین با اثرگذاری بر اسیدهای آمینه‌های گوگرد دار، سولفید هیدروژن آزاد کرده و عامل ایجاد بوی سولفیدریلی در محصول فاسد است. سودوموناس فراژی[4] بر ترکیبات استری در محصول اثر کرده و بوی بد میوه‌ای در محصول تولید می‌کند [۸]. به طور کلی میکروارگانیسم‌های سرمادوست و بالاخص سودوموناس‌ها مهمترین ارگانیسم‌های مولد فساد در میگو طی نگهداری در دمای سرد می‌باشند. تاکنون مطالعات مختلفی در ارتباط با استفاده از عصاره‌های گیاهی و پوشش‌های طبیعی در بهبود کیفیت میکروبی میگو صورت گرفته است.

استفاده از عصاره‌های گیاهی دارچین، سیر و لیمو رشد میکروارگانیسم‌های هوازی را در میگو کاهش داد [۲۱].عصاره پوست انار توانست رشد باکتری‌های هوازی، سرمادوست و باکتری‌های اسیدلاکتیکی را در میگو کاهش دهد [۲]. حضور

[1] Non Protein Nitrogen
[2] *Shewanella putrifaciens*
[3] *Photobacterium phosphoreum*
[4] *Pseudomonas fragi*

ترکیبات فنولی در اسانس‌های گیاهی، مهمترین عامل ایجاد خاصیت ضدمیکروبی در این عصاره‌ها است. فنول‌ها جز، مهمی در بسیاری از گیاهان هستند و شامل فلاونوئیدها، اسیدهای فنولی، لیگنان، لیگنین و تانین می‌باشند. فنول‌ها می‌توانند سبب آسیب به غشای سلولی باکتری‌ها و اختلال در تبادلات غشایی و افزایش حساسیت سلول‌های باکتری به عوامل محیطی و از جمله حضور ترکیبات آسیب رسان دیگر از جمله اسیدها شود. علاوه بر آن، ترکیبات فنولی می‌توانند با سوبستراهایی مانند ترکیبات معدنی، ویتامین‌ها و کربوهیدرات‌ها باند شده و آن‌ها را از دسترس میکروارگانیسم‌ها دور کنند. این ترکیبات همچنین می‌توانند با واسرشتی انزیم‌ها، عملکرد آن‌ها را مختل نمایند. پونی‌کالاگین (انار)، کاتکین (چای سبز)، سینامیک آلدئید (دارچین)، اوژنول (میخک)، و تیمول و کارواکرول (پونه کوهی) از مهمترین ترکیبات فنولی موثر در بهبود کیفیت میکروبی در میگو بوده‌اند.

استفاده از پوشش‌های گیاهی، روشی دیگر برای بهبود کیفیت میکروبی میگو طی دوره نگهداری است. پوشش‌های گیاهی افزون بر محدود نمودن نفوذ هوا و اکسیژن، امکان گنجاندن عصاره‌ها یا اسانس‌های گیاهی و مشاهده اثر توام را فراهم می‌سازند. بهبود کیفیت میکروبی میگو با پوشش‌های کیتوزان حاوی عصاره چای سبز [۲۸]، پوشش‌های کیتوزان حاوی عصاره میخک [۱۵]، پوشش صمغ دانه شاهی حاوی کارواکرول [۱۳] و پوشش کتیرا حاوی عصاره لیموی ایرانی [۱۴] مواردی از این دست می‌باشند.

## ۳. نقش ترکیبات گیاهی در بهبود کیفیت شیمیایی میگو

جانداران دریایی معمولا حاوی حدود ۱ درصد تری‌متیل‌آمین اکسید در عضلات خود هستند. احیای آنزیمی تری متیل آمین اکسید توسط میکروارگانیسم‌ها، به تولید تری‌متیل‌آمین می‌انجامد. تری متیل آمین، یک ترکیب فرار و مسئول بوی نامطلوب در غذاهای دریایی نه چندان تازه است. میکروب‌های مولد فساد در میگو، خصوصاً سودوموناس فلورسانس و سراتیا مارسسنس[5] دو منبع عمده در تولید تری‌متیل آمین در فرآورده‌های دریایی فاسد هستند.

میزان اسیدهای آمینه آزاد در ماهیچه میگوها حدود ده برابر بیشتر از ماهی است. اسیدهای آمینه آزاد ممکن است می‌توانند بستری آماده برای رشد باکتری‌ها به ویژه در مراحل اولیه را فراهم کنند. باکتری‌ها معمولاً قادر به حمله به پروتئین نیستند، اما اسیدهای آمینه آزاد به راحتی توسط باکتری‌ها به عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند. سرنوشت این اسیدهای آمینه، منجر به تنوع در الگوی فساد می شود، زیرا اسیدهای آمینه آزاد دچار دگرگونی‌های مختلفی مانند دآمیناسیون، دکربوکسیلاسیون، اکسیداسیون و احیا و سنتز استرها می‌شوند. تولید ایندول از تریپتوفان، یکی از مهمترین شاخصه‌های این نوع فساد است.

ترکیبات گوگردی از جمله متانتیول (بوی زباله)، دی متیل دی سولفید (بوی پیاز، گوگرد)، تیوفن (بوی اسکانک: نوعی راسو)، و دی متیل تری سولفید (بوی کلم) بخش دیگری از متابولیت‌ها هستند که به طور گسترده توسط میکروارگانیسم‌های مولد فساد تولید می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها همچنین می‌توانند طی رشد ترکیباتی چون ایزووالریک اسید (بوی پنیری، گندیدگی) و اسید بوتیریک (استفراغ نوزاد) تولید نمایند [۳] که با ایجاد بوی بد در محصول همراه است.

میگو منبع غنی از چربی است. چربی‌های میگو در مقایسه با گوشت قرمز دارای اسیدهای چرب غیر اشباع زیادی است که این امر حساسیت آن‌ها به روند اکسیداسیون را تشدید می‌کند. بروز اکسیداسیون و هیدرولیز چربی که با ایجاد بوی

[5] *Serratia marcescens*

نامطلوب در محصول همراه است، یکی دیگر از نشانه‌های فساد شیمایی در میگو است. اساس اکسیداسیون چربی ها بر پایه تشکیل رادیکال های آزاد می باشد. افزایش میزان اسیدهای چرب غیراشباع، دمای نگهداری، غلظت اکسیژن و وجود فلزات از عوامل تشدیدکننده اکسیداسیون چربی می‌باشد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که با افزایش زمان و دمای نگهداری، متابولیت‌های فسادی در میگو به طور قابل توجهی افزایش می‌یابند.

امروزه از روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی جهت کاهش روند فساد شیمیایی در میگو استفاده شده است. افزودنی‌های شیمیایی به جهت وجود عوارض احتمالی بایستی با احتیاط و طبق قوانین و دستورالعمل‌های کشوری مورد استفاده قرار گیرند. ترکیبات طبیعی از جمله عصاره‌های گیاهی، جایگزینی سالم‌تر برای کاهش روند فساد شیمیایی در میگو محسوب می‌شوند.

از آنجا که این ترکیبات شیمیایی عمدتا به دنبال افزایش رشد میکروبی در محصول و ایجاد تغییر شیمیایی در اجزای طبیعی ماده غذایی صورت می‌گیرد، استفاده از ترکیبات ضدمیکروبی می‌تواند روند تولید این متابولیت‌ها را نیز کاهش داده و مدت ماندگاری محصول را افزایش دهد. کاهش روند تولید تری‌متیل‌آمین و اکسیداسیون چربی‌ها طی تیمار میگو با عصاره پوست انار [۲]، ژل کتیرای حاوی عصاره پوست لیموی ایرانی [۱۴] و عصاره رزماری و چای سبز [۲۲]، مثال‌هایی از این موارد می‌باشند.

ترکیبات فنولی مهمترین عوامل موثر در این نوع نگهدارنده‌های گیاهی هستند. فنول‌ها با مکانیسم‌های مختلفی خاصیت ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی اعمال می‌کنند. گروه‌های هیدروکسیل فنل‌ها قابلیت هیدروژن‌دهی خوبی دارند و قادرند با سویه‌های فعال اکسیژن یا نیتروژن واکنش دهند. این ترکیبات همچنین قادر به شلاته کردن یون‌های فلزی به عنوان شروع کننده‌های واکنش اکسیداسیون هستند. فنول‌ها همچنین به دلیل حلقه بنزنوئیدی آبگریز خود قادر به برقراری پیوند با پروتئین‌ها می‌باشندو از این طریق می‌توانند از عملکرد برخی آنزیم‌های موثر در اکسیداسیون (مانند لیپوکسیژناز، گلیکواکسیژناز و زانتان اکسیداز) جلوگیری کنند [۲۳]. مطالعات نشان داده‌اند که خاصیت آنتی‌اکسیدانی یک ترکیب گیاهی نه تنها به میزان ترکیبات فنولی آن، بلکه به ساختار ملکولی فنول‌ها و به طور خاص به تعداد گروه‌های هیدروکسیل و محل اتصال اولین گروه هیدروکسیل بستگی دارد [۱۲].

## ۴. نقش ترکیبات گیاهی در کاهش روند ملانوز در میگو

ملانوزیس یک روند تغییر رنگ نامطلوب و غیرمضر در میگو و سخت‌پوستان است که طی اکسیداسیون آنزیمی فنل‌های بی-رنگ به کوئینون و به دنبال آن، پلیمریزه شدن غیرآنزیمی و تولید رنگدانه‌های تیره نامحلول بوجود می‌آید. آنزیم پلی فنل اکسیداز (تیروزیناز) (PPO) موجود در پوسته میگو و ناحیه زیرین آن، در ایجاد این روند موثر است. این آنزیم دارای یون مس در جایگاه فعال خود می‌باشد. توزیع آنزیم در بخش‌های مختلف بدن میگو متفاوت است. عمدتا در ناحیه کوتیکول مشاهده می‌شود هرچند هپاتوپانکراس، عضلات و همولنف هم دارای درصدی از این آنزیم است [۱۱].

چنگ (۲۰۰۹) ترکیبات پلی‌فنولی را اولین گروه از مهارکنندگان آنزیم تیروزیناز معرفی نمود. وی بیان نمود که برخی فلاونوئیدها، از جمله کوئرستین، میریستین و کائمپفرول قادر به مهار آنزیم پلی‌فنل اکسیداز هستند [۷]. ترکیبات فنلی می توانند از طریق مکانیسم‌های مختلف بر اساس حذف یک یا چند جزء درگیر در واکنش آنزیمی مانند اکسیژن، مس، سوبسترا و خود آنزیم تشکیل ملانوزیس را کاهش دهند. این ترکیبات، با اتصال به جایگاه فعال آنزیم از طریق گروه هیدروکسیل خود و یا تشکیل شیف باز توسط گروه آلدئیدی خود، سبب چلاته کردن فلز مس و مهار فعالیت آنزیم می‌شوند. افزون بر آن گروه

هیدروکسیل ترکیبات فنولی، به دلیل توانایی الکترون‌دهی به ترکیبات واسطه واکنش، سبب احیای آن‌ها و کاهش میزان سیاه شدگی در میگو می‌شوند [۱۸]. این ترکیبات همچنین می‌توانند از طریق پیوند هیدروژنی یا هیدروفوبی با پروتئین‌ها یا آنزیم-ها بر فعالیت آن‌ها تاثیر گذار باشد. اثر مهار آنزیم تیروزیناز توسط عصاره چای سبز [۲۰]، عصاره پوست لیمو [۱۴]، عصاره پوست انار [۲]، عصاره هسته انگور [۱۰]، رزماری [۲۶]، عصاره پوست پرتقال [۲۷]، عصاره هسته انبه [۲۵]، و عصاره میخک [۲۴] در مطالعات مختلف نشان داده شده است.

## ۵. نتیجه‌گیری

استفاده از ترکیبات گیاهی و طبیعی خصوصاً عصاره‌های گیاهی حاوی ترکیبت فنلی، می‌تواند روند رشد میکروبی و فعالیت آنزیمی پس از صید میگو را کاهش دهد و از این طریق کیفیت میکروبی، شیمیایی و حسی در میگو را بهبود بخشید. کنترل و مهار روند ملانوز در میگو می‌تواند به میزان قابل توجهی بازارپسندی محصول را بهبود بخشد. علیرغم سلامت این عصاره-های گیاهی، بهتر است به منظور افزایش کارایی و جایگزینی کامل ترکیبات شیمیایی از جمله متابی‌سولفیت سدیم، از ترکیب همزمان چند گیاه یا ترکیب گیاهان دارویی و روش‌هایی چون بسته‌بندی و استفاده از دمای پایین استفاده شود.

## ۱۲. مراجع

Abdullahbeigi, H., & Mirheydari, M. (2008). Feed and feeding of white leg shrimp. 1 nd edition. Aquatic Science Publishing. 68 p. (in Persian)

Basiri, S., Shekarforoush, S.Sh., Aminlari, M., et al. (2015).The effect of pomegranate peel extract (PPE) on the polyphenol oxidase (PPO) and quality of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) during refrigerated storage. LWT, 60:1025-1033. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.043.

Bazemore, R., Fu, S.-G., Yoon, Y., & Marshall, D. (2003). *Major Causes of Shrimp Spoilage and Methods for Assessment. Off-Flavors in Aquaculture, 223–234.* doi:10.1021/bk-2003-0848.ch016

Bhavan, P.S., Jeyanthi, S., & Rebecca, A.A. (2011). Growth performance of the freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii post larvae fed with Ocimum sanctum (Tulsi) and Withania somnifera (Ashwagandha) incorporated feeds Int J Biol Res Dev. 1(1) 34–53

Bhavan, P.S., Muralisankar, T., & Subramanian, R. (2013). Effects of Myristica fragrans, Glycyrrhiza glabra and Quercus infectoria on growth promotion in the prawn Macrobrachium rosenbergii Int J Life Sci Biotechnol Pharma Res. 2(3) 169–182

Chandran, M.N., Moovendhan, S., Suganya, A. M., Tamilselvi, A., Bebin, Immanuel, G., & Palavesam, A. (2016). Influence of polyherbal formulation (AquaImmu) as a potential growth promotor and immunomodulator in shrimp Penaeus monodon. Aquaculture Reports, 4, 143–149. doi:10.1016/j.aqrep.2016.10.002

Chang, T.S. (2009). An update review of tyrosinase inhibitors. *International Journal of Molecular Science*, 10, 2440−2475.

Don, S., Xavier, K.A.M., Devi, S.T., Nayak, B.B., & Kannuchamy, N. (2018). Identification of potential spoilage bacteria in farmed shrimp *( Litopenaeus vannamei) :* Application of Relative Rate of Spoilage models in shelf life-prediction. LWT, *97, 295–301.* https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.006

FAO. 2010. Fishing and culter yearbook. FAO Publication. Rome Italy.

Gokoglu, N., & Yerlikaya, P. (2008). Inhibition effects of grape seed extracts on melanosis formation in shrimp (*Parapenaeus longirostris*). International Journal of Food Science & Technology, 43(6), 1004-1008.

Gonçalves, A.A., & de Oliveira, A.R.M. (2016). Melanosis in crustaceans: A review. *LWT - Food Science and Technology, 65, 791–799.* https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.011

Johnson, C.E., Oladeinde, F.O., Kinyua, A.M., Michelin, R., Makinde, J.M., Jaiyesimi, A.A., Mbiti, W.N., Kamau, G.N., Kofi-Tsekpo, W.M., Pramanik, S., Williams, A., Kennedy, A., Bronner, Y., Clarke, K., Fofonoff, P., & Nemerson, D. (2008). Comparative assessment of total phenolic content in selected medicinal plants. Niger J Nat Prod Med. 12: 40

Karamkhani, M., Anvar, S.A.A., Ataee, M. (2018). The use of active edible coatings made from a combination of Lepidium sativum gum and Carvacrol to increase shelf life of farmed shrimp kept under refrigerator condition**.** I. j. Aqua. Anim. Health 2018, 4(2): 55-72

Khaledian, S., Basiri, S., & Shekarforoush, S.S. (2021). *Shelf-life extension of pacific white shrimp using tragacanth gum -based coatings containing Persian lime peel (Citrus latifolia) extract. LWT, 141, 110937.* doi:10.1016/j.lwt.2021.110937

Liu, X., Zhang, C., Liu, S., Gao, J., Cui, S. W., & Xia, W. (2020*). Coating white shrimp (Litopenaeus vannamei) with edible fully deacetylated chitosan incorporated with clove essential oil and kojic acid improves preservation during cold storage. International Journal of Biological Macromolecules.* doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.06.24.

Mohebi, E., Shahbazi, Y. (2017). Application of chitosan and gelatin based activepackaging films for peeled shrimp preservation: a novel functional wrapping design. LWT; 76 (Part A):108–116. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.062.

Mu, H., Chen, H., Fang, X., et al. (2012). Effect of cinnamaldehyde on melanosis and Spoilage of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) during storage. J. Sci. Food Agric; 92(10): 2177- 2182. https://doi.org/10.1002/jsfa.5605.

Nirmal. N.P. & Benjakul. S. (2009). Melanosis and quality changes of pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) treated with catechin during iced storage. J. Agric. Food Chem., 57, 3578–3586.

Nirmal, N.P., & Benjakul, S. (2011[a]). Retardation of quality changes of Pacific white shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. Int. J. Food Microbiol, 149 (3): 247–253. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.002.

Nirmal, N.P., & Benjakul, S. (2011[b]). Use of tea extracts for inhibition of polyphenoloxidase and retardation of quality loss of Pacific white shrimp during iced storage. LWT - Food Science and Technology 44. 924-932.

Noordin, W.H.M.D., Nannthini S., Nurul, H., & Adzitey, F. (2018). The Effects of Essential Oils and Organic Acids on Microbiological and Physicochemical Properties of Whole Shrimps at Refrigerated Storage. Current Research in Nutrition and Food Science. 6(2), Pp: 273-283.

Okpala, C.O.R. (2014). Investigation of quality attributes of ice-stored Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by sequential minimal ozone treatment. *LWT-Food Science and Technology, 57*(2), 538-547.

Pereira, D., Valentão, P., Pereira, J., & Andrade, P. (2009). Phenolics: From Chemistry to Biology. Molecules, 14(6), 2202–2211. https://doi.org/10.3390/molecules14062202.

Rezaei, F., Shekarforoush, S. S., Hosseinzadeh, S., & Basiri, S. (2021). The effect of carboxymethyl cellulose coating incorporated with clove oil nanoemulsion on quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during refrigerated storage. Iranian Journal of Veterinary Research, 22 (2) 129-135. https://doi.org/10.22099/ijvr.2021.36627.5342.

Sai-Ut, S., Noknoi, N., Nakjai, N. (2020). Effect of mango seed kernel extract on polyphenol oxidase inhibition and shelf life of shrimp during iced storage. Agr. Nat. Resour. 54, 641–648

Seabra, L.M.J., Damasceno, K.S.F.S.C., Andrade, S.A.C., Dantas, M.M.G., Soares, N.K.M., & Pedrosa, L.F.C. (2011). Effect of rosemary on the quality characteristics of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Journal of Food Quality, 34(5), 363e369.

Vakili, S., & Yasini Ardakani, S.A. (2017). Antioxidant Effect of Orange Peel Extract on Chemical Quality, Sensory Properties, and Black Spots of Farmed White Shrimp. Journal of Nutrition and Food Security; 3(1): 19-26

Yuan, G., Zhang, X., Tang, W., & Sun, H. (2015). Effect of chitosan coating combined with green tea extract on the melanosis and quality of Pacific white shrimp during storage in ice. *CyTA - Journal of Food, 14(1), 35–40.* https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1040459.