



تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان و بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده بر افت وزنی، سفتی بافت و

خواص حسی فلفل دلمه ای به روش سطح پاسخ

اکرم قهرمانی چرمهینی¹، ناصر صداقت²، آرش کوچکی³، الناز میلانی⁴

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی واحدین الملل دانشگاه فردوسی مشهد

Elham.bist@yahoo.com

2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

sedaghat@ferdowsi.um.ac.ir

3- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

Koochehi@um.ac.ir

4- استادیار پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد

E_milani81@yahoo.com

چکیده: فلفل دلمه در گروه سبزیجات قرار دارد و دارای مزایای زیادی برای سلامتی انسان است. در کنار ارزش غذایی بالایی که این محصول دارد به دلیل کاهش خصوصیات کیفی مانند از دست دادن رطوبت، نرم شدن بافت و... در مرحله پس از برداشت تا مصرف با مشکلاتی همراه خواهد بود که با استفاده از تکنیک های بسته بندی می توان تا حدود زیادی از افت خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن جلوگیری نمود. در این تحقیق از متدولوژی رویه پاسخ و طرح مرکب مرکزی به منظور بررسی تأثیر پوشش کیتوزان (0-1 درصد)، غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی (21-3 درصد)، دمای نگهداری (20-5 درجه سانتیگراد) و زمان انبار داری (45-5 روز) بر افت وزنی، سفتی بافت و خواص حسی (طعم و آروما) بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که در غلظت ثابتی از گاز اکسیژن (12 درصد) و پوشش کیتوزان (0/5 درصد)، افزایش دمای نگهداری از 5 تا حدود 12/5 درجه سانتیگراد تأثیر زیادی بر روی کاهش وزن محصول داشته است. پوشش کیتوزان تأثیر معنی داری بر سفتی بافت فلفل سبز نداشت و در زمان ثابت انبار داری، افزایش دما منجر به کاهش سفتی بافت محصول گردیده و نمونه های نگهداری شده تحت شرایط 12 و 3 در صد اکسیژن نسبت به بسته بندی معمولی از استحکام بافتی مطلوب تری برخوردار بودند. همچنین با افزایش دمای انبار داری از 5-20 درجه سانتیگراد امتیاز دهی نمونه ها از نظر طعم و مزه نمونه های فلفل سبز نگهداری شده تحت شرایط مختلف نگهداری توسط داوران آموزش دیده بطور معنی داری کاهش یافت.

کلمات کلیدی: بسته بندی اتمسفر اصلاح شده، پوشش کیتوزان، فلفل دلمه ای، سفتی بافت



1-مقدمه

فلفل دلمه یکی از محصولات کشاورزی مورد توجه در کشورهای مختلف به ویژه منطقه خاورمیانه می باشد. به گونه ای که یکی از اقلام اصلی صادرات در برخی از کشورها مانند ویتنام را تشکیل می دهد. با توجه به این که این محصول گرمادوست است در مناطق سرد شمالی و مرکزی ایران به کندی رشد می کند. از جمله استان های پیشتاز در کشت و تولید فلفل دلمه هرمزگان است که میزان برداشت این محصول در این استان 15 تن در هکتار می باشد. شهرهای اندیمشک و همدان از بزرگترین صادر کننده های این محصول به خارج از کشور (عراق، روسیه، ترکمنستان، قزاقستان) می باشند. اهمیت این محصول نه تنها به دلیل اهمیت اقتصادی آن، بلکه عمدتاً به دلیل این واقعیت است که منبع بسیار خوبی از اسید آسکوربیک می باشد. محدوده دما توصیه شده برای نگهداری فلفل دلمه بین 7-13 درجه سانتی گراد می باشد که به نوع واریته و مرحله رسیدن آن بستگی دارد [7]. این نوع فلفل دارای مقادیر قابل توجهی فیبر غیرمحلول است که می تواند در پیشگیری و درمان بیماری های گوارشی مانند یبوست می تواند نقش بسزایی داشته باشد [6]. همچنین فلفل دلمه ای منبع غنی از ویتامین های C، A و آنتی اکسیدان لیکوپین است که می توانند در پیشگیری از بسیاری سرطان ها نقش داشته باشد. رنگدانه های موجود در فلفل نیز موجب بهبود بینایی و پیشگیری از شبکوری می گردد. در کنار این فواید غذایی برای مصرف کنندگان، برخی از خصوصیات فلفل دلمه ای می تواند تولید کنندگان این محصول را با محدودیت هایی مواجه سازد. برای مثال چروکیدگی و از دست دادن آب و متعاقب آن کاهش ویتامین ها در فلفل از مواردی هستند که در بازه زمانی برداشت محصول تا عرضه به مصرف کننده موجب کاهش کیفیت ظاهری و ارزش غذایی آن می گردند. از راهکارهای حل این مشکل می توان به استفاده از روش های بسته بندی ارتقاء یافته، شرایط نگهداری بهینه و تیمار با مواد نگهدارنده اشاره نمود [2].

بسته بندی از روش های ساده و موثر برای محافظت از سبزیجات و میوه ها می باشد که موجب محافظت در مقابل نفوذ عوامل خارجی و همچنین حفظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی می شود [5]. روش بسته بندی بهینه علاوه بر ارتقاء زمان ماندگاری و ارزش غذایی محصول، بایستی بهداشتی و از هر جهت ایمن باشد [2]. بنابراین با تکنیک های بسته بندی می توان تا حدود زیادی از افت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی جلوگیری نمود. امروزه از بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده به طور گسترده ای جهت افزایش ماندگاری میوه ها و سبزیجات تازه مورد استفاده قرار گرفته است که مهمترین پارامترها در موفقیت این نوع بسته بندی، استفاده از ترکیب گازی بهینه، فیلم بسته بندی و دمای مناسب می باشد. این روش نگهداری کیفیت تازه فرآورده های غذایی را بدون عملیات حرارتی و شیمیایی مانند کنسرو کردن و خشک کردن میسر می کند [4]. همچنین جدیدترین روش ها در بهبود ماندگاری سبزیجات تازه کاربرد پوشش های خوراکی می باشد که دارای خاصیت ضدباکتریایی، ممانعت کننده مهاجرت رطوبت و گاز می باشند که در این بین کیتوزان به دلیل



دارا بودن خصوصیتی از قبیل غیر سمی، زیست تخریب پذیر و زیست سازگار بودن کاربرد گسترده ای در ماندگاری فلفل دلمه داشته است.

در مطالعه دوتاو همکاران (2009) خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی فیلم های ساخته شده از کیتوزان بررسی شد. همچنین در این تحقیق خواص منحصر به فرد کیتوزان نظیر زیست تخریب پذیری، فعالیت ضد میکروبی و غیر سمی بودن آن بررسی و مشخص شد که کیتوزان نسبت به کیتین (ماده اولیه) حلالیت و فعالیت ضد باکتریایی بهتری دارد. یکی از دلایل خاصیت ضد میکروبی کیتوزان وجود گروه آمین در موقعیت C₂ کیتوزان پیشنهاد شده است که با داشتن بار مثبت با بار منفی عشاهاى سلول میکروبی واکنش داده و منجر به نشت مواد درون سلول میکروارگانیسم ها می شود [1]. طبق بررسی های اوجاق و همکاران (2010) پوشش کیتوزان غنی شده با روغن دارچین موجب حفظ خواص کیفی و افزایش ماندگاری در نمونه های ماهی شد [5].

علیرغم تحقیقات گسترده در زمینه بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری فلفل دلمه در خارج از کشور متأسفانه در کشور ما تحقیقات زیادی در زمینه افزایش زمان ماندگاری این محصول با استفاده از بسته بندی و پوشش های خوراکی انجام نشده است. هدف از این تحقیق بررسی اثر کاربرد بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده و پوشش خوراکی کیتوزان در ترکیب با دما های مختلف بر افت وزنی، سفتی بافت و خواص حسی فلفل دلمه ای طی دوره نگهداری می باشد.

2- مواد و روش ها

2-1- مواد: فلفل دلمه ای از گلخانه تهیه گردید. پوشش کیتوزان نیز ساخت شرکت مرک بود.

2-2- روش کار: نمونه برداری از فلفل های تازه چیده شده انجام گردید. فلفل های منتخب با روش نمونه برداری تصادفی به وسیله محلول هیدروکلرید سدیم (۱۰۰ پی پی ام) در آب ۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲ دقیقه ضد عفونی شد و سپس با آب معمولی ۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲ دقیقه شستشو داده شد. در بسته بندی از پوشش کیتوزان (فاقد پوشش، ۵/۰ و ۱ درصد) استفاده شد. سپس نسبت های مشخص گازها به وسیله دستگاه مخلوط کننده گاز تهیه و درون بسته ها به دو روش فعال (۵٪ اکسیژن + ۹۵٪ ازت، ۱۰٪ اکسیژن + ۹۰٪ ازت) و غیر فعال (ترکیب هوای معمولی به عنوان نمونه شاهد، ۲۱٪ اکسیژن + ۷۸٪ نیتروژن، ۰/۳٪ دی اکسید کربن، ۹/۰٪ آرگون) تزریق شد. در این تحقیق از دماهای مختلف (۵، ۱۲/۵ و ۲۰ درجه سانتیگراد) در مدت انبارداری (۵، ۲۵ و ۴۵ روز) استفاده گردید [2].

2-3- آزمون ها

2-3-1- اندازه گیری درصد کاهش وزن:

وزن اولیه و نهایی فلفل ها در هر بسته اندازه گیری و کاهش وزن با توجه به معادله زیر محاسبه گردید.



$$WL = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100$$

W_L درصد کاهش وزن، W_o وزن اولیه (گرم) فلفل های هر بسته در روز صفر و W_f وزن نهایی (گرم) بعد از باز شدن بسته در روز آزمون می باشد. [13]

2-3-2- اندازه گیری سفتی بافت:

برای انجام این آزمون از دستگاه آنالیز بافت¹ استفاده گردید. برای این منظور نمونه های فلفل سبز در درون ظرفی بر روی صفحه دستگاه قرار داده شد سپس پروب استوانه ای دستگاه به قطر 2 میلی متر و سرعت 1 m/m تا عمق 20 میلی متر فرو رفت و بیشترین نیروی لازم جهت فرو رفتن پروب در داخل نمونه محصول تحت عنوان سفتی بافت (F_{max}) اندازه گیری شد [12].

2-3-3- ارزیابی حسی:

در ارزیابی حسی ۱۰ نفر از دانشجویان علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با حدود سنی ۳۰-۲۳ سال بعنوان پانلیست انتخاب شدند. از روش مقیاس هدونیک ۵ نقطه ای استفاده شد. هر داور قطعه ای به ابعاد ۱×۱×۱ سانتیمتر از نمونه (از هر تیمار یک قطعه) که توسط کد تفکیک شده بودند را بصورت تصادفی و انفرادی تست کرده و خواص حسی شامل طعم و مزه و آروما را مورد بررسی قرار دادند که میانگین این صفات بصورت پذیرش کلی گزارش شد.

2-3-4- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق، طرح مرکب مرکزی متمرکز شده (FCCD) با متغیر های مستقل درصد پوشش کیتوزان، غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی، دمای نگهداری و زمان انبارداری به کار گرفته شد. داده های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم افزار Design Expert مدل 6.0.2 (میناپولیس آمریکا²) مدلسازی شده و شکل های سه بعدی (منحنی های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ ها و متغیر های مستقل رسم شد. جهت تعیین نقطه بهینه از روش بهینه یابی عددی نرم افزار مذکور استفاده گردید. توابع پاسخ (y)، شامل درصد کاهش وزن فلفل دلمه، سفتی بافت و خواص حسی (شامل طعم و مزه، آروما) بودند. بر داده های حاصل از آزمایش ها مدل چند جمله ای درجه دوم برازش داده شد.

3- نتایج و بحث

3-1- بررسی تاثیر متغیر های مستقل بر کاهش وزن محصول

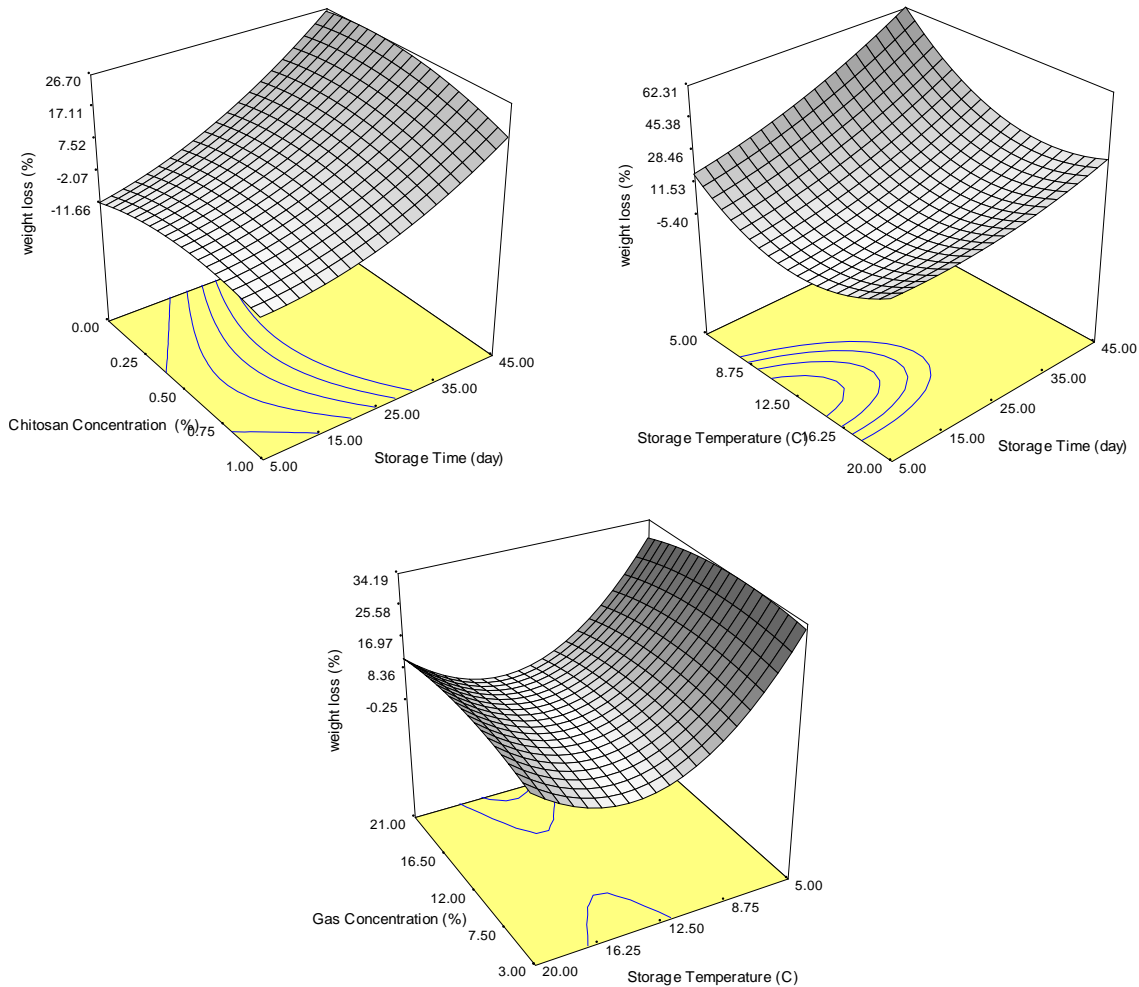
¹. Texture Analyzer, Model M350-10ct, Testometric, England



نتایج آنالیز واریانس و شکل های رویه پاسخ نشان داد که در غلظت ثابتی از گاز اکسیژن (12%) و پوشش کیتوزان (0/5%) افزایش دمای نگهداری از 5 تا حدود 12/5 درجه سانتیگراد، تاثیر زیادی بر روی کاهش وزن محصول داشته، در حالیکه با افزایش دما تا 20 درجه سانتیگراد، درصد کاهش وزن فلفل سبز تغییر قابل توجهی نشان نمی دهد (شکل الف-1). بررسی تاثیر زمان نگهداری بر درصد کاهش وزن محصول نهایی نیز روندی مشابه تاثیر دما نشان داد به طوری که با گذشت زمان نگهداری از 5 تا 25 روز، وزن محصول کاهش یافت تا اینکه در روز 45 ام به کمترین مقدار رسید (شکل 1). دلیل این کاهش وزن در طول زمان بویژه در دماهای بالاتر از دمای یخچال احتمالاً بدلیل افزایش تنفس و تعریق محصول و در نتیجه از دست دادن رطوبت بیشتر می باشد.

همانطور که در شکل ب-1 مشاهده می شود پوشش کیتوزان نیز تاثیر قابل ملاحظه ای بر کاهش وزن محصول بسته بندی شده نداشت ($p > 0/05$) ولی اثر متقابل آن با غلظت گاز و زمان معنی دار بود. بسته بندی (غلظت گاز) نیز تاثیر معنی داری بر درصد کاهش وزن فلفل سبز طی شرایط مختلف بسته بندی نداشت ولی اثر متقابل آن با پوشش کیتوزان در سطح بالایی معنی دار بود (شکل ج-1)

نوسینوویچ و همکاران (1993) افزایش مدت زمان ماندگاری حفظ بافت قارچ (*Agaricus bisporus*) پوشش داده شده با آلژینات را مورد بررسی قرار دادند نتایج نشان داد پوشش دهی از افت وزن تا حدودی جلوگیری می کند [10]. مطالعات نیانجانگ و همکاران (2005) نشان داد کاهش وزن می تواند با از دست دادن کیفیت، از جمله کاهش سفتی و سایر تغییرات نامطلوب در رنگ، دلپذیری و از دست دادن کیفیت تغذیه ای همراه باشد که به صورت بخار آب از فضاهای هوای داخل میوه به فضای اطراف آن از دست می رود. کاهش افت وزن در دماهای پایین به دلیل آهسته بودن فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تنفس و تعرق می باشد. درجه حرارت بالا، سرعت تنفس و سایر فرآیندهای متابولیکی را افزایش می دهد که باعث کاهش سوبستراهایی مانند قندها و پروتئین ها شده و منجر به افت وزن بیشتر می گردد [14].



شکل 1- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان و دمای نگهداری ($\text{Chitosan}=0.5\%$, $\text{GC}=12\%$) و (ب) تاثیر زمان نگهداری و پوشش کیتوزان ($\text{GC}=12\%$, $T=12.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) و (ج) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن ($t=25\text{ days}$, $\text{Chitosan}=0.5\%$) بر درصد کاهش وزن فلفل دلمه



تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان سفتی بافت فلفل سبز بسته بندی شده به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در (شکل 2) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در غلظت ثابتی از گاز اکسیژن و دمای نگهداری، با گذشت زمان انبارداری بافت فلفل سبز نرمتر شده و نیروی لازم برای نفوذ پروب دستگاه در محصول کاهش یافت بطوریکه نمونه های نگهداری شده در روزهای اول دارای بیشترین سفتی بافت بودند (شکل الف-2). همچنین مشخص شد که پوشش کیتوزان تأثیر معنی داری بر سفتی بافت فلفل سبز نداشت ($p > 0/05$). طبق نتایج در زمان ثابت انبارداری، افزایش دما نیز منجر به کاهش سفتی بافت محصول شد بطوریکه نمونه های نگهداری شده در دمای یخچال دارای بیشترین استحکام بافت بودند (شکل ب-2). غلظت گاز اکسیژن نیز تأثیر عمده ای بر انسجام بافت فلفل سبز بسته بندی شده داشت ($P < 0/01$) بدین معنی که نمونه های نگهداری شده تحت شرایط 3 و 12 درصد اکسیژن نسبت به بسته بندی معمولی از استحکام بافتی مطلوبتری برخوردار بودند (شکل ج-2) بنابراین افزایش غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی تأثیر منفی بر سفتی بافت محصول نهایی داشت. بدین ترتیب بیشترین سفتی نمونه های فلفل سبز در روزهای اول نگهداری و در دمای یخچال تحت شرایط بسته بندی MAP بود. تانجیا و همکاران (2011) تغییرات میکروبی و کیفیت پس از برداشت قارچ shiitake پوشش داده شده با کیتوزان - گلوکز را تحت نگهداری سرد به مدت 16 روز بررسی کردند [9]. نتایج نشان داد که پوشش دهی با گلوکز-کیتوزان موجب حفظ سفتی بافت و کیفیت حسی قارچ در مقایسه با نمونه شاهد می شود. بررسی های پاتریسیا و کارلوس (2005) نشان داد یکی از فاکتورهای اصلی مورد استفاده در تعیین کیفیت و عمر ماندگاری میوه ها و سبزیجاتی مانند فلفل دلمه ای سرعت یا مقدار کاهش سفتی بافت آن در طول انبارداری می باشد [15]. نرم شدن بافت میوه ها و سبزیجات به دلیل عوامل بسیاری از جمله از دست دادن فشار turgor سلول، تخریب ترکیبات دیواره سلولی و پلی ساکاریدها می باشد [16]. مانینگ (1993) عنوان کرد که نرم شدن بافت میوه ها بدلیل تجزیه ترکیبات دیواره سلولی بویژه پکتین ها در اثر فعالیت اختصاصی آنزیم های پلی گالاکتوروناز و پکتین استراز می باشد [17].

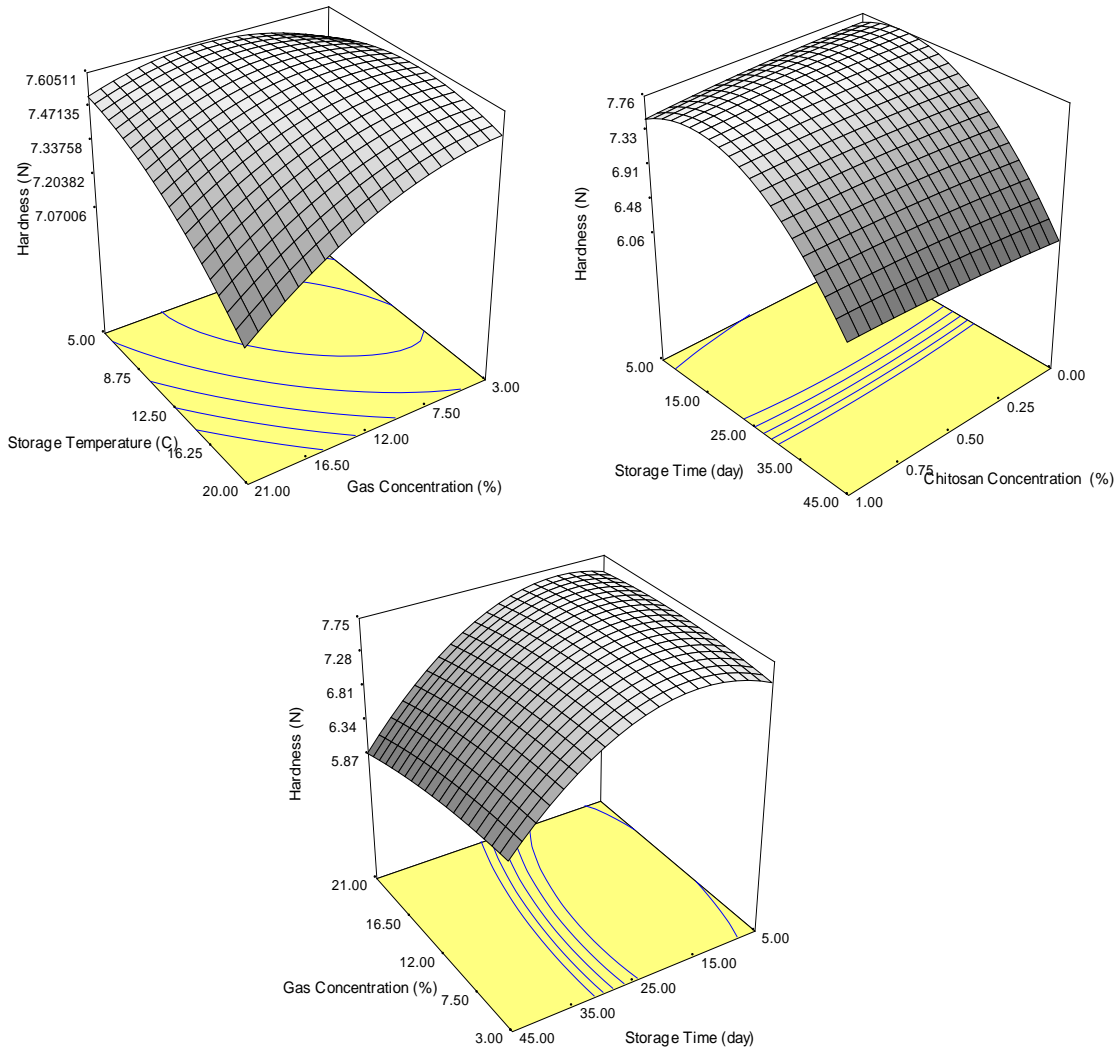
گنزالز-آگویلار و همکارانش (2004)، به مقایسه کارایی روش بسته بندی در خلاء و روش اتمسفر با ترکیب تغییر یافته برای نگهداری فلفل دلمه ای تازه برش داده شده پرداختند. فلفل بسته بندی شده را در دمای 5 و 10 درجه سانتی گراد نگهداری و خصوصیات بافتی، محتوی اسید آسکوربیک، اتانول، استالدهید و رشد میکروبی آن را در بازه ی زمانی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج این مطالعه، نگهداری فلفل دلمه ای برش داده شده با استفاده از روش بسته بندی اتمسفر با ترکیب تغییر یافته نسبت به روش بسته بندی در خلاء، منجر به نقصان کمتر در کیفیت ظاهری و سفتی بافت فلفل دلمه تا 21 روز و در دمای 5 درجه



سانتیگراد گردیده است. آن ها گزارش دادند که استفاده از بسته بندی MAP به طور معنی داری به ویژه در دمای 5 نسبت به 10 درجه سانتیگراد منجر به افت کمتری در سفتی بافت برش های فلفل دلمه ای تازه گردید به طوری که بافت نمونه های نگهداری شده در شرایط MAP بعد از 14 روز نگهداری در دمای 5 و 10 درجه سانتیگراد به ترتیب برابر 15/5 و 13 نیوتن بدست آمد. کاهش سفتی بافت در طول نگهداری احتمالاً مربوط به گسترش رشد قارچها و افزایش متابولیسم و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیمی می باشد. از سوی دیگر پیری محصول توسط اتیلن نیز شتاب گرفته که منجر به تغییرات قابل توجهی در بافت محصول می شود [18].

مارتینز و همکاران (2003) نیز بیان کردند که افزایش غلظت دی اکسید کربن و کاهش غلظت اکسیژن، شدت تنفس و فعالیتهای متابولیکی میوه ها را به حداقل می رساند و بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده با کاهش یا جلوگیری از فعالیتهای آنزیمهای تجزیه کننده پکتین موجب حفظ سفتی بافت میوه، کاهش تولید اتیلن و حساسیت به آن، کند شدن روند نرم شدن میوه شده و رسیدگی را به تاخیر می اندازد، همچنین باعث حفظ رنگ و ویتامینهای میوه می شود [19].

Gorny و همکاران (1998) گزارش دادند که کاهش سفتی بافت در برشهای تازه گلابی توسط دمای انبارداری و میزان رسیدگی اولیه آن تحت تاثیر قرار گرفت [20]. همچنین Gorny و همکاران در تحقیقی دیگر (1999) به این نتیجه رسیدند که کاهش سفتی بافت خلالهای هلو و شلیل نگهداری شده در 10 درجه سانتیگراد به میزان بیشتر و سریعتر از نمونه های نگهداری شده در دمای صفر و 5 درجه سانتیگراد بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد [21].



شکل 2-
 نمودار
 رویه
 پاسخ

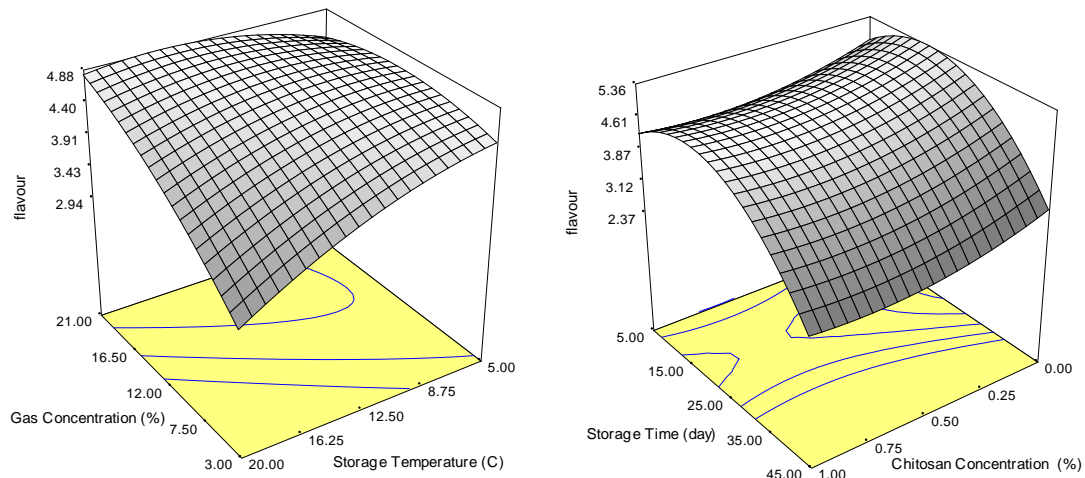
الف) تاثیر زمان و غلظت کیتوزان ($T=12.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $GC=12\%$) و ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن ($T=12.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $Chitosan=0.5\%$) و ج) تاثیر زمان نگهداری و غلظت گاز اکسیژن ($T=12.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t=25\text{ days}$) بر میزان سفتی بافت فلفل دلمه

3-3- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر خواص حسی (طعم، آروما) محصول

طعم



نتایج آنالیز واریانس و شکل های رویه پاسخ نشان داد که در زمان و غلظت ثابتی از پوشش کیتوزان، با افزایش دمای انبارداری از 5 تا 20 درجه سانتیگراد، امتیازدهی نمونه ها از نظر طعم و مزه نمونه های فلفل سبز نگهداری شده تحت شرایط مختلف نگهداری توسط داوران آموزش دیده به طور معنی داری کاهش یافت، بدین ترتیب که بیشترین امتیاز طعم محصول به نمونه های نگهداری شده در دمای یخچال تعلق گرفت (شکل 3). از طرفی مشخص شد که افزایش غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی تاثیر منفی بر امتیاز طعم از نظر مصرف کنندگان نداشته است. پاتریسیا و کارلوس (2005) در تحقیق خود اثر فیلم خوراکی با پایه گلوتن گندم و انواع پوشش دهی را بر روی خواص حسی توت فرنگی در طول نگهداری در دمای یخچال بررسی کردند. نتایج آن ها نشان داد که میوه های پوشش داده شده با فیلم خوراکی گلوتن و پوشش ترکیبی (مخلوط)، ویژگی های ظاهری و قابل مشاهده توت فرنگی را در طول انبارداری بهتر حفظ نموده و مصرف کنندگان طعم و مزه میوه های پوشش داده شده با گلوتن را تایید کردند [15].



شکل 3-

نمودار رویه پاسخ (الف) زمان نگهداری و پوشش کیتوزان ($T=12.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{GC}=12\%$) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن ($\text{Chitosan}=0.5\%$, $t=25\text{days}$) بر طعم و مزه محصول نهایی



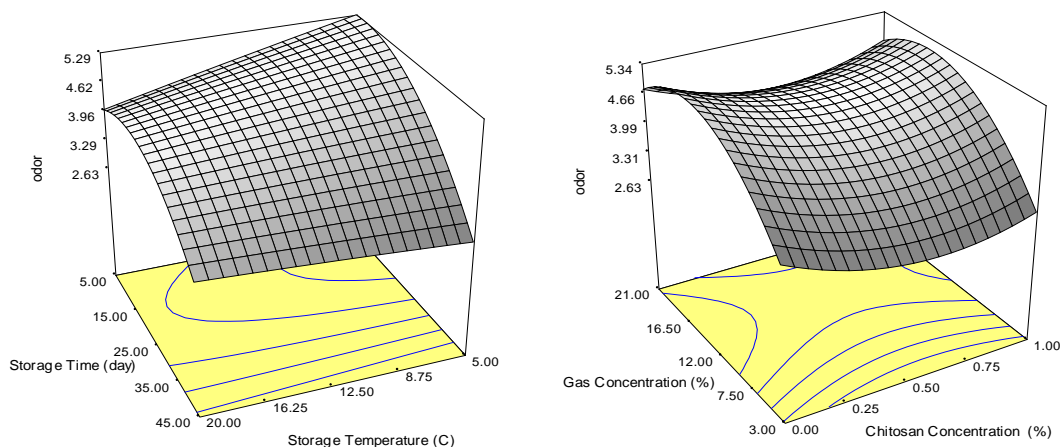
تأثیر متغیرهای مستقل بر امتیاز دهی پارامتر آرومای نمونه های فلفل سبز بسته بندی شده در شرایط مختلف توسط پانلیست ها، به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در (شکل 4) نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های رویه پاسخ نشان داد که در زمان و دمای نگهداری ثابت، با افزایش غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی تا حدود 12 درصد پذیرش محصول از نظر آروما توسط مصرف کنندگان افزایش معنی داری یافت، ولی بعد از آن افزودن بیشتر گاز اکسیژن در بسته بندی تا حدود 21 درصد تغییر قابل توجهی در میزان این پارامتر نداشت. همانطور که ذکر شد اثر خطی درصد پوشش کیتوزان بر امتیاز آروما معنی دار نبود ولی اثرات کوادراتیک کیتوزان، گاز اکسیژن، زمان نگهداری و همچنین اثرات برهمکنش کیتوزان و زمان (AD)، غلظت گاز و دما (BC) و زمان و دمای انبارداری (CD) معنی دار بود به همین دلیل در شکل های رویه پاسخ انحنا وجود دارد.

در تحقیقی مشابه xing و همکاران (2011) اثر پوشش کیتوزان غنی شده با روغن دارچین را بر ویژگی های کیفی فلفل شیرین نگهداری شده در دمای 8 درجه سانتیگراد به مدت 35 روز بررسی کردند. نتایج نشان داد پوشش کیتوزان باعث تاخیر در فساد سطحی نمونه های فلفل شیرین در مقایسه با نمونه های بدون پوشش شد، بطوریکه فساد نمونه های پوشش دار در پایان دوره نگهداری کمتر از 5 درصد بود. در پایان دوره نگهداری نمونه های تیمار شده با پوشش کیتوزان غنی شده با روغن دارچین، از ویژگی های حسی قابل قبولی برخوردار بودند در حالی که ویژگی های حسی نمونه شاهد (فاقد پوشش) قابل قبول نبود [8]. Cones و همکاران در سال 2007 میلادی به بررسی کارایی روش بسته بندی اتمسفر با ترکیب تغییر یافته برای نگهداری فلفل دلمه ای برش داده شده در شرایط میزان کم اکسیژن و در دمای 2، 7 و 14 درجه سانتیگراد پرداخته و اثرات تغییر شرایط بسته بندی را بر کاهش وزن و آروما و رایحه فلفل بررسی نمودند. بر اساس نتایج این مطالعه نگهداری فلفل دلمه ای برش داده شده در دمای پائین (2 یا 7 درجه سانتیگراد) و در 50-80 کیلو پاسکال اکسیژن و 20 کیلو پاسکال دی اکسید کربن کمترین اثر تخریبی را بر وزن و آرومای محصول داشت [22].

مانولپلو و همکاران (2012) برشهای تازه فلفل سبز را در بسته بندی هایی از جنس فیلم های نفوذ ناپذیر پلی اتیلن با چگالی زیاد (HDPE) با اتمسفر اصلاح شده (MAP) قرار دادند. آن ها تأثیر دو نوع ترکیب گازی (5% O₂ و 10% CO₂، 5% O₂ و 15% CO₂ در تعادل با N₂) دمای نگهداری (صفر و 5 درجه سانتیگراد) را بر سرعت رسیدگی، کاهش وزن، سفتی بافت، رنگ پوست، میزان ویتامین ث و کیفیت ظاهری فلفل دلمه ای بسته بندی شده بررسی کردند. نتایج نشان داد که در دمای ثابت نگهداری، سرعت رسیدن نمونه های کنترل (فاقد بسته بندی) نسبت به نمونه های بسته بندی شده در شرایط MAP 24% بیشتر بود. پس از 5 روز نگهداری در دمای 5°C مقدار اکسیژن در بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته فعال به طور معنی داری کاهش یافت. همچنین به دلیل تأثیر مثبت بسته بندی MAP، میزان کاهش وزن و تجزیه بافت در هر دو دمای نگهداری کم بود. همچنین میزان کاهش زاویه hue در تمام نمونه های نگهداری شده اندک بود که بدین



معناست رنگ سبز برش های فلفل سبز حفظ شد. نتایج نشان داد مقدار اولیه اسید آسکوربیک در دمای صفر درجه حفظ شد، ولی در دمای 5°C به طور معنی داری افزایش نشان داد. نتایج ارزیابی حسی نیز نشان داد که اثر متقابل دما و زمان نگهداری تاثیر معنی داری بر کیفیت ظاهری نمونه های فلفل داشت، بطوری که افزایش دما از صفر به 5 درجه سانتیگراد منجر به افت کیفیت ظاهری محصول شد [23]. گورنی (2001) گزارش داد که با استفاده از حداقل فراوری و بسته بندی MAP می توان فلفل سبز را در دماهای پایین بدون آسیب سرمایی نگهداری کرد [24]. نتایج همچنین نشان داد با کاهش دی اکسید کربن در بسته بندی در هر دو دمای 5 و 0 درجه سانتیگراد افت طعم در نمونه های فلفل از نظر پانلیست ها ایجاد نشد که این نتیجه موافق با کار گنزالز و همکاران (2004) بود که گزارش دادند مقدار ناچیزی اتانول و استالدئید در طول نگهداری فلفل سبز در دمای 8 درجه سانتیگراد تولید شده که تاثیر منفی بر خواص حسی از جمله آروما و رایحه محصول نهایی نداشت [12].



شکل 4- نمودار رویه پاسخ

(الف) غلظت گاز اکسیژن و پوشش کیتوزان (t=25days, T=12.5 °C) و (ب) تاثیر دما و زمان نگهداری (Chitosan=0.5%, GC=12%) بر آرومای محصول نهایی

نتیجه گیری کلی



مشکلاتی از قبیل نرم شدن بافت، چروکیدگی، پژمردگی، پوسیدگی پس از برداشت فلفل دلمه، مصرف کنندگان را با مشکل مواجه کرده است. دلیل کاهش وزن میوه ها و سبزیجات پس از برداشت، تعرق و مصرف سوبسترای تنفس می باشد. با افت رطوبت، بافت میوه ها و سبزیجات از ترد به نرم تبدیل می گردد. طعم و هم چنین توانایی مقاومت در برابر انواع بیماری های فیزیکی و میکروبی کاهش می یابد. با استفاده از بسته بندی اتمسفر اصلاح شده می توان علاوه بر کاهش سرعت تنفس فلفل دلمه تازه از نرم شدن بافت و افت رطوبت جلوگیری نمود. پوشش دهی میوه ها و سبزیجات با کیتوزان نیز آب بیشتری را در بافت میوه و سبزی حفظ می نماید. بنابراین خصوصیات و ارزش تجاری میوه ها و سبزیجات تازه پس از برداشت به طور موثری حفظ می گردد [11]. پوشش کیتوزان از تبخیر آب در محصولات جلوگیری کرده و سبب تعدیل در درصد کاهش وزن می گردد و به این ترتیب رطوبت محصول حفظ می شود. همچنین این پوشش پیری محصول را به تاخیر می اندازد. در این تحقیق متدولوژی سطح پاسخ مربوط به طرح مرکب مرکزی صاف با ارزیابی متغیرهای مستقل بسته بندی شامل پوشش کیتوزان، غلظت گاز اکسیژن، دمای نگهداری و زمان انبارداری بر روی متغیرهای وابسته شامل کاهش وزن (%، سفتی بافت (نیوتن) و خواص حسی (طعم و مزه، آروما)، به منظور یافتن بهترین شرایط بسته بندی فلفل دلمه ای بررسی شد. مدل چند جمله ای درجه دوم برای پیش بینی میزان متغیرهای وابسته به دست آمد. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن بود که متدولوژی سطح پاسخ را می توان به خوبی در بهینه سازی این فرآیند به کار برد. نتایج این تحقیق نشان داد که از بین شرایطی که برای بسته بندی فلفل دلمه ای اعمال گردید، مشخص شد که شاخص های بسته بندی از دمای نگهداری، غلظت گاز اکسیژن موجود در بسته و زمان انبارداری تاثیر بیشتری می پذیرند در حالی که غلظت پلی ساکارید کیتوزان در حد کمتری پارامترهای بسته بندی را تحت تاثیر قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت پلی ساکارید کیتوزان تاثیر معنی داری بر تغییرات وزن، سفتی نمونه های فلفل سبز نداشت. با بررسی اثر متغیر مستقل زمان نگهداری بر شاخص های فیزیکیوشیمیایی فلفل دلمه ای بسته بندی شده مشخص شد که این متغیر بیشترین تاثیر را بر شاخص های بسته بندی فلفل دلمه ای در طول نگهداری داشت به طوری که بر تغییرات وزن نمونه ها، سفتی بافت تاثیر معنی داری داشت. طبق نتایج روند تاثیر گذاری این متغیر به این صورت بود با گذشت زمان انبارداری از 5 تا 45 روز میزان وزن، سفتی بافت روند کاهشی داشت. طبق نتایج پلی ساکارید کیتوزان تنها بر طعم و مزه محصول نهایی اثر قابل توجهی داشته است بطوریکه نسبت به نمونه های بدون پوشش از نظر پانلیست ها از مطلوبیت طعم کمتری برخوردار بودند. بنابراین پوشش کیتوزان در کنار اثرات مطلوبی که بر محصول نهایی از جمله حفظ رطوبت و تا حدی باعث کاهش طعم محصول می شود که باعث محدودیت در



مقدار کاربرد این ترکیب بعنوان پوشش می شود. بنابراین بطور کلی نتایج خواص حسی نشان داد که اگرچه نمونه های بسته بندی شده از نظر برخی صفات حسی مانند طعم و آروما نسبت به نمونه اولیه کاهش نشان داد ولی بایستی به این نکته توجه داشت که در شرایط بهینه بسته بندی در کل از نظر ارزیابان امتیاز قابل قبول دریافت کردند. شرایط بهینه بسته بندی برای به حداقل رساندن میزان کاهش وزن و هم چنین به حداکثر رساندن میزان سفتی بافت و همچنین ویژگی های حسی از نظر غلظت پلی ساکارید کیتوزان، غلظت گاز اکسیژن موجود در بسته بندی، دمای نگهداری و زمان انبارداری به ترتیب 0/6 %، 12 %، $11/8^{\circ}\text{C}$ و 21°C روز به دست آمد. محصول بسته بندی شده با این شرایط دارای حداقل مقدار کاهش وزن و مولفه a^* به ترتیب برابر 3/8 درصد و -32/8 و حداکثر مقدار سفتی بافت، میزان ویتامین C و مولفه L^* به ترتیب برابر 7/12 نیوتن، 90/15 و 51/7 mg/100g بود. در نهایت با مقایسه پارامترهای بسته بندی حاصل از نقطه بهینه با مقدار این شاخص ها برای نمونه شاهد مشخص شد که با بسته بندی فلفل سبز در شرایط بهینه ذکر شده خواص فیزیکیوشیمیایی و حسی نمونه در مقایسه با نمونه اولیه و تازه در حد قابل قبولی حفظ می شود، بنابراین با استفاده از بسته بندی اتمسفر اصلاح شده می توان علاوه بر کاهش سرعت تنفس فلفل دلمه تازه از نرم شدن بافت و افت رطوبت جلوگیری نمود. علاوه پوشش دهی فلفل با کیتوزان نیز تا حد زیادی از افت وزن، مواد مغذی و توسعه میکروبی جلوگیری نماید به گونه ای که با افزایش غلظت کیتوزان، کاهش وزن و بروز فساد فلفل دلمه به طور موثرتری کنترل می شود

Reference

- [1]. Dutta P, Tripathi S, Mehrotra G, Dutta J. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*,114(4):1173-82, 2009.
- [2]. Guerra M, Magdaleno R, Casquero PA. Effect of site and storage conditions on quality of industrial fresh pepper. *Scientia Horticulturae* 130: 141-145, 2011.
- [3]. Lerdthanangkul, S., & Kroetha, J. M. Edible coating effects on post harvest quality of green bell peppers. *Journal of Food Science*, 61, 176–179, 1996.



- [4]. Manolopoulou H, Xanthopoulos G, Douros N, Lambrinos G, Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria. *Biosystems Engineering* 106: 535-543, 2010
- [5]. Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120, 193–198, 2010.
- [6]. Park HJ, Na SK, Lee SI, Kang JK, Park IS. The effect of red pepper and capsaicin on gastric emptying in human volunteers. *Gastroenterology* 114, Supplement 1: A818, 1998.
- [7]. Renu, R., Chidanand, D. V. Effect of Modified Atmosphere Storage Conditions on Biochemical Parameters of Bell Peppers, *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4 (9), 915-922, 2013.
- [8]. Xing Y, Li X, Xu Q, Yun J, Lu Y, Tang Y. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry* 124, 1443–1450, 2011.
- [9]. Jiang, T., Lifany, F., and Jianrony, L. (2011). Change in microbial and postharvest quality of Shiitake Mushroom (*Lentinus edodes*) treated With Chitosan-glucose Complex Coating under cold storage. *Food Chemistry*, 131, 780- 786.
- [10]. Nussinovitch, A., and Kampf, N. (1993) Shelf life extension and conserved texture of alginate coated mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of Food Technology*, 26, 469- 475.
- [11]. Youwei, Y., Yinzhe, R., 2013. “Effect of Chitosan Coating on Preserving Character of Post-Harvest Fruit and Vegetable: A Review”. *Food Process And Technology*, 4(8),1-3 .
- [12]. González-Aguilar GA, Ayala-Zavala JF, Ruiz-Cruz S, Acedo-Félix E, Díaz-Cinco ME (2004) Effect of Temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh -cut bell peppers. *LTL. Food Science and Technology* 37:817-826.
- [13]. Caleb, O.J., Opara, U.L., Mahajan, P.V., Manley, M., Mokwena, L. & Tredoux, A.G.J. (2013). Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on volatile composition and postharvest life of pomegranate arils (cv. „Acco” and „Herskawitz”). *Postharvest Biology and Technology*, 79, 54-61.



- [14]. Nyanjage, M.O., Nyalala S.P.O., Illa A.O., Mugo B.W., Limbe A.E., and Vulimu E.M. 2005. Extending postharvest life of sweet pepper (*Capsicum annuum* L. 'California Wonder') with modified atmosphere packaging and storage temperature. *Agriculture Tropica ET Subtropica*, 38(2): 28–34.
- [15]. Patr'icia S. Tanada-Palmu ., Carlos R.F. Grosso. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology* 36 , 199–208.
- [16]. Rungsinee, S., and Patratiip, R. 2008. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, 47: 407-415.
- [17]. .Manning, K., 1993. Soft fruits. In: Seymour, G.B., Taylor, J.E., Tucker, G.A. (Eds.), *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman & Hall, London, UK, pp. 347–373.
- [18]. González-Aguilar GA, Ayala-Zavala JF, Ruiz-Cruz S, Acedo-Félix E, Díaz-Cinco ME (2004) Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. *LWT - Food Science and Technology* 37: 817-826.
- [19]. Martinez, D. Guillen, S. Castillo, S. Valero, D. and Serrano, M. 2003. Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *J Food Sci*, 68: 1838-1843.
- [20]. Gorny, J. R., Gil, M. I., & Kader, A. A. (1998). Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. *Acta Horticulturae*, 464, 231–236.
- [21]. Gorny, J. R., Hess-Pierce, B., & Kader, A. A. (1999). Effects of fruits ripeness and storage temperature on the deterioration rate of freshcut peaches and nectarine slices. *Postharvest Biology and Technology*, 33, 110–113.
- [22]. Conesa A, Verlinden BE, Artés-Hernández F, Nicolai B, Artés F (2007) Respiration rates of fresh-cut bell peppers under supertatmospheric and low oxygen with or without high carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology* 45: 81-88.
- [23]. Manolopoulou, H., Lambrinos, G. & Xanthopoulos, G. 2012. Active Modified Atmosphere Packaging of Fresh-cut Bell Peppers: Effect on Quality Indices. *Journal of Food Research*, 1(3); 148-158



[24]. Gorny, R. J. (2001). A summary of C.A and M.A requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. In: Optimal controlled atmospheres for Horticultural perishables, (University of Davis, ed.) Postharvest Horticultural series, No 22^a, pp. 95-103