بسم الله
الرحمن
الرحيم

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده علوم و صنایع غذایی

پایان نامه جهت‌دریافت درجه کارشناسی‌ارشد
در رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی

بهینه سازی استخراج لیکوپن از پوست و ضایعات گوجه فرنگی

پژوهش و نگارش:
آزاده رنجبر ندامانی

استاد راهنما:
دکتر یحیی مقصودلو

اساتید مشاور:
دکتر محمد قربانی
دکتر علیرضا صادقی‌ماهونک

۱۳۸۹

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلا بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **آزاده رنجبر ندامانی** دانشجوی رشته **مهندسی علوم و صنایع غذایی** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به

محضر مقدس شاه عالم امکان و سرور عالمیان و اهل بیت پاک و مطهرش

که چراغ هدایت و کشتی نجات بشریتند.

و

... پدر و مادرم

که شاد دیدنشان دلگرمی لحظه های سخت بود.

و

... خواهرم

که صمیمانه دوستش دارم.

تشکر و قدردانی

بندگی زیبنده خدایی‌ست که خالق هستی است از عدم؛ و نور هدایت است در ظلمات جهل. سپاس پروردگاری را که هرگاه از او هدایت خواستم راهم گشود و هرگاه نور خواستم علمم افزود . بر درگاه او سجده که در لحظه های سخت همواره همراهم بود و اگر لطف بی منتهایش نبود طی دشواری ها برایم ناممکن می شد و اراده در من می خفت و قد کوتاه صبرم هرگز شیرینی خرمای نخیل دانایی را نمی چشید. گذراندن مراحل اجرائی وتدوین این پایان نامه پس از الطاف الهی مدیون راهنمایی و همفکری بزرگوارانی است که بر خود لازم می دانم مراتب سپاس خود را به آنها اعلام دارم.

از استاد راهنمای محترم و بزرگوارم **جناب آقای دکتر یحیی مقصودلو** که مسئولیت این پایان نامه را تقبل نمودند و در مراحل انجام آن مرا از راهنمایی های ارزشمند خود بهره مند ساختند، کمال تشکر و امتنان را دارم . سپاس بی کران خود را تقدیم می دارم به اساتید مشاور محترم و ارجمند خود **جناب دکتر محمد قربانی و دکتر علیرضا صادقی ماهونک** که با تقبل مشاورت پایان نامه و راهنمایی های ارزشمند خود مراتب ارتقاء آن را فراهم ساختند. از اساتید گرانقدر **جناب آقای دکتر مهران اعلمی** و **جناب آقای دکتر سید مهدی جعفری** به پاس قبول زحمت داوری و ارائه نقطه نظرات ارزشمندشان سپاسگزارم. از مساعدت و لطف نماینده محترم تحصیلات تکمیلی **سرکار خانم دکتر بهاره شعبان پور** نهایت سپاسگزاری را دارم.

از جناب آقای **مهندس دوستی** مدیریت محترم و خانم **مهندس دردی زاده** مسئول محترم کنترل کیفیت کارخانه کامنوش و تمامی کارمندان و عوامل تولید آن کارخانه که جهت جمع آوری و انتقال نمونه ها صمیمانه همکاری نمودند، کمال سپاسگزاری را رارم.

از اساتید محترم گروه علوم و صنایع غذایی ، کادر محترم آزمایشگاه مرکزی و گروه علوم باغبانی کمال تشکر را دارم.

از **خواهر عزیزم** که همواره پشتیبان و مشوق من در مراحل مختلف زندگی بوده است، سپاسگزارم. همچنین از تمامی **دوستان** عزیزی که در مراحل مختلف تحقیق از هر گونه همکاری دریغ نورزیدند قدردانی می کنم.

چکیده

لیکوپن کاروتنویید مهمی است که امروزه به دلیل ویژگیهای غذا- دارویی و آنتی اکسیدانی بسیار مورد توجه واقع شده است و تمایل به مصرف آن در صنایع غذایی به‌عنوان یک رنگ‌دهنده و آنتی‌اکسیدان طبیعی رو به گسترش است. در تحقیق حاضر، به منظور تعیین روش بهینه استخراج لیکوپن از پوست و ضایعات گوجه فرنگی، اثر پیش‌تیمار آنزیمی پکتیناز با غلظت‌های ml/Kg ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ و زمان اثر ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه برای پوست گوجه فرنگی و غلظت‌های ml/Kg ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ و زمان اثر ۳۰، ۶۰، ۹۰ دقیقه برای ضایعات گوجه فرنگی و شستشو با اتانول ۹۴٪ در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ثانیه مطالعه شد. عمل استخراج لیکوپن، در ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۶ ساعت با حلال هگزان: اتانول: استون با نسبتهای ۱:۱:۲ به نسبت ۱:۱۰ نسبت به نمونه‌های خشک شده انجام شد. برای جلوگیری از اکسیداسیون به مقدار ۰/۰۵ درصد وزنی/ وزنی از BHT استفاده شد. بعد از این مرحله اثر صابونی کردن اولئورزین در افزایش خلوص لیکوپن توسط پروپیلن گلایکول و هیدروکسید پتاسیم ۴۵٪ و آب دیونیزه به‌ترتیب به‌مقدار ۳۰٪، ۱۰٪ و ۱۰٪ وزنی اولئورزین بررسی شد. به‌طورکلی اثر پیش تیمار آنزیمی و اتانولی و همچنین صابونی کردن اولئورزین، بر روی استخراج اولئورزین و لیکوپن و راندمان استخراج لیکوپن از پوست و ضایعات دارای اثر معنی دار بود($P<۰/۰۱$) و در مورد پوست تیمار اتانولی به طرز معناداری خلوص لیکوپن در اولئورزین را افزایش می‌دهد ($P<۰/۰۱$) به‌طوری‌که مقدار لیکوپن در نمونه‌های پوست گوجه فرنگی تیمارشده با آنزیم ۳۵۲۴/۵۳ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم اولئورزین در تیمار با غلظت ml/kg ۴۰ و زمان اثر ۱۸۰ دقیقه است در حالی‌که در نمونه‌های تیمارشده با آنزیم و اتانول، در تیمار با غلظت ml/kg ۳۵ و زمان اثر ۶۰ دقیقه این مقدار به ۱۰۷۴۴/۵ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم اولئورزین می‌رسد. همچنین نتایج نشان دادند که صابونی کردن اولئورزین به دست آمده تحت این پیش تیمارها غلظت لیکوپن در اولئورزین را نسبت به نمونه‌های تیمار شده با آنزیم به‌مقدار ۲/۶۷ برابر افزایش می دهد. در مورد ضایعات نیز نشان داده شد که پیش تیمار اتانولی و آنزیمی نمونه‌های ضایعات قادر به افزایش غلظت لیکوپن در اولئورزین نمی باشد. به این ترتیب بیشترین مقدار لیکوپن از تیمار با آنزیم پکتیناز در غلظت ml/kg ۱۰ و زمان اثر ۹۰ دقیقه یعنی ۲۷۹/۵ میلی‌گرم لیکوپن در هر ۱۰۰ گرم اولئورزین به دست آمد. اما در صورت صابونی کردن اولئورزین‌های استخراجی، غلظت لیکوپن در اولئورزین در نمونه‌های تیمار شده با آنزیم و اتانول بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با آنزیم می شود.

واژگان کلیدی: لیکوپن، اولئورزین، پوست و ضایعات گوجه فرنگی، آنزیم پکتیناز، تیمار اتانولی، صابونی کردن

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۱-۱- زیان اقتصادی ضایعات محصول گوجه‌فرنگی ۴

۱-۲- کلیات ۵

۱-۲-۱-استخراج لیکوپن ۸

۱-۲-۲- فرآیند صابونی کردن ۹

۱-۳- بیان مسئله و اهمیت تحقیق ۱۰

۱-۴- اهداف ۱۱

۱-۵- فرضیات ۱۱

فصل دوم: مرور منابع

۲-۱- استخراج رنگدانه‌ها ۱۴

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد و تجهیزات مورد استفاده ۲۰

۳-۲- روش کار ۲۱

۳-۲-۱- تهیه پوست گوجه‌فرنگی و آماده‌سازی نمونه ۲۱

۳-۲-۲- تهیه ضایعات گوجه‌فرنگی و آماده‌سازی نمونه ۲۲

۳-۲-۳- اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌ها ۲۲

۳-۲-۴- تعیین دامنه غلظت اثر آنزیم در پوست گوجه‌فرنگی ۲۲

۳-۲-۵- تعیین دامنه غلظت اثر آنزیم در ضایعات گوجه‌فرنگی ۲۳

۳-۲-۶- افزودن آنزیم و گرمخانه‌گذاری ۲۳

۳-۲-۷- پیش‌تیمار اتانولی ۲۳

۳-۲-۸- خشک کردن نمونه‌ها ۲۴

۳-۲-۹- فرآیند استخراج لیکوپن از پوست و ضایعات گوجه‌فرنگی ۲۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۲-۱۰- محاسبه مقدار اولئورزین ۲۷
۳-۲-۱۱- محاسبه مقدار لیکوپن ۲۷
۳-۲-۱۲- تعیین خلوص لیکوپن ۲۸
۳-۲-۱۳- تعیین راندمان استخراج لیکوپن ۲۸
۳-۲-۱۴- صابون کردن ۲۸
۳-۲-۱۵- تجزیه و تحلیل آماری ۲۹

فصل چهارم: نتایج

۴-۱- اثر پیش تیمار آنزیمی بر پوست گوجه‌فرنگی ۳۲
۴-۱-۱- مقدار اولئورزین استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی ۳۲
۴-۱-۲- مقدار لیکوپن استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی ۳۲
۴-۱-۳- غلظت لیکوپن در وزن معینی از اولئورزین استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی ۳۳
۴-۱-۴- راندمان استخراج لیکوپن از نمونه پوست گوجه‌فرنگی ۳۴
۴-۲- اثر پیش‌تیمار آنزیمی و اتانولی بر پوست گوجه‌فرنگی ۳۵
۴-۲-۱-مقدار اولئورزین استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی ۳۵
۴-۲-۲- مقدار لیکوپن استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی ۳۶
۴-۲-۳- غلظت لیکوپن در وزن معینی از اولئورزین استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی ۳۶
۴-۲-۴- راندمان استخراج لیکوپن از پوست گوجه‌فرنگی ۳۷
۴-۳- اثر پیش تیمار آنزیمی برضایعات گوجه‌فرنگی ۳۸
۴-۳-۱- مقدار اولئورزین استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی ۳۸
۴-۳-۲- مقدار لیکوپن استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی ۳۹
۴-۳-۳- غلظت لیکوپن در وزن معینی از اولئورزین استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی ۴۰
۴-۳-۴- راندمان استخراج لیکوپن از ضایعات گوجه‌فرنگی ۴۱
۴-۴- اثر پیش تیمار آنزیمی و اتانولی بر ضایعات گوجه فرنگی ۴۲
۴-۴-۱- مقدار اولئورزین استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی ۴۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۴-۲- مقدار لیکوپن استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی ۴۲
۴-۴-۳- غلظت لیکوپن در وزن معینی از اولئورزین استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی ۴۳
۴-۴-۴- راندمان استخراج لیکوپن از ضایعات گوجه‌فرنگی ۴۴
۴-۵- اثر صابونی کردن بر خلوص لیکوپن حاصل از پوست گوجه‌فرنگی تیمار شده با آنزیم و آنزیم- اتانول ۴۵
۴-۶- اثر صابونی‌کردن بر خلوص لیکوپن حال از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمار شده با آنزیم و آنزیم- اتانول ۴۵

فصل پنجم: بحث

۵-۱- میزان استخراج اولئورزین و لیکوپن از پوست گوجه‌فرنگی ۴۸
۵-۱-۱- مقدار استخراج اولئورزین و لیکوپن از پوست گوجه‌فرنگی با تیمار آنزیمی ۴۸
۵-۱-۲- مقدار استخراج اولئورزین و لیکوپن از پوست گوجه‌فرنگی با تیمار آنزیمی و اتانولی ۴۹
۵-۲- میزان استخراج اولئورزین و لیکوپن از ضایعات گوجه‌فرنگی ۵۱
۵-۳- راندمان استخراج لیکوپن از پوست و ضایعات گوجه‌فرنگی ۵۲
۵-۴- نقش صابونی بر خلوص لیکوپن حاصل از پوست و ضایعات گوجه‌فرنگی ۵۲
۵-۵- نقش صابونی‌کردن بر خلوص لیکوپن حاصل از ضایعات گوجه‌فرنگی ۵۳
۵-۶- نتیجه‌گیری ۵۳
۵-۷- پیشنهادات ۵۴
۵-۷-۱- پیشنهادات پژوهشی ۵۴
۵-۷-۲- پیشنهادات اجرایی ۵۵
منابع ۵۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- نمایه کاروتنوئیئی فرآورده‌های گوجه‌فرنگی ۶
شکل ۳-۱- گوجه‌فرنگی‌های رسیده آماده پوست‌گیری (الف) و پوست‌گیری دستی از گوجه‌فرنگی (ب) ۲۱
شکل ۳-۲- پوست گوجه‌فرنگی قبل (الف) و بعد (ب) استخراج با حلال ۲۵
شکل ۳-۳- ضایعات گوجه‌فرنگی قبل (الف) و بعد (ب) استخراج با حلال ۲۵
شکل ۳-۴- دو فاز شدن ماده استخراج شده و قرار گرفتن لیکوپن در فاز قطبی در بالا ۲۶
شکل ۳-۵- فاز قطبی به دست آمده از استخراج لیکوپن (الف) پوست گوجه‌فرنگی، (ب) ضایعات گوجه‌فرنگی ۲۶
شکل ۳-۶- اولئورزین لیکوپن حاصل ز پوست گوجه‌فرنگی بعد از حذف حلال ۲۷
شکل ۴-۱- مقدار اولئورزین استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم ۳۲
شکل ۴-۲- مقدار لیکوپن استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف آنزیم (میلی‌گرم) ۳۳
شکل ۴-۳- غلظت لیکوپن استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم اولئورزین) ۳۴
شکل ۴-۴- مقدار اولئورزین استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف آنزیم و تیمار اتانولی ۳۵
شکل ۴-۵- مقدار لیکوپن استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم و تیمار اتانولی (میلی‌گرم) ۳۶
شکل ۴-۶- غلظت لیکوپن استخراج شده از پوست گوجه‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف آنزیم و تیمار اتانولی (میلی‌گرم /۱۰۰ گرم اولئورزین) ۳۷
شکل ۴-۷- مقدار اولئورزین استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم ۳۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۸- مقدار لیکوپن استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم اولئورزین) ۴۰
شکل ۴-۹- غلظت لیکوپن استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف آنزیم (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم اولئورزین) ۴۱
شکل ۴-۱۰- مقدار اولئورزین استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف آنزیم و تیمار اتانولی ۴۲
شکل ۴-۱۱- مقدار لیکوپن استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف آنزیم و تیمار اتانولی (میلی‌گرم) ۴۳
شکل ۴-۱۲- غلظت لیکوپن استخراج شده از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف آنزیم و تیمار اتانولی (میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم اولئورزین) ۴۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- مقدار تقریبی لیکوپن مواد غذایی مختلف (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم وزن مرطوب)..... ۳
جدول ۱-۲- توزیع لیکوپن در بافت‌های بدن ۷
جدول ۲-۱- مقدار لیکوپن استخراج شده توسط دانشمندان مختلف ۱۷
جدول ۳-۱- فهرست مواد شیمیایی مورد استفاده..... ۲۰
جدول ۳-۲- فهرست تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده ۲۰
جدول ۴-۱- راندمان استخراج لیکوپن از پوست گوجه‌فرنگی تیمار شده با آنزیم در زمان‌های مختلف (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم نمونه) ۳۵
جدول ۴-۲- راندمان استخراج لیکوپن از پوست گوجه‌فرنگی تیمار شده با آنزیم و اتانول در زمان‌های مختلف ۳۸
جدول ۴-۳- راندمان استخراج لیکوپن از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمار شده با آنزیم در زمان‌های مختلف (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم نمونه) ۴۱
جدول ۴-۴- راندمان استخراج لیکوپن از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمارشده با آنزیم و اتانول در زمان‌های مختلف (میلی‌گرم /۱۰۰ گرم نمونه) ۴۴
جدول ۴-۵- اثر صابونی‌کردن بر خلوص لیکوپن حاصل از پوست گوجه‌فرنگی تیمارشده با آنزیم..... ۴۵
جدول ۴-۶- اثر صابونی‌کردن بر خلوص لیکوپن حاصل از پوست گوجه‌فرنگی تیمارشده با آنزیم و اتانول ۴۵
جدول۴-۷- اثر صابونی‌کردن بر خلوص لیکوپن حاصل از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمارشده با آنزیم..... ۴۶
جدول ۴-۸- اثر صابونی‌کردن بر خلوص لیکوپن حاصل از ضایعات گوجه‌فرنگی تیمار شده با آنزیم و اتانول ۴۶
جدول ۵-۱- مقدار لیکوپن نهایی حاصل از ضایعات گوجه فرنگی..... ۵۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

در صنایع غذایی همواره مشکلاتی در تولید محصولاتی با ویژگی‌های پایدار وجود دارد. این امر به دلیل متغیربودن ویژگی‌های مواد خامی است که در صنایع غذایی به مصرف می‌رسند. یکی از ویژگی‌هایی که تاثیر مهمی بر ظاهر کیفی و بازارپسندی محصولات غذایی دارد، رنگ می‌باشد. داشتن رنگ مطلوب در فرآورده‌های مختلف غذایی از نظر مصرف‌کننده نشانه فرآیند مناسب تولید و کیفیت مطلوب محصول است. به همین دلیل استفاده از رنگدانه‌های سنتزی یا طبیعی در صنایع غذایی رواج دارد. اما امروزه به دلیل نگرانی‌ها از مصرف رنگهای سنتزی و تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از منابع طبیعی رنگی، توجه به سمت استفاده از رنگدانه‌های طبیعی جلب شده است (دلگادو وارگاس، ۲۰۰۳؛ سوکاسیو، ۲۰۰۸).

در این بین کاروتنوئیدها[1] به دلیل پراکندگی وسیع در منابع حیوانی و گیاهی و همچنین داشتن ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و زیست‌فعالی کاربرد وسیعی در رنگ‌دهی مواد غذایی دارند. از جمله کاروتنوئیدهایی که به‌عنوان رنگ‌دهنده مصرف بیشتری دارند، می توان به بتاکاروتن[2]، لوتئین[3]، زئازانتین[4] و لیکوپن[5] اشاره نمود (سوکاسیو، ۲۰۰۸).

تمام کاروتنوئیدها را می توان مشتقاتی از لیکوپن دانست که از طریق حلقه‌ای شدن یک یا دو انتهای مولکول، تغییر در سطح هیدروژناسیون، دهیدروژنه شدن و ورود گروه‌های اکسیژن‌دار، آرایش مجدد، مهاجرت باند دوگانه و غیره، اسکلت پایه لیکوپن به انواع کاروتنوئیدها قابل تبدیل است (سوکاسیو، ۲۰۰۸). علاوه بر این در سالهای اخیر نشان داده شده است که در کنار قدرت خنثی کردن اکسیژن یگانه (سونی، ۲۰۰۳) و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی قوی نسبت به بتاکاروتن (دو برابر بتاکاروتن) و آلفا توکوفرول (ده برابر آلفاتوکوفرول) (شی و همکاران، ؛ ۱۹۹۹سالین و همکاران، ۲۰۰۴)، لیکوپن قادر به جلوگیری از بیماری‌های قلبی- عروقی و انواع سرطان‌ها به‌ویژه پروستات، ریه و معده می‌باشد(اوسیچ و ساندرز، ۱۹۹۷).

1- Carotenoids
2- β- Carotene
3- Lutein
4- Zeaxanthin
5- Lycopene

از جمله مهمترین منابع لیکوپن گوجه‌فرنگی است. لیکوپن در گوجه‌فرنگی رنگدانه غالب بوده و بسته به واریته ۹۸- ۶۵٪ وزنی کل کاروتنوئیدهای موجود در گوجه‌فرنگی را به خود اختصاص می‌دهد (شی، ۲۰۰۱؛ سوکاسیو، ۲۰۰۸). از دیگر منابع لیکوپن می‌توان به هندوانه با ۹۵-۸۷٪، پاپایا[1] با ۶۶- ۵۶٪، گریپ‌فروت صورتی[2] با ۵۸- ۲۴٪ و گواوای قرمز[3] با ۸۶- ۷۶٪ لیکوپن از کل مقدار کاروتنوئیدها (اوسیچ و ساندرز، ۱۹۹۷؛ سوکاسیو، ۲۰۰۸) (جدول ۱-۱) و منابع زیستی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و سلول‌های دستکاری ژنتیکی شده اشاره نمود (اوسیچ و ساندرز، ۱۹۹۷).

جدول۱-۱- مقدار تقریبی لیکوپن مواد غذایی مختلف (میلی‌گرم/۱۰۰ گرم وزن مرطوب).

ماده غذایی	مقدار (میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم)
گوجه‌فرنگی تازه	۰/۸۸ -۴/۲۰
گوجه‌فرنگی پخته	۳/۷۰
سس گوجه‌فرنگی	۶/۲۰
رب گوجه‌فرنگی	۵/۴۰ -۱۵۰/۰۰
پودر گوجه‌فرنگی (خشک‌شده غلطکی یا پاششی)	۱۱۲/۶۳ -۱۲۶/۴۹
آب گوجه‌فرنگی	۵/۰۰ -۱۱/۶۰
گوجه‌فرنگی خشک‌شده در آفتاب	۴۶/۵۰
کچاپ	۹/۹۰ -۱۳/۴۴
سس پیتزای قوطی شده	۱۲/۷۱
گریپ‌فروت صورتی	۳/۳۶
عصاره گواوا	۳/۳۴
گواوای تازه	۵/۴۰
هندوانه تازه	۲/۳۰ -۷/۲۰
پاپایا تازه	۲/۰۰ -۵/۳۰

منبع: جانات و همکاران، ۲۰۰۷.

1- Papaya
2- Pink Grapefruit
3- Red Guava

از طرفی به دلیل آنکه سطح تأثیر ضایعات در تولید ناخالص داخلی و درآمد ملی متاسفانه بسیار نگران کننده است، یکی از مهمترین مباحث درسطح اقتصاد جهانی و بویژه ایران، موضوع ضایعات می‌باشد. براساس تخمینی که وزارت جهادکشاورزی در سال۸۵ انجام داده است، از کل ۸۵ میلیون تن تولید محصولات کشاورزی، ۱۵میلیون تن آن را ضایعات تشکیل می دهد . که اگر ارزش میانگین هر کیلو محصول کشاورزی ۱۵۵ تومان باشد کل هزینه ضایعات بالغ بر۲ هزار و ۳۷۱ میلیارد تومان خواهد شد . پس بنابراین بنظر می رسد هزینه بالای ضایعات نه تنها بخش کشاورزی را رنج می دهد بلکه بدلیل سهم ۲۵ درصدی این بخش در تولید ناخالص داخلی، بر اقتصاد کشور و منابع ملی نیز مؤثر است از طرف دیگر با توجه به سهم ۲۵ درصدی بخش کشاورزی از صادرات غیرنفتی و ارز آوری حدود ۲ میلیارد دلار این بخش، کاهش کامل ضایعات می تواند ارزآوری این بخش را بین ۳۵۰ تا ۴۰۰ میلیون د لار افزایش به طور خلاصه می توان گفت برای رسیدن به خودکفایی نسبی و ارزش افزوده، مسئله نوع برخورد با ضایعات و چگونگی کاهش آن، خیلی مهم است (شادان، ۱۳۸۵).

۱-۱-۱- زیان اقتصادی ضایعات محصول گوجه‌فرنگی

گوجه‌فرنگی یکی از محصولات مهمی است که همه خانوارها برای تهیه موادغذایی بدان وابسته هستند. این محصول به دو شکل خام و فراوری شده عرضه می شود. لبته در سال‌های اخیر تلاش شده تا مازاد بر مصرف خام آن به محصولات کنسانتره، مانند رب گوجه فرنگی تبدیل شده و این عمل باعث شده تا مقداری از ضایعات گوجه فرنگی کاهش یابد ولی در عین حال سطح ضایعات گوجه فرنگی بالاست به طوریکه درصد ضایعات در مراحل برداشت و پس از برداشت به ترتیب ۵ و ۱۵ درصد می باشد و مقدار ضایعات این دو مرحله با احتساب تولید کل گوجه فرنگی به ترتیب برابر با ۲۲۱ و ۶۶۴ هزار تن است (شادان، ۱۳۸۵) و با توجه به اینکه بازدهی تولید در صنایع تبدیلی گوجه فرنگی در حدود ۹۰-۷۰ درصد است (مصباحی و همکاران، ۱۳۸۸)، اگر تمهیدات و برنامه ریزیها چه در بخش دولتی و چه در بخش خصوصی در جهت جلوگیری از ضایعات در همه مراحل ایجاد آن صورت پذیرد، نه تنها باعث خواهد شد زیان اقتصادی حاصل از ضایعات گوجه فرنگی به حداقل برسد بلکه اولاً ارزش افزوده این محصول با ایجاد صنایع تکمیلی و تبدیلی بسیار بالا خواهد رفت ثانیاً مقداری از نیروی بیکار تحصیلکرده نیز جذب این صنایع خواهند شد (شادان، ۱۳۸۵).

به طور کلی ضایعات صنعتی گوجه فرنگی در هنگام تولید رب گوجه فرنگی به دست می آید که تولید آن به صورت مرطوب با ماده خشک حدود ۲۵-۲۰٪ در ایران حدود ۸۱۰۰۰ تن می باشد. در بسیاری از کشورها دفع این فرآورده فرعی به یک مشکل زیست محیطی تبدیل شده است(جعفری و همکاران، ۱۳۸۷).

با توجه به مسائل ذکر شده و به دلیل اهمیت مدیریت ضایعات در صنایع غذایی، امروزه توجه به استفاده مجدد از ضایعات صنایع تبدیلی و افزایش ارزش افزوده آنها و استحصال ترکیبات اولیه برای سایر بخشهای صنایع غذایی رو به افزایش است. لذا با توجه به توضیحات داده شده، می‌توان به امکان استخراج رنگدانه بسیار با ارزش لیکوپن از پوست و ضایعات گوجه‌فرنگی و بهینه سازی روشهای موجود بر روی گوجه‌فرنگی های کاشته شده در اقلیم ایران پرداخت.

۱-۲- کلیات

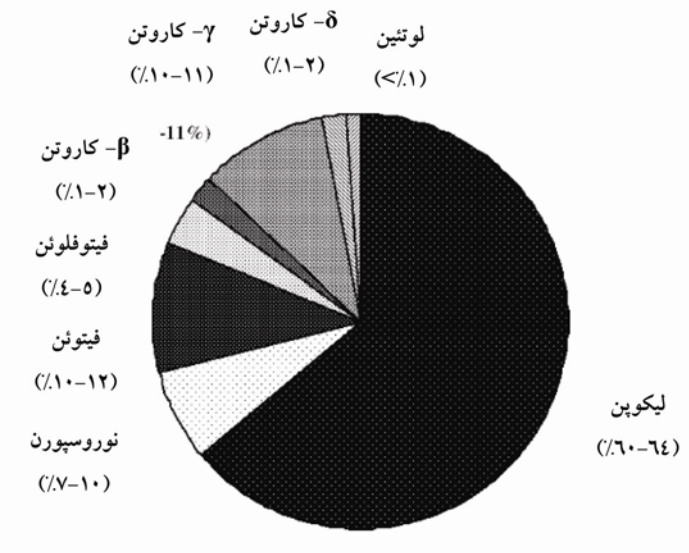
گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) دارای محتوای بالایی از کاروتنوئیدها است که حال حاضر واریته‌هایی از گوجه‌فرنگی تولید شده‌اند که محتوای کاروتنوئیدی آنها بیشتر است و بنابراین منبع بهتری برای تولید ویتامین A می‌باشند.

لیکوپن رنگدانه‌ای با رنگ قرمز تیره و دارای فرمول کلی $C_{۴۰}H_{۵۶}$ با وزن مولکولی ۵۳۶/۹ گرم بر مول و نقطه ذوب ۱۷۳- ۱۷۲ درجه سانتیگراد و نامحلول در آب با شماره۱- ۰۴۰- ۲۰۷ EC[1] می‌باشد که فرم تمام ترانس آن در طول موج ۴۴۶، ۴۷۲ و ۵۰۵ نانومتر بیشترین جذب را از خود نشان می‌دهد. لیکوپن در کلروفرم و بنزن محلول و در متانول و اتانول تقریباً نامحلول است. این رنگدانه به حرارت حساس است(سوکاسیو، ۲۰۰۸).

لیکوپن زنجیره هیدروکربنی طولانی با یازده باند دوگانه مزدوج و فاقد ساختارهای حلقه‌ای است. ساختار لیکوپن نشان‌دهنده آن است که این ترکیب می‌تواند به راحتی در حضور اکسیژن اکسیده و یا توسط حرارت به ایزومر سیس تبدیل شود. هر دوی این واکنشها در محلولهای خالص شده لیکوپن رخ می‌دهد اما در حضور سایر ترکیباتی که به طور طبیعی در گوجه‌فرنگی وجود دارند، لیکوپن پایدارتر است (سوکاسیو، ۲۰۰۸).

گوجه‌فرنگی و فرآورده‌های آن منابع اصلی این کاروتنوئید در رژیم غذایی هستند (شکل ۱-۱) (سوکاسیو، ۲۰۰۸).

1- Europian commission



شکل ۱-۱- نمایه کاروتنوئیدی فرآورده‌های گوجه‌فرنگی.

جذب لیکوپن در دستگاه گوارش انسان با تیمار حرارتی افزایش می‌یابد که احتمالاً به دلیل شکسته‌شدن سلول‌های گیاهی است که باعث می‌شود رنگدانه بیشتر در دسترس باشد (اوسیچ و ساندرز، ۱۹۹۷) و یا این‌که طی حرارت فرم تمام ترانس آن به ایزومر سیس تبدیل می‌شوند. اشکال سیس لیکوپن در بافتهای بدن سریعتر جذب می‌شوند و آزمایشات نشان‌دهنده حضور ایزومر سیس در بافتهای مختلف بدن می‌باشند (استال و همکاران، ۱۹۹۷؛ سونی، ۲۰۰۳؛ جانات و همکاران، ۲۰۰۷). باید اشاره کرد که توزیع لیکوپن در تمام بافتهای بدن یکسان نیست (جانات و همکاران، ۲۰۰۷). در جدول ۱-۲ به میزان حضور لیکوپن در بافت‌های مختلف بدن اشاره شده‌است که این نشان‌دهنده اهمیت مصرف لیکوپن در رژیم غذایی می‌باشد (استال و همکاران، ۱۹۹۷).

جدول۱-۲- توزیع لیکوپن در بافت‌های بدن.

بافت	نانومول/ گرم وزن مرطوب
کبد	۵/۷۲- ۱/۲۸
کلیه	۰/۶۲- ۰/۱۵
آدرنال	۲۱/۶- ۱/۹
بیضه	۲۱/۴- ۴/۳۴
تخمدان	۰/۲۸- ۰/۲۵
بافت‌های چرب	۱/۳- ۰/۲
شش	۰/۵۷- ۰/۲۲
روده بزرگ	۰/۳۱
پوست	۰/۴۲
پروستات	۱/۷- ۰
معده	۰/۲

هر چند که امروزه رنگ‌های سنتزی به‌شکل گسترده‌ای در موادغذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی به کار گرفته‌می‌شوند اما با مرور زمان به‌دلیل نگرانیها از مضرات آنها از مصرف آنها کاسته شده است. در حال حاضر تنها هفت رنگ سنتزی را می‌توان تحت قوانین سازمان غذا و داروی امریکا[1] برای رنگ‌دهی به موادغذایی به کارگرفت. در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۷۰، مطالعات انجام شده در امریکا در این زمینه مستقیماً بر افزودنی‌های غذایی متمرکزشد و درنتیجه تلاشهای جدی برای حرکت به‌سوی استفاده تجاری از رنگدانه‌های طبیعی آغاز شد. درحال‌حاضر استفاده از محصولات شیمیایی در تولید غذا نادرست تلقی‌می‌شود و استفاده از محصولات طبیعی درحال رشد می‌باشد. به‌این‌ترتیب توسط سازمان غذا و دارو فهرستی از رنگ‌های طبیعی مجاز برای استفاده در صنایع غذایی تهیه شد (دلگادو دارگاس، ۲۰۰۴).

از آنجا که لیکوپن دارای ویژگی رنگ‌دهی و آنتی‌اکسیدانی قوی نیز می‌باشد، از طرف سازمان غذا و دارو امریکا به‌عنوان رنگ‌دهنده ماده غذایی با شماره E ۱۶۰d ثبت شده است (FDA, 2009). طبق نظریه این سازمان، برای استفاده از عصاره اتیل‌استاتی لیکوپن در موادغذایی، مقدار لیکوپن در

1- FDA

اولئورزین نباید کمتر از ۵/۵٪ باشد. استفاده از اولئورزین یا کنسانتره لیکوپن در موادغذایی از نظر سازمان غذا و دارو بدون محدودیت است و برای سلامت عمومی نیاز به تایید ندارد. در برچسب‌گذاری باید از قوانین برچسب‌گذاری موادغذایی پیروی کرد (FDA, 2009).

۱-۲-۱- استخراج لیکوپن

برای به‌دست‌آوردن لیکوپن باید آن را از منابع گیاهی توسط حلال مناسب استخراج نمود. استفاده از میوه‌ها و سبزی‌ها به عنوان منبع استخراج لیکوپن باعث دشواری در جداسازی لیکوپن از سایر ترکیبات می‌شود. لذا اولئورزین[۱] به دست‌آمده از این طریق حاوی بقایای سلولی از جمله دی و تری‌گلیسیریدها، فسفاتها، پکتین، سلولز و همی‌سلولز می‌باشد که باعث محلول‌شدن و یا به دام‌انداختن لیکوپن می‌شوند و به این‌ترتیب بر راندمان استخراج و خلوص اولئورزین به دست‌آمده اثرگذار خواهندبود. برای این‌منظور از پیش‌تیمارها و تیمارهای خالص‌سازی استفاده می‌شود (اوسیچ و ساندرز، ۱۹۹۷؛ بورتلیک و مرتضوی، ۲۰۰۱؛ دی الن و آر روسناک، ۲۰۰۷).

لیکوپن به‌طور غالب در کلروپلاست بافت گیاه وجود دارد و بیوسنتز آن در گوجه‌فرنگی در طول فرآیند رسیدن انجام می‌شود که طی آن کلروپلاست به کروموپلاست تبدیل می‌شود (چودهاری و آنانتاریان، ۲۰۰۶). به دلیل پنهان بودن لیکوپن در درون ساختارهای غشایی کلروپلاست و دشواری حلال در نفوذ به بافت فشرده در پوست گوجه‌فرنگی و حل‌کردن رنگدانه لیکوپن، راندمان استخراج این رنگدانه از پوست گوجه‌فرنگی پایین است(لاوچیا و زورو، ۲۰۰۸). به‌همین دلیل از آنجا که دیواره سلولی از سلولز و پکتین تشکیل‌شده‌است، می‌توان با استفاده از آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی از قبیل سلولاز و پکتیناز، احتمال استفاده از آنزیمهای تجزیه‌کننده دیواره سلولی به عنوان ابزاری برای افزایش بازیابی لیکوپن از پوست گوجه‌فرنگی را بررسی‌نمود.

طبق نظریه بورتلیک و همکاران (۲۰۰۱)، قبل از استخراج لیکوپن از گوجه‌فرنگی، یک یا دو مرحله شستشو لازم است. دلیل این کار جداسازی ترکیبات قطبی مانند زانتوفیل‌ها، کاروتنوئیدهای قطبی و نیز آفت‌کش‌های موجود در پوست گوجه‌فرنگی می‌باشد. این شستشو توسط اتانول جوشان

۲- Oleoresin: محلول روغنی که ترکیبات عمده آن را لیکوپن، بتاکاروتن، مونو، دی و تری گلیسیرید، فسفاتیدها و اسیدهای چرب تشکیل می دهند.