Archive of SID

تأثیر امواج فراصوت بر استخراج کارتنوئیدهای بتاکاروتن و لیکوپن از فلفل قرمز و بهینه سازی شرایط استخراج به روش سطح پاسخ

راحله دهقان تنها [۱]، محمد حسین امینی فرد [۲]، حسن بیات [۲*]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان ، ایران.
۲- گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۳)

چکیده

فلفل قرمز یکی از سبزی جات مهم خانواده سولاناسه است که میوه آن دارای مقادیر زیادی متابولیت های ثانویه (فنل، آنتی اکسیدان ها و کارتنوئیدها) می باشد. همچنین از رنگدانه های قرمز موجود در فلفل بعلت ایجاد رنگ و اثرات قوی آنتی اکسیدانی، به طور گسترده ای در تهیه رنگ های خوراکی با کاربرد غذایی استفاده می شود. امروزه استفاده از امواج فراصوت با توجه به اثرات مؤثر آن در نگهداری و فرآیند مواد غذایی رو به گسترش می باشد. هدف از این مطالعه بررسی کارآیی امواج فراصوت در استخراج ترکیبات کارتنوئیدی از فلفل قرمز و بهینه سازی شرایط استخراج به روش سطح پاسخ (RSM) بود. در این پژوهش اثر سه فاکتور زمان (۱۰، ۲۵ و٤۰ دقیقه)، دما (۳۰،٤۰ و۵۰ درجه سانتی گراد) و شدت فراصوت (۳۰،٦۰ و ۹۰ وات) بر استخراج کارتنوئیدهای فلفل قرمز (بتاکاروتن و لیکوپن) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش زمان، دمای استخراج و شدت صوت، میزان کاروتنوئیدها در فلفل قرمز به ترتیب کاهش، افزایش و افزایش یافت. نتایج بهینه‌سازی حاصل از تجزیه توسط برنامه RSM برای استخراج حداکثر ترکیبات کارتنوئیدی فلفل، تیمار دمای ٤۹ درجه سانتی گراد، زمان ۱۰ دقیقه و شدت صوت ۸۹/۹ وات بود و تحت این شرایط، میزان استخراج بتاکاروتن ٤۳۰/٦ میلی گرم در کیلوگرم و لیکوپن به میزان ۲٦۱/٤ میلی گرم در کیلوگرم بود. نتایج نشان داد که استفاده از پیش تیمار فراصوت قبل از استخراج کاروتنوئیدهای فلفل، باعث افزایش لیکوپن و بتاکاروتن استخراجی شد.

کلید واژگان: بهینه سازی، خاصیت آنتی اکسیدانی، فراصوت، فلفل قرمز، کارتنوئیدها

* مسئول مکاتبات: hassanbayat@birjand.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

آنتی اکسیدان ها ترکیباتی هستند که مانع فعالیت رادیکال های آزاد شده و سلول های بدن را از اثرات مخرب این ترکیبات مصون نگاه می دارند. این ترکیبات همچنین باعث بهبود عملکرد سیستم ایمنی و افزایش قدرت دفاعی بدن شده و باعث کاهش بروز انواع سرطان ها، عفونت ها و بیماری های قلبی می گردند. آنتی اکسیدان ها در صنعت به عنوان نگهدارنده مواد غذایی در جلوگیری از فساد و تغییر رنگ آنها به کار می‌روند و باعث افزایش مدت زمان ماندگاری مواد غذایی می شوند [۱].

اخیراً عوارض نامطلوبی از مصرف آنتی‌اکسیدان های سنتزی گزارش شده، از جمله اینکه در حیوانات آزمایشگاهی باعث سرطان زایی و آسیب های کبدی شده است. همچنین کاربرد این آنتی اکسیدان ها در دنیا بدلیل اثرات مخرب بر سلامت انسان ها، نظیر مختل کردن فعالیت آنزیم های کبدی و ایجاد انواع سرطان ها محدود گردیده است. بنابراین تلاش برای جایگزینی آنتی اکسیدان های سنتزی منجر به بررسی آنتی اکسیدان هایی از منابع گیاهی شد [۲].

تکنیک فراصوت یک روش غیر حرارتی مؤثر در استخراج مواد می باشد. تأثیرات مکانیکی امواج فراصوت، سبب نفوذ بیشتر حلال به درون مواد درون سلولی گردیده و در نتیجه سرعت انتقال جرم را افزایش می دهد. بنابراین، امواج فراصوت سبب افزایش سرعت استخراج، مصرف کمترحلال و محافظت ویژه از ترکیبات ناپایدار در برابر حرارت می شود. شایان ذکر است که این تکنیک، دارای دقت بالا و بازدهی استخراج بیشتر نسبت به سایر روش های مرسوم می باشد [۳ و ٤].

روش فراصوت به عنوان یک تکنیک آزمایشگاهی برای استخراج مواد مؤثره ای همچون اسانس ها، روغن ها و پلی فنول ها از گیاهان استفاده شده است و بر اساس مطالعات انجام شده، فراصوت می تواند بازدهی استخراج را افزایش دهد [۵]. فیاض مهر و آصفی [٦] گزارش کردند که بیشترین لیکوپن در تفاله های گوجه فرنگی از نمونه های فراصوت شده با حلال هگزان در دمای ٤٥ درجه سانتی گراد، توان ۲۰۵ وات و زمان ۱۰ دقیقه فراصوت دهی حاصل شد. همچنین شرایط بهینه برای استخراج لیکوپن از سس گوجه فرنگی توسط امواج فراصوت، دمای ٤۰ درجه سانتی گراد، توان ۱۲۰ وات و زمان استخراج ۲۰ دقیقه گزارش شده است [۷]. سیدی فر و همکاران [۸] گزارش کردند که بهترین دما، توان و زمان فراصوت جهت استخراج بتاکارون از تفاله هویج به ترتیب دمای ۹۰ درجه سانتی گراد، توان ۲۰۵ وات و زمان ٤۰ دقیقه می باشد. میلانی و همکاران [۹] در تحقیقی بهینه سازی استخراج اینولین از ریشه باباآدم را توسط امواج فراصوت با استفاده از روش سطح پاسخ[1] مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که شرایط بهینه استخراج اینولین با اعمال امواج فراصوت در دمای ۳٦/۸ درجه سانتی گراد، زمان ۲۵ دقیقه و شدت صوت ۸۳/۲ وات می باشد و همچنین کارایی مفید امواج فراصوت در بهبود استخراج اینولین را گزارش کردند. ساهین و همکاران [۱۰] شرایط بهینه استخراج پلی فنول ها از عصاره برگ زیتون را به کمک امواج فراصوت با قدرت ۲۲۰ وات و فرکانس ۵۰ کیلوهرتز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که شرایط بهینه شامل ۵۰۰ میلی گرم ماده جامد در ۱۰ میلی لیتر حلال در مدت ٦۰ دقیقه بود.

در مطالعه ای که توسط وانگ و همکاران [۱۱] بر روی بهینه سازی شرایط استخراج ترکیبات فنولی از پوسته گندم با استفاده از حمام فراصوت صورت گرفت، بهترین شرایط استخراج را اتانول ٦٤٪، توان ۲۲۰ وات، دمای ٦۰ درجه سانتی گراد و زمان ۲۵ دقیقه گزارش کردند. شوتیپراک و همکاران [۱۲] گزارش کردند که بهترین تیمار برای استخراج منتول از گیاهان نعناع، تیمار فراصوت به مدت یک ساعت در دمای ۳۹ درجه سانتی گراد و فرکانس ٤۰ کیلوهرتز بود که باعث استخراج منتول به میزان ۱۲٪ کل محصول شد. باربرو و همکاران [۱۳] در آزمایشی استخراج کاپسایسینوئیدهای فلفل تند را به کمک امواج فراصوت مورد مطالعه قرار دادند که نتایج نشان داد بهترین تیمار برای استخراج، شدت فراصوت ۳٦۰ وات، دمای ۵۰ درجه سانتی گراد و زمان استخراج ۱۰

1. Response Surface Methodology (RSM)

www.SID.ir

Archive of SID

دقیقه با حلال متانول می باشد. بیمکر و همکاران [۱٤] گزارش کردند که شرایط بهینه استخراج روغن خام از دانه خربزه زمستانی به کمک امواج فراصوت، سطح قدرت ٦٥٪، دمای ٥٢ درجه سانتی گراد و مدت زمان ۳٦ دقیقه بود. داس [۱٥] در مطالعه ای شرایط بهینه استخراج فلاونوئیدهای کل و خواص آنتی اکسیدانی دانه گیاه شنبلیله را به کمک امواج فراصوت مورد بررسی قرار داد و گزارش کرد که شرایط مطلوب برای استخراج بهینه فلاونوئیدهای کل، استفاده از متانول ۷۰٪، شدت ٤۰۰ وات، مدت زمان ٥۰ دقیقه و نسبت ۳۰ درصد مایع به جامد می باشد.

فلفل قرمز گیاهی است یکساله، با نام علمی *Capsicum annum* L. و متعلق به خانواده Solanaceae می باشد. این گیاه حاوی طیف وسیعی از آنتی اکسیدان ها از جمله ویتامین C و کاروتنوئیدها (بتاکاروتن و لیکوپن) فلاونوئیدها و فنولیک های طبیعی، مخصوصا کوئرستین، لوتئولین و کاپسایسینوئیدها می باشد. میوه فلفل همچنین دارای مقادیر زیادی از ویتامین های C A, ,E, B1 وB2 می‌باشد [۱٦]. در سال های اخیر تحقیقات متعددی بر روی استخراج آنتی اکسیدان های طبیعی از منابع گیاهی انجام گرفته است ولی تاکنون تحقیقی بر روی فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان ترکیبات کارتنوئیدی (لیکوپن و بتاکاروتن) میوه فلفل قرمز انجام نشده است. از این رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی کارآیی امواج فراصوت بر استخراج کارتنوئیدهای بتاکاروتن و لیکوپن فلفل قرمز و بهینه سازی شرایط استخراج به روش سطح پاسخ انجام شده است.

۲- مواد و روش ها

آماده سازی میوه فلفل

فلفل قرمز گونه *Capsicum annum* var. Red chili از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. زمانی که میوه های فلفل تند، کاملا قرمز و رسیده شدند، برداشت صورت گرفت و سپس برای اندازه گیری کارتنوئید میوه، ابتدا میوه ها به چهار قسمت مساوی تقسیم شده و سپس در آون با دمای ٥۰ درجه سانتی گراد به مدت ٤۸ ساعت خشک گردید (دمای بالاتر از ٥۰ درجه سانتی گراد تاثیر منفی بر روی ترکیبات فنولیک دارد). در آخر نمونه های خشک شده در آسیاب برقی قرار داده شد و نمونه ها به صورت پودر خشک شده آماده گردید [۱۷].

استخراج به کمک فراصوت

در روش استخراج به کمک فراصوت، از حمام فراصوت مدل (T1H20 Transonic, Elma, Germany) استفاده شد. کارتنوئیدهای میوه (بتاکاروتن و لیکوپن) مشابه روش استخراج با حلال و از طریق آزمون بیوشیمیایی تعیین شد، با این تفاوت که در اندازه گیری این فاکتور به روش فراصوت، قبل از مرحله سانتریفیوژ کردن در این آزمون ها، تیمارها در حمام فراصوت و در معرض امواج آن برای زمان های مختلف (۱۰ و ۲٥، ٤۰ دقیقه)، دماهای مختلف (۳۰ و ٤۰، ٥۰ درجه سانتی گراد) و شدت فراصوت های مختلف (۳۰ و ٦۰، ۹۰ وات) قرار گرفتند. توان دستگاه ثابت و ۳٥ کیلوهرتز بود.

استخراج کارتنوئید های (بتاکاروتن و لیکوپن) میوه

برای تعیین میزان بتاکاروتن و لیکوپن میوه، ابتدا به یک گرم نمونه خشک میوه، ۱٦ میلی‌لیتر از محلول استون- هگزان (به نسبت ٤:٦ و با درصد خلوص ۹۹/٥ و ۹۹ درصد) اضافه شد و پس از سانتریفوژ کردن محلول با سانتریفوژ مدل (Sigma & Hero Lab, Sigma 1-14K, Germany) (٥۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه)، میزان جذب روشناوری محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر نور مرئی-فرابنفش مدل (Libra S22 UV/Vis, Biochrom, UK)، در طول موج های ٦٦۳، ٦٤٥، ٥۰٥ و ٤٥۳ اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول‌های ذیل ، مقدار بتاکاروتن و لیکوپن میوه محاسبه گردید [۱۸].

$$\beta\text{-carotene} = (0.216 \times A_{663}) - (1.22 \times A_{645}) - (0.304 \times A_{505}) + (0.452 \times A_{453}).$$

$$\text{Lycopen} = (-0.0458 \times A_{663}) + (0.204 \times A_{645}) + (0.372 \times A_{505}) - (0.0806 \times A_{453}).$$

روش آماری طرح

به منظور بررسی اثر متغیرهای مورد نظر (دما، زمان و شدت صوت) بر روی مقدار کارتنوئیدهای میوه فلفل و همچنین بهینه

www.SID.ir

Archive of SID

سازی فرایند استخراج از روش سطح پاسخ استفاده شد و نرم افزار مورد استفاده Design Expert نسخه 6.02 بود. بر اساس روش سطح پاسخ، مدل Box-Behnken جهت کسب حداکثر اطلاعات با انجام حداقل آزمایشات برای بررسی ۳ متغیر، ۳ سطح انتخاب شد و جهت بررسی روند میزان استخراج و تعیین شرایط بهینه، ۲۰ آزمون انجام شد (جدول ۱).

Table 1 Treatments designed in response surface methodology and the response values.

Treatment	Power (W)	Temperature (°C)	Time (min)	β-carotene (mg/kg)	Lycopene (mg/kg)
1	60	50	25	380.07	181.92
2	30	30	40	305.17	105.02
3	30	40	25	310.68	108.11
4	90	30	40	365.64	160.49
5	60	40	25	318.04	116.71
6	60	40	25	300.17	102.71
7	60	40	25	320.54	119.31
8	60	40	25	297.71	98.85
9	60	40	10	325.12	127.32
10	60	30	25	322.67	122.01
11	90	50	40	405.89	206.24
12	30	50	10	313.58	114.2
13	30	30	10	298.11	100.62
14	90	40	25	415.01	216.81
15	60	40	25	316.38	115.48
16	30	50	40	308.83	109.63
17	60	40	25	318.53	117.04
18	90	30	10	390.44	192.42
19	60	40	40	312.89	113.84
20	90	50	10	430.32	261.26

۳- نتایج و بحث

انتخاب بهترین مدل

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری توسط برنامه RSM نشان داد که مدل چندجمله ای برای آزمون های اندازه گیری شده در این مطالعه، دارای اختلاف معنی دار با سایر مدل ها بود و این مدل جهت آنالیز آماری آزمون ها انتخاب شد. پس از انتخاب بهترین مدل، جهت تعیین معادله کلی با توجه به جدول تجزیه واریانس، پارامتری که آزمون F برای آن معنی دار نبود ($P>0.01$) از مدل حذف شد و سایر پارامترها که دارای اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ بودند در مدل نگهداری شد. سپس معادله کلی با استفاده از ضرایب داده شده برای هر پارامتر حاصل گردید [۱۹].

اثر زمان، دما و شدت صوت بر کاروتنوئیدهای فلفل قرمز

اثر هم زمان شدت صوت و زمان بر میزان استخراج کاروتنوئیدهای فلفل (بتاکاروتن و لیکوپن) نشان داد که افزایش شدت صوت باعث افزایش میزان استخراج کاروتنوئیدها گردید ولی افزایش زمان استخراج باعث کاهش مقدار آنها شد (شکل های ۱ و ۲). بنابراین بیشترین مقدار بتاکاروتن و لیکوپن از زمان ۱۰ دقیقه و شدت صوت ۹۰ وات حاصل شد.

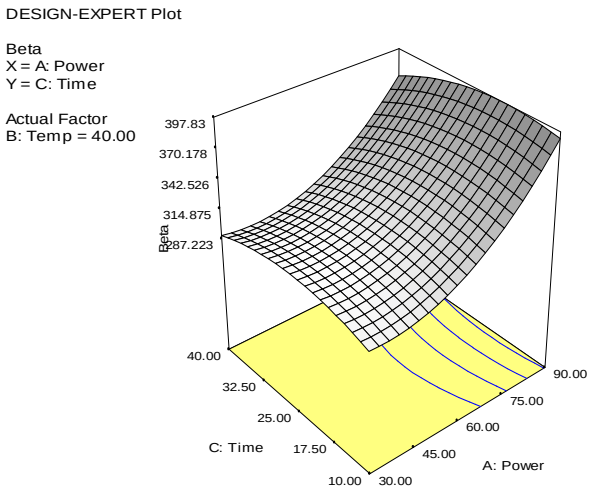

Fig 1 Interaction effects of ultrasound power and time on the extraction of pepper carotenoids (beta-carotene).

www.SID.ir

Archive of SID

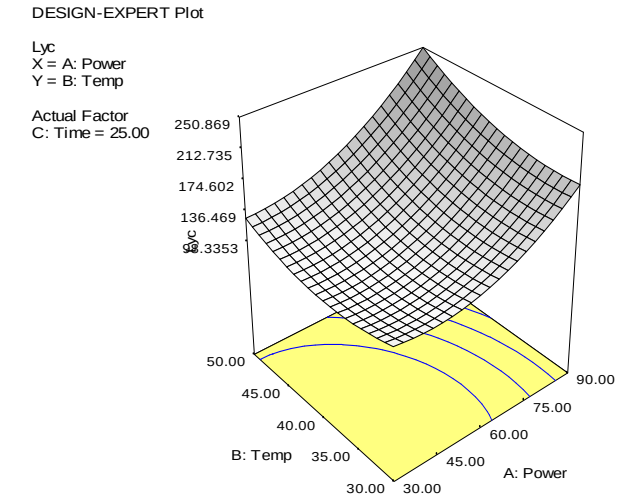

Fig 4 Interaction effects of temperature and sound power on the extraction of pepper carotenoids (lycopene).

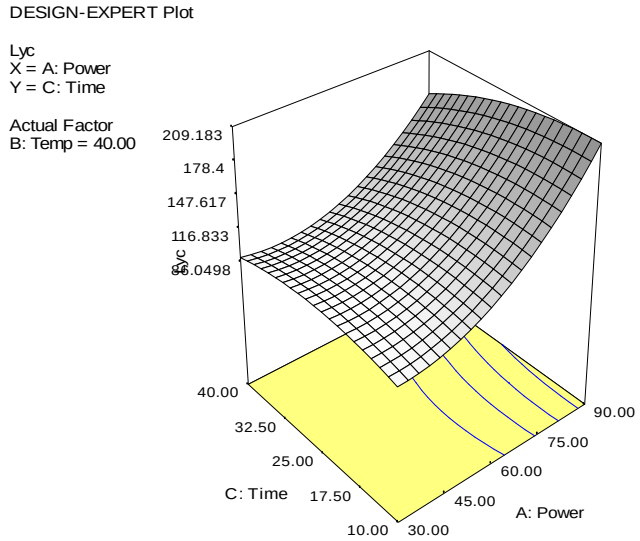

Fig 2 Interaction effects of ultrasound power and time on the extraction of pepper carotenoids (lycopene).

شکل های ۵ و ٦ بیانگر اثر توام دما و زمان در مقدار کاروتنوئیدهای فلفل قرمز است. افزایش دما باعث افزایش مقدار کاروتنوئیدهای فلفل شد ولی افزایش زمان تاثیر منفی بر مقدار کارتنوئیدها داشت.

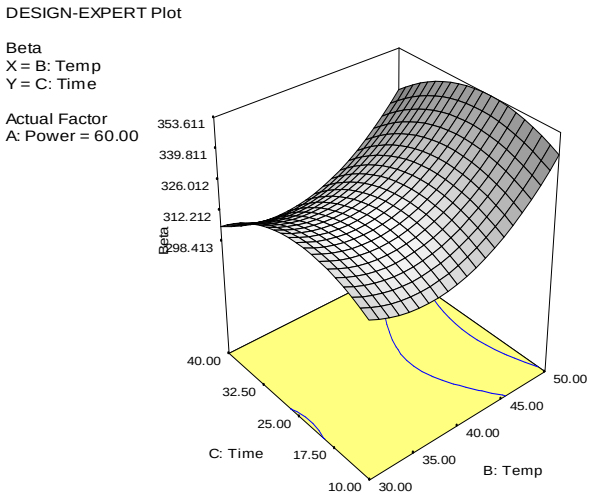

Fig 5 Interaction effects of temperature and time on the extraction of pepper carotenoids (beta-carotene).

اثر متقابل دما و شدت صوت بر مقدار کاروتنوئیدهای فلفل نشان داد که با افزایش این دو پارامتر، استخراج کاروتنوئیدها افزایش چشم گیری یافت. بنابراین بیشترین مقدار بتاکاروتن و لیکوپن از تیمار دمای ۵۰ درجه و شدت صوت ۹۰ وات بدست آمد (شکل های ۳ و ٤).

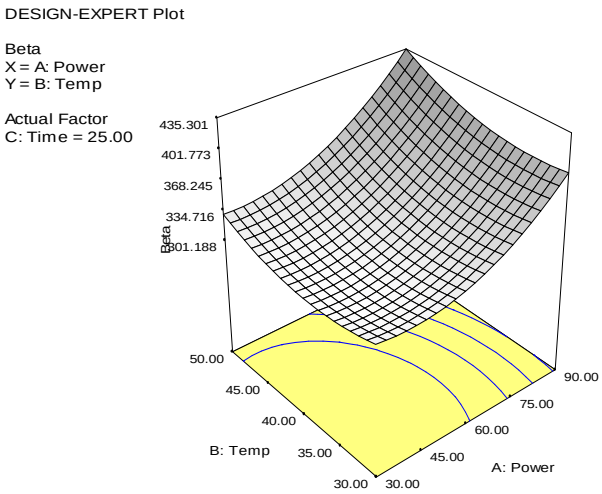

Fig 3 Interaction effects of temperature and sound power on the extraction of pepper carotenoids (beta-carotene).

www.SID.ir

Archive of SID

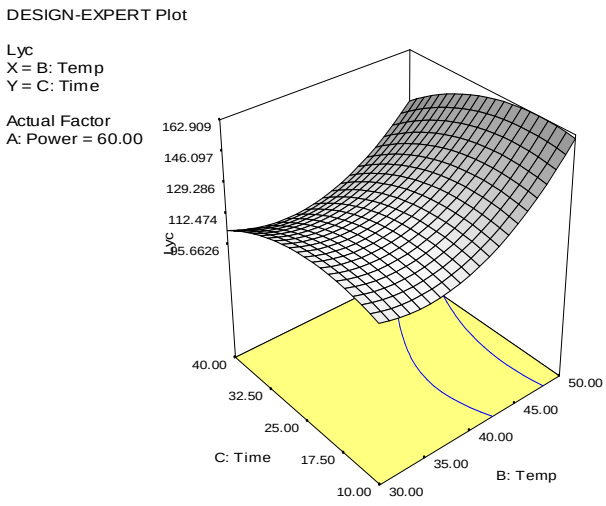

Fig Interaction effects of temperature and time on the extraction of pepper carotenoids (lycopene).

نتایج بهینه‌سازی حاصل از آنالیز توسط برنامه RSM به منظور استخراج هر چه بیشتر ترکیبات رنگی فلفل قرمز بیانگر آن بود که شرایط بهینه برای استخراج این ترکیبات زمان ۱۰/٦ دقیقه، شدت صوت ۸۹/۹ وات و دمای ٤۹/۷ درجه سانتی گراد می باشد. تحت این شرایط میزان استخراج کاروتنوئیدهای فلفل قرمز به صورت بتاکاروتن مقدار ٤۳۰/٦۲ میلی گرم در کیلوگرم و لیکوپن به مقدار ۲٦۱/٤٤ میلی گرم در کیلوگرم پیش بینی شد که در مقایسه با نمونه شاهد (بدون حمام فراصوت) افزایش چشم گیری داشت. کمترین مقدار کاروتنوئیدها در تیمار شدت صوت ٤۱ وات، دمای ۳۸ درجه و زمان ۱۵ دقیقه مشاهده شد (جدول ۲).

Table 2 The results of the optimization process for carotenoids of pepper.

Optimized points	Power (W)	Temperature (C)	Time (min)	beta-carotene (mg/kg)	Lycopene (mg/kg)
1	89.92	49.70	10.64	430.62	261.44
2	89.24	49.90	11.09	428.09	259.41
3	90.00	50.00	10.12	432.19	255.41
4	90.00	50.00	13.95	435.14	253.94

در پایان معادله کلی مدل چند جمله ای به صورت زیر بدست آمد :

رابطه ۱ (بتاکاروتن):

$$Y = 319.62 + 49.66\,A + 18.23\,B - 8.48\,C + 31.37\,A^2 + 19.9\,B^2 - 12.47\,C^2 + 10.48\,A*B - 9.65\,A*C - 4.64\,B*C$$

رابطه ۲ (لیکوپن):

$$Y = 119.7 + 49.75\,A + 19.04\,B - 9.84\,C + 30.51\,A2 + 20.07\,B2 - 11.32\,C2 + 11.76A*B - 10.56\,A*C3.72\,B*C$$

که در این روابط، A شدت صوت، B دما و C زمان می باشد.

۳- بحث

شدت صوت یکی از فاکتورهای مؤثر در افزایش میزان کاروتنوئیدهای فلفل بود. فیاض مهر و آصفی [٦] گزارش کردند که بیشترین لیکوپن در تفاله های گوجه فرنگی از نمونه های فراصوت شده در دمای ٤۵ درجه سانتی گراد، شدت ۲۰۵ وات و زمان ۱۰ دقیقه حاصل شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. همچنین سیدی فر و همکاران [۸] گزارش کردند که پیش تیمار فراصوت باعث افزایش استخراج بتاکاروتن از تفاله هویج می شود. این مسئله می تواند مربوط به نیروی برشی ایجاد شده و محتوای انرژی بالای این امواج و تأثیر آنها در شکستن و متلاشی کردن دیواره های سلولی و افزایش احتمال رهایش محتویات آنها به محیط استخراج و بهبود انتقال جرم باشد. امواج فراصوت همچنین سبب کاهش اندازه ذرات می شود که سطح تماس را افزایش داده و در نتیجه انتشار حلال در بافت افزایش می یابد [۲۰]. علاوه براین با افزایش شدت صوت، انتقال جرم ناشی از فروپاشی حباب های کاویتاسیون در نزدیکی دیواره سلولی تشدید می شود که منجر به تماس بهتر بین حلال و مواد گیاهی می گردد. همچنین در زمان فروپاشی حباب های کاویتاسیون یک جریان سریع از امواج فراصوت تولید می شود که بعنوان یک میکروپمپ برای حلال عمل کرده و می تواند به اجبار حلال را به درون سلول رانده و ترکیبات موردنظر را حل کند [۲۰]. در این تحقیق با افزایش دما، میزان استخراج کاروتنوئیدها نیز افزایش یافت. نتایج تحقیقات سایر پژوهشگران نیز تأیید کننده این موضوع می باشد که با افزایش دما، حلالیت کاروتنوئیدها در حلالی که استخراج بوسیله آن انجام می شود، افزایش می

www.SID.ir

Archive of SID

یابد که این امر باعث افزایش مقدار کاروتنوئیدها می گردد [۲۱].

افزایش مقدار کاروتنوئیدهای فلفل قرمز در تیمارهای فراصوت شده، بدلیل اعمال شدت صوت و زمان کوتاه فرایند (نسبت به روش غوطه وری) می باشد. محققان نیز اثر دو روش استخراج غرقابی و استفاده از امواج فراصوت را به منظور اسنخراج اولئورزین های رنگی پودر فلفل قرمز با هم مقایسه کردند که نتایج نشان داد استفاده از امواج فراصوت، روشی مفید برای افزایش بازده استخراج ترکیبات رنگی در فلفل بود و باعث کاهش زمان استخراج گردید که این کاهش زمان، منجر به حداقل شدن تخریب ترکیبات رنگی و افزایش کیفیت آنها شد [۲۲].

٤- نتیجه گیری

بر اساس نتایج آزمون های انجام شده با روش سطح پاسخ، فاکتور شدت صوت به عنوان تأثیرگذارترین فاکتور انتخاب شد. مدل تجزیه و تحلیل آماری در روش سطح پاسخ برای ۲ پارامتر اندازه گیری شده، مدل چندجمله ای بود که با ضریب تبیین بالایی داده ها را برازش کرد. نتایج نشان داد که در روش سطح پاسخ، با افزایش زمان و دمای استخراج، میزان کاروتنوئیدها به ترتیب کاهش و افزایش یافته است. همچنین افزایش متغیر شدت صوت باعث افزایش کاروتنوئیدها در فلفل قرمز شد.

٥- منابع

[1] Shirani, M. and Fayyaz, N. Planting different types of peppers and their properties. Nosuh Press, 132 p.

[2] Moradinejad, F. 2011. Antioxidants, revolutionary for the health. Shoara Press Institute. 130 p.

[3] Ghobadi, Z. and Abbasi, S. 2011. Ultrasound, properties, production methods and applications in food processing. Journal of Agricultural Engineering and Natural Resources, 6: 12-18.

[4] Chemat, F., Huma, Z. and Khan, M. K. 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. Ultrasonics Sonochemistry, 18: 813-835.

[5] Vilkha, K., Mawson, R., Simons, L. and Bates, D. 2008. Applications and opportunities for ultrasound -assisted extraction in the food industry - A review. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9: 161-169.

[6] Fayyazmehr, B. and Asefi, N. 2012. Effect of ultrasound waves on amount and antioxidant capacity of extracted lycopene from tomato residue. Food industry research, 22: 242-248.

[7] Hui-Xing, L., Xin, Ch. and Qian, Ch. 2010. Study on extraction process of lycopene assisted by ultrasonic radiaition from tomato ketchup. Journal of Food Science and Emerging Technologies, 1: 202–210.

[8] Seyedifar, R., Asefi, N. and Maghsoudlou, Y. 2014. Effect of ultrasound waves pretreatment on quantity and antioxidant capacity of extracted beta-carotene from carrot residue. Journal of Food Hygiene, 4: 63-83.

[9] Milani, A., Kadkhodaie, R., Goli Movahed, Gh. and Hosseini, F. 2012. Optimization of extraction of inulin from Burdock root by ultrasound using response surface methodology. 11: 68-72.

[10] Sahin, S. and Samli, R. 2013. Optimization of olive leaf extract obtained by ultrasound-assisted extraction with a response surface methodology. Ultrasonics Sonochemistry, 20: 595-602.

[11] Wang, J., Sun, B., Cao, Y., Tian, Y. and Li, X. 2008. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. Food Chemistry, 106: 804-810.

[12] Shotipruk, A., Kaufman, B. and Wang, Y. 2001. Feasibility study of repeated harvesting of menthol from biologically viable *Mentha xpiperata* using ultrasonic extraction. Biotechnology Progress, 17: 924-928.

[13] Barbero, G.F., Liazid, A., Palma, M. and Barroso, C. G. 2008. Ultrasound- assisted extraction of capsaicinoids from peppers. Talanta, 75: 1332-1337.

[14] Bimakr, M., Abduirahman, R. and Taipe, F. 2012. Optimization of ultrasound- assisted extraction of crude oil from winter melon seed using response surface methodology. Molecules, 17: 11749-11756.

[15] Das, S. 2013. Optimization of ultrasound-assisted extraction of total flavonoides and antioxidant properties from *Trigonella*

www.SID.ir

Archive of SID

Foenum seeds with response surface methodology. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 4(11): 4308-4318.

[16] Materska, M. and Perucka, I. 2005. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annum* L). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(5): 1750-1756.

[17] Aminifard, M. H. 2013. Study and comparison of the effects of different organic fertilizers on morphological, physiological and biochemical characteristics of chili and sweet peppers. Ph. D. Dissertation of Horticulture, University of Mashhad.

[18] Nagata, M. and Yamashita, I. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Journal of Japanese Society of Food Science and Technology, 39: 925-928.

[19] Myers, R. H. and Montgomery, D. C. 2002. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. 2nd Ed. Wiley, New York.

[20] Li, J., Dong ding, S. and Xiao-lin, D. 2007. Optimization of the ultrasonically assisted extraction of polysaccharides from *Zizyphus jujube* cv. jinsixiaozao. Journal of Food Engineering, 80: 176-183.

[21] Albu, S., Joyce, E., Paniwnyk, L., Lorimer, P. and Mason, J. 2004. Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus offcinalis* for the food and pharmaceutical industry. Ultrasonics Sonochemistry, 11: 261-265.

[22] Fernandez-Ronco, M., Gracia, I. and Lucas, A. 2012. Extraction of *Capsicum annum* oleoresin by maceration and ultrasound-assisted extraction. Journal of Food Process Engineering, 36: 343-352.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of ultrasound on extraction of carotenoids of lycopene and beta-carotene from chili pepper fruit and response surface optimization of extraction conditions

Dehghan Tanha, R. [1], Aminifard, M. H.[2] , Bayat, H.[2*]

1. Department of Food Sciences and Technology, Branch of Ghuchan, University of Azad, Ghuchan, Iran
2. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

(Received: 2016/11/01 Accepted: 2017/03/13)

Chili pepper (*Capsicum annum* L.) belongs to the family Solananceae and contains large amounts of secondary metabolites (phenol antioxidants and carotenoids). Considering pigments content of pepper having red color and strong antioxidant effects, it is widely used in the preparation of food grade dyes. The use of ultrasonic waves due to its promising effects on maintenance and processing of food is growing. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of ultrasound in the extraction of carotenoid compounds extracted from red pepper and process optimization using response surface methodology (RSM). Variables in study were extraction temperatures at 3 levels (30, 40 and 50 °C), extraction times at 3 levels (10, 25 and 40 minutes) and power at 3 levels (30, 60 and 90 watt). The results based from optimization using RSM showed that with increasing time and temperature of extraction, carotenoid content decreased and increased, respectively. Carotenoid contents also increased in red pepper with increasing ultrasound power. The optimal conditions for extracting maximum carotenoid compounds out of pepper were treatment temperature of 49 °C for 10 minutes and 89.9 percent ultrasound power. Under these conditions, the values of extracted carotenes were 430.6 mg/kg for beta-carotene and 261.4 mg/kg for lycopene. The results showed that using ultrasound pretreatment before extraction of carotenoids increased the amount of extracted lycopene and beta-carotene.

Keywords: Antioxidant activities, Carotenoid, Chili pepper, Optimization, Ultrasound

[*]Corresponding Author E-Mail Address: hassanbayat@birjand.ac.ir;

www.SID.ir