

(مقاله پژوهشی)

بهینه‌یابی فرآیند تولید کنسانتره کدوی تنبل به روش سطح پاسخمحسن مختاریان^{۱*}، مرجان نوری^۱

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۹

چکیده

در این پژوهش فرآیند تولید کنسانتره کدوی تنبل مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور فرآیند استخراج عصاره به کمک روش سطح پاسخ با بکارگیری متغیرهای نسبت اختلاط گوشته به حلال (دامنه ۱:۱ تا ۱:۳) و دمای استخراج (دامنه ۵۵-۸۵°C) بهینه‌یابی گردید. جهت بهینه‌یابی فرآیند استخراج عصاره کدوی تنبل خصوصیات کیفی راندمان استخراج، pH، اسیدیته، ویتامین C، هیدروکسی متیل فورفورال، پروتئین، قند، لیکوپن، بتاکاروتن، روبش رادیکال آزاد DPPH مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که طی فرآیند استخراج عصاره، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ با ۱:۳ به ترتیب سبب کاهش و افزایش پارامترهای کیفی (راندمان استخراج، اسیدیته، عدد فرمالین، ویتامین C، پروتئین، هیدروکسی متیل فورفورال، بتا-کاروتن، لیکوپن و روبش رادیکال آزاد DPPH) و (pH، قند احیاء کننده، قند کل و قند ساکارز) شد. همچنین افزایش دمای استخراج از ۵۵°C تا ۸۵°C شاخص‌های کیفی (اسیدیته، عدد فرمالین، پروتئین و هیدروکسی متیل فورفورال) را افزایش و نیز شاخص‌های کیفی (pH، ویتامین C، قند احیاء کننده، قند کل، قند ساکارز، بتا-کاروتن، لیکوپن و روبش رادیکال آزاد DPPH) را کاهش داد. نتایج بهینه‌یابی نشان داد که بهترین دمای استخراج و نسبت اختلاط به ترتیب ۵۵°C و ۱:۱ تعیین شد. همچنین در شرایط بهینه، مقدار شاخص‌های بازده استخراج، اسیدیته، pH، عدد فرمالین، ویتامین C، پروتئین، قند احیاء کننده، قند کل، ساکارز، هیدروکسی متیل فورفورال، بتا-کاروتن، لیکوپن و روبش رادیکال آزاد DPPH به ترتیب ۰/۴۳/۰۳، ۰/۴۷، ۷/۰۷، ۱۶/۸ (g/۱۰۰g)، ۰/۴۷۷ (mg/۱۰۰g)، ۰/۹۴۸، ۹/۳ (g/۱۰۰g)، ۳۳/۶۶ (g/۱۰۰g)، ۲۳ (g/۱۰۰g)، ۰/۸۵ (mg/kg)، ۰/۶۳ (mg/l) و ۰/۱۷ (mg/l) و ۳۲/۳۲ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: کدو تنبل (*Cucurbita maxima*)، کنسانتره، دما و نسبت استخراج، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بهینه‌یابی.

۱- مقدمه

میوه‌ها حاوی دامنه وسیعی از ترکیبات مختلف بوده و از لحاظ ساختمانی و ترکیب تفاوت‌های قابل توجهی با یکدیگر دارند. برخی از عناصر مغذی نظیر آهن، کلسیم، ویتامین A، تیامین و اسید آسکوربیک که غالباً در مقادیر کمتر از حد نیاز توسط انسان‌ها مصرف می‌گردند و عناصر مغذی بحرانی نامیده می‌شوند، در میوه‌ها به وفور یافت می‌شوند. بنابراین میوه‌ها نقش مهمی را در متعادل کردن رژیم غذایی انسان ایفا می‌کنند. میوه‌هایی که از لحاظ کیفی سطح بالایی دارند جهت فروش و تازه‌خوری وارد بازار می‌شوند، اما اگر میوه جهت فروش به صورت تازه نامناسب باشد برای فرآوری (بخصوص تولید آبمیوه و کنسانتره) به مصرف می‌رسد. روش‌های مختلفی برای نگهداری آبمیوه‌ها به کار می‌رود که از جمله آنها می‌توان به تیمار حرارتی، انجماد، سرد کردن و تغلیظ اشاره نمود. تغلیظ و تولید کنسانتره یکی از روش‌های نگهداری آبمیوه‌ها بوده که ضمن کاهش هزینه‌های بسته‌بندی و حمل‌ونقل، امکان مصرف آن را در تمام فصول سال فراهم می‌سازد. در اثر تغلیظ، آبمیوه در برابر فساد میکروبیولوژیکی و تغییرات شیمیایی مقاوم می‌گردد و بر عمر انباری محصول اضافه می‌شود. امروزه تولید آبمیوه و کنسانتره تنها به میوه‌هایی نظیر مرکبات که پراکندگی وسیعی در سراسر دنیا دارند محدود نمی‌شود بلکه با توجه به تنوع آب و هوایی، محصولاتی که به صورت انحصاری و خاص نیز در مناطق مختلف پرورش می‌یابند، را شامل می‌شود (۱). کدوی تنبل (*Cucurbita maxima*) از جمله محصولات فصلی بوده که اهمیت زیادی برای مصارف انسانی دارد. طبق آمار رسمی اعلام شده توسط سازمان خواروبار جهانی (FAO)، در حال حاضر این محصول در کشورهای چین (۴۴/۷۴٪ تولید جهانی)، هند (۱۵/۳۵٪ تولید جهانی)، روسیه (۳/۷۹٪ تولید جهانی)، اوکراین (۳/۳۹٪ تولید جهانی)، آمریکا (۲/۶۶٪ تولید جهانی)، ایران (۱/۸۶٪ تولید جهانی) و سایر کشورها (۱۲/۴۸٪ تولید جهانی) در سطح وسیعی کشت می‌شود (۲). با توجه به

تولید بالای این محصول در ایران و مشکلات عمده و بسیار در رابطه با انبارمانی، بسته‌بندی، حمل‌ونقل، ضایعات و نیز فصلی بودن این محصول، نیاز به راه‌اندازی و احداث صنایع جانبی و تبدیلی (نظیر واحد تولید کنسانتره) در کشور بیش از پیش احساس می‌گردد. به طوری که توسعه هر چه بیشتر پرورش این محصول و فرآورده‌های حاصل از آن می‌تواند باعث رشد صادرات غیرنفتی، ارزآوری و در نهایت افزایش توان اقتصادی کشور گردد. بررسی مطالعات پیشین نشان داد که تاکنون هیچ پژوهشی روی پارامترهای مؤثر بر استخراج عصاره جهت تولید کنسانتره کدوی حلوائی صورت نگرفته است. با این حال برخی از پژوهش‌های مرتبط با تولید کنسانتره سایر محصولات در ادامه مرور می‌شود. کاپانوقلو و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات میزان پلی فنول را طی تولید کنسانتره آب انگور مورد مطالعه قرار دادند. آنها تغییرات میزان پلی فنول‌ها را در مراحل مختلف تولید این فرآورده (شستشو، پرس، پاستوریزاسیون، شفاف‌سازی، فیلتراسیون، تبخیر و پُر کردن در دمای ۲۷°C و بریکس ۴۵ درجه) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان حذف ترکیبات پروسیانیدین و آنتوسیانین‌ها در هنگام حذف پوسته و دانه میوه مشاهده شد. در حالی که میزان کاهش بیشتر آنتوسیانین‌ها در مراحل بعدی شفاف‌سازی و فیلتراسیون نیز ادامه یافت (۳). بالدی و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر فعالیت ضد دیابتی کنسانتره کدوی حلوائی (در دو دُز ۲۰۰ و ۳۰۰ mg/kg) را روی موش‌های دیابتی شده با آلوکسان بررسی نمودند. آنها از قرص گلی‌بن‌کلامید به عنوان داروی استاندارد ضد دیابتی در غلظت ۵ mg/kg استفاده کردند. به مدت ۱۴ روز نمونه‌های خون جمع‌آوری شد و میزان گلوکز پلاسما اندازه‌گیری گردید. در پایان روز ۱۴م مشاهده شد که غلظت ۳۰۰ mg/kg کنسانتره کدوی حلوائی سبب کاهش معنی‌دار در گلوکز پلاسما گردید. آنها بیان داشتند که کنسانتره کدوی حلوائی می‌تواند به عنوان یک ترکیب بالقوه با فعالیت هیپوگلاسمیک در موش دیابتی شده عمل نماید (۴). ماگزامو و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر دما (۲۰ تا ۹۰°C)، غلظت

مؤثر روی استخراج عصاره از پالپ کدوی تنبل جهت تولید کنسانتره و بررسی تأثیر این پارامترها روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی این محصول می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی ماده اولیه

در این مطالعه رقم گرد کدو (کدو تنبل) از بازار محلی شهر رودهن خریداری شد. سپس به منظور کاهش فعالیت‌های تنفسی و بیولوژیکی تا زمان انجام آزمایشات در یخچال در دمای ۳ تا ۴°C نگهداری گردید. رطوبت اولیه کدوی تنبل به روش آون‌گذاری در دمای ۱۰۵°C ارزیابی و مقدار آن معادل ۸۹/۳۱٪ (مبنای مرطوب) تعیین شد (۸).

۲-۲- استخراج و تغلیظ کنسانتره

بدین منظور ابتدا ۲ عدد کدو تنبل (وزن متوسط واحد هر کدام حدوداً ۶/۵ kg) پوست‌گیری و دانه‌های موجود در آن خارج شد. سپس جهت حذف بخش‌های زائد باقیمانده روی گوشته میوه، گوشته با آب سرد شستشو شد. به منظور نفوذ بهتر حلال (آب) به داخل بافت کدو طی فرآیند استخراج، گوشته میوه به قطعات حدوداً ۱×۳×۱ سانتی‌متر (طول، عرض و ضخامت) برش داده شد (این عمل توسط رنده خانگی صورت گرفت). سپس برش‌ها با نسبت‌های مشخصی از حلال (نسبت گوشته به حلال ۱:۱، ۲:۱ و ۳:۱) مخلوط شدند (مطابق جدول بهینه‌سازی که در ادامه درج شده است). عمل استخراج به مدت ۲ ساعت در گستره دمایی ۵۵ تا ۸۵°C ادامه یافت (مطابق جدول بهینه‌سازی). جهت تنظیم دما طی عمل استخراج، بشرهای حاوی گوشته میوه و حلال در بن‌ماری (Windaus, Lauda مدل E200، آلمان) قرار گرفت. سپس آمیخته فوق به منظور یکنواخت شدن توسط همزن شیشه‌ای همگن شد (۲ rev/۱۵ min). پس از این مرحله آمیخته همگن شده توسط پارچه متقال صاف گردید. لازم به ذکر است که بسته به میزان عصاره لازم، مراحل فوق مجدداً به همان ترتیب صورت گرفت. سپس عصاره در نقطه بهینه استخراج و تا

(۲۰ تا ۴۰ درجه بریکس) و فشار (۰/۱۰۱۳۲۵ تا ۱۰ MPa) را روی گرانروی کنسانتره‌های انار و گلابی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که افزایش دما سبب کاهش گرانروی گردید. همچنین نتایج نشان داد که افزایش فشار در یک دمای ثابت (به عنوان مثال ۹۰°C) سبب افزایش جزئی در گرانروی از ۰/۴۳۵ تا ۰/۴۴۰ mPa.s گردید (۵). بوردورلو و همکاران (۲۰۰۶) تخریب ویتامین C در کنسانتره مرکبات را طی هشت هفته انبارمانی در دمای بین ۲۸ تا ۴۵°C مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که میزان تخریب اسید آسکوربیک در کنسانتره مرکبات از مدل سینتیک مرتبه اول پیروی می‌کند. آنها بیان داشتند که میزان باقیمانده اسید آسکوربیک بعد از انبارمانی در دماهای ۲۸، ۳۷ و ۴۵°C به ترتیب ۸۳/۷ تا ۵۴/۵٪، ۲۷-۲۳/۶٪ و ۲۰-۱۵/۱٪ گزارش شد (۶). آریایی و همکاران (۱۳۸۸) پارامترهای فرآیند تولید کنسانتره کشمش دو رقم گرد و کشیده منطقه خراسان را بهینه‌سازی نمودند. در این پژوهش از وارپته‌های کشمش گرد و کشیده، تولیدی منطقه کاشمر برای تولید کنسانتره کشمش استفاده شد و آزمایشات در دو سطح حلال (۱:۱ و ۲:۱) و سه سطح دمایی استخراج (۶۰، ۷۰ و ۸۰°C) و سه سطح دمایی تغلیظ (۵۰، ۶۰ و ۷۰°C) انجام گرفت. در نهایت خواص فیزیکوشیمیایی کنسانتره حاصل از جمله رنگ، گرانروی، درصد قند احیاء، اسیدیته و شمارش کپک و مخمر اندازه‌گیری شد. آنالیز آماری نتایج نشان داد که جهت تولید کنسانتره کشمش، استفاده از کشمش گرد با نسبت حلال ۱ به ۲ در دمای استخراج ۶۰°C و دمای تغلیظ ۵۰°C پیشنهاد می‌گردد. آنها گزارش نمودند که کشمش گرد از کشمش کشیده ارزان‌تر و برای تولید کنسانتره اقتصادی‌تر بوده و کشمش گرد آرومای بیشتری نسبت به کشمش کشیده دارد. با افزایش دمای تغلیظ و دمای استخراج کشمش گرد، شدت رنگ کنسانتره حاصل از آن کمتر از کشمش کشیده می‌شود. بنابراین این فاکتورها موجب شدند تا کنسانتره کشمش گرد بر کنسانتره کشمش کشیده ترجیح داده شود (۷). هدف از این مطالعه بررسی تأثیر برخی از پارامترهای

که در آن، V حجم مصرفی هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال (ml)، m وزن نمونه (g) و A اسیدیته کل بر حسب اسید سیتریک (g/۱۰۰ g) می‌باشد (۱۱).

۳-۳-۲- تعیین عدد فرمالین

بدین منظور ۲۵ ml نمونه آزمایشی به یک بشر منتقل شد. بشر همراه با یک مگنت روی همزن مغناطیسی قرار گرفت و محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH=۸/۱ به آن به صورت قطره قطره اضافه گردید. سپس ۱۰ ml محلول فرمالدئید خنثی ضمن به هم زدن به آن اضافه و به مدت ۱ min با هم مخلوط گردید. سپس تا رسیدن به pH=۸/۱، هیدروکسید سدیم ۰/۲۵ نرمال به صورت قطره قطره به آن اضافه شد. حجم هیدروکسید سدیم ۰/۲۵ نرمال مصرفی از روی قسمت مدرج بورت قرائت و توسط معادله (۳) عدد فرمالین بر حسب (g/۱۰۰ g) برآورد گردید.

$$F = \frac{V \times N \times 10 \times 100}{V_i}$$

که در آن، V حجم مصرفی هیدروکسید سدیم (ml)، N نرمالیه هیدروکسید سدیم مصرفی برای خنثی کردن مخلوط آزمون و فرمالدئید و V_i حجم نمونه مورد آزمون (ml) می‌باشد (۱۱).

۳-۳-۲- تعیین ویتامین C

به منظور بررسی اثرات فرآیند بر ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی، مقدار ویتامین C به عنوان شاخصی از کیفیت تغذیه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. بنابراین مقدار ویتامین C در نمونه‌های آزمایشی با استفاده از روش شیمیایی ۶،۲-دی کلروفل اندوفل طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۰۹ اندازه‌گیری شد (۱۲).

رسیدن به بریکس ۶۵ درجه توسط تبخیرکننده چرخان (Laboratorium-Technic AG، سوئیس) در دمای ۶۵°C تغلیظ گردید (۹، ۱۰).

۳-۲- تعیین پارامترهای کیفی

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی انجام شده روی عصاره کدو تنبل به شرح ذیل می‌باشند:

۳-۲-۱- راندمان استخراج

راندمان استخراج از طریق معادله (۱) تعیین گردید:

$$EY(\%) = \frac{X_{se}}{X_{si}} \times 100$$

که در آن، EY بازده استخراج (%)، X_{se} مواد جامد عصاره استخراج شده بعد از خشک کردن (%)، X_{si} مواد جامد برش‌های کدوی اولیه بعد از خشک کردن (%). می‌باشد (۹).

۳-۲-۲- تعیین اسیدیته و pH

اندازه‌گیری pH نمونه‌های آزمایشی با استفاده از pH متر در دمای ۲۵°C مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵ انجام شد (۱۱). همچنین ارزیابی اسیدیته نمونه‌ها به روش تیتراسیون صورت گرفت. مراحل کار به صورت خلاصه به شرح ذیل است. ابتدا ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر تازه جوشیده و سرد شده به یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتر منتقل گردید و سپس آزمون (۲۰ g) به آن اضافه شد و کاملاً مخلوط گردید. سپس شناساگر فنل فتالین (به میزان ۰/۳ میلی‌لیتر فنل فتالین برای هر ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول آزمون) به آن افزوده شد و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ایجاد رنگ صورتی کم رنگ پایدار (به مدت ۳۰ ثانیه)، تیتراژ گردید. سپس توسط معادله (۲) مقدار اسیدیته بر حسب اسید سیتریک (g/۱۰۰ g) برآورد گردید.

(۲)

$$A = \frac{V \times 0.0064 \times 100}{m}$$

۲-۳-۵- تعیین پروتئین

میزان پروتئین نمونه‌های آزمایشی به روش کج‌دال ارزیابی و مقدار کمی آن به صورت زیر تعیین گردید:

$$\text{Pro}(\%) = \frac{0.014 \times 100 \times F \times N \times (S - B)}{W}$$

که در آن، S مقدار اسید سولفوریک مصرفی برای تیتراسیون بالن حاوی نمونه (ml)، B مقدار اسید سولفوریک مصرفی برای تیتراسیون بالن شاهد (ml)، N نرمالیت اسید سولفوریک در مرحله تیتراسیون، F فاکتور پروتئین (که برای کدوی تنبل ۵/۷ در نظر گرفته شد)، W وزن نمونه که همیشه برابر با یک است (g) و ۰/۰۱۴ مقدار اکی‌والان گرم نیتروژن می‌باشد (۱۱)، (۱۳).

۲-۳-۶- تعیین قندهای کل، احیاکننده و غیر احیاکننده

ارزیابی قند نمونه‌های آزمایشی به روش لین و آیتون مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵ صورت گرفت (۱۱).

۲-۳-۷- تعیین هیدروکسی متیل فورفورال (HMF)

مقدار ۲۵ g آزمون را به یک بالن مدرج (۵۰ ml) منتقل نموده و به آن بی‌کربنات سدیم جامد اضافه نموده تا قلیایی شود (pH=۷-۸). برای جلوگیری از کف کردن چند قطره ایزوپروپانل بیافزاید. مقدار ۴ ml محلول نشاسته ۰/۵٪ به آن اضافه کرده و سپس چند قطره محلول ید ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ آبی که به مدت ۱۵ ثانیه ثابت بماند اضافه نمایید. مقدار ۱ ml از هر یک از محلول‌های شفاف‌کننده فروسیانید روی (a) و (b) اضافه می‌کنیم. پس از افزودن محلول فوق را به خوبی تکان دهید. محلول را با آب مقطر به حجم رسانده و صاف می‌کنیم. دو ارلن انتخاب و به هر یک مقدار ۲ ml از محلول صاف شده منتقل گردید. به ارلن شاهد ۵ ml محلول

۱- شناساگر a: مقدار ۲۱/۹ g استات روی متبور و ۳ ml اسید استیک غلیظ را در ۱۰۰ ml آب مقطر حل و به حجم می‌رسانیم.

۲- شناساگر b: مقدار ۱۰/۶ g فروسیانید پتاسیم متبور را در ۱۰۰ ml آب مقطر حل و به حجم می‌رسانیم.

پاراتولوئیدین و ۱ ml آب مقطر اضافه و مخلوط می‌کنیم. چگالی نوری آن را در مدت ۳ دقیقه در طول موج ۵۵۰ nm در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت می‌کنیم (A_B). به ارلن نمونه ۵ ml محلول پاراتولوئیدین و ۱ ml اسید تیوباریتوریک اضافه کرده و چگالی نوری آن را در مدت ۳ دقیقه در طول موج ۵۵۰ nm در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت می‌کنیم (A_S). سپس مقدار هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) از طریق رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$\text{HMF}(\text{mg/kg}) = \frac{1920 \times (A_B - A_S)}{m}$$

که در آن، m وزن آزمون (g)، A_B جذب شاهد و A_S جذب نمونه می‌باشد (۱۱).

۲-۳-۸- تعیین ظرفیت روبش رادیکال آزاد DPPH

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره توسط ارزیابی ظرفیت روبش رادیکال آزاد ۲ و ۲ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل^۳ (DPPH) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، ابتدا بعد از تهیه عصاره در هر یک از تیمارها، عصاره مذکور (۲ g) با ۱۰۰ ml از حلال ترکیبی (شامل هگزان، استن و اتانول به ترتیب با نسبت‌های حجمی ۲۵:۲۵:۵۰) مخلوط شد تا ترکیبات ضد اکسایشی استخراج شود (۱۴، ۱۵، ۱۶). میزان ۳ ml از مخلوط یاد شده به لوله آزمایش منتقل و سپس مقدار ۱/۵ ml معرف DPPH تازه تهیه شده (یعنی محلول ۰/۱ mM که از اختلاط ۰/۰۳۹ g معرف در ۱۰۰ ml متانول و به حجم رساندن محلول تهیه شد)، به لوله اضافه و توسط هم‌زن لوله‌ای به مدت ۳۰ ثانیه، به خوبی ورتکس شد. در انتها جذب محلول فوق بعد از ۳۰ min قرار گرفتن در محیط تاریک (در دمای محیط)، توسط اسپکتروفتومتر UV، در طول موج ۵۱۷ nm اندازه‌گیری شد. جهت تهیه محلول شاهد از ۳ ml حلال ترکیبی به جای عصاره استفاده شد (یعنی ۳ ml حلال

۳- جهت محلول‌سازی، جرم مولی رادیکال DPPH ($C_{18}H_{17}N_5O_2$) برابر ۳۹۴/۳۲ g/mol در نظر گرفته شود.

(۷)

$$C(\text{mol/l}) = \frac{A_{\lambda} \times F \times d}{\epsilon}$$

در این معادله، C مقدار ترکیبات کاروتنوئیدی (mol/l)، A_{λ} بیشینه جذب هر یک از رنگدانه‌ها (mol/l)، F فاکتور رقت تعدیل شده برای استخراج، ϵ ضریب خاموشی مولی در حلال هگزان (که به ترتیب برای رنگدانه‌های لیکوپن و β -کاروتن ۱۶۹۰۰۰ l/mol و ۱۳۹۰۰۰ l/mol است) و d عرض سیل یا کاووت (۱ cm) می‌باشد. با بکارگیری وزن مولکولی رنگدانه‌های لیکوپن (۵۳۷ g/mol) و β -کاروتن (۵۳۷ g/mol)، نتایج بر حسب (mg/l یا ppm) تبدیل شد (۱۵).

۲-۳-۱- تجزیه و تحلیل آماری و بهینه‌یابی به روش سطح پاسخ (RSM)

جهت بهینه‌یابی فرآیند استخراج و تولید کنسانتره کدو تنبل از روش آماری سطح پاسخ استفاده گردید. در فرآیند بهینه‌یابی دمای استخراج (X_1) و نسبت اختلاط گوشته به حلال (X_2) به عنوان متغیرهای مستقل فرآیند و راندمان استخراج عصاره (Y_1)، اسیدیته (Y_2)، pH (Y_3)، عدد فرمالین (Y_4)، ویتامین C (Y_5)، پروتئین (Y_6)، قند احیاء کننده (Y_7)، قند کل (Y_8)، قند ساکارز (Y_9)، هیدروکسی متیل فورفورال (Y_{10})، بتا-کاروتن (Y_{11})، لیکوپن (Y_{12}) و روبش رادیکال آزاد DPPH (Y_{13}) به عنوان پاسخ‌ها در نظر گرفته شدند. مقادیر واقعی و کُد شده متغیرهای مستقل مورد استفاده در این فرآیند در جدول (۱) ارائه شده است. ارتباط بین مقادیر واقعی و کُد شده متغیرهای مستقل توسط رابطه (۸) بیان می‌شود:

(۸)

$$V_c = \frac{V_R - [(X_j + X_i) / 2]}{[(X_j - X_i) / 2]}$$

که در آن، V_c مقادیر کُد شده متغیرهای مستقل، V_R مقادیر واقعی متغیرهای مستقل، X_j حد بالای \hat{I} آمین فاکتور و X_i حد پایین \hat{I} آمین فاکتور است (۱۸). برای تجزیه و تحلیل آماری از

ترکیبی + ml ۱/۵ رادیکال (DPPH). ظرفیت روبش رادیکالی (RSA) یا قدرت مهارکنندگی رادیکالی، با استفاده از رابطه (۶) محاسبه گردید (۱۷).

(۶)

$$RSA(\%) = \left(\frac{A_B - A_S}{A_B} \right) \times 100$$

در این معادله، A_S میزان جذب نمونه (عصاره+رادیکال DPPH) و A_B میزان جذب شاهد (حلال ترکیبی+رادیکال DPPH) است.

۲-۳-۹- استخراج و تعیین کاروتنوئیدها

به منظور استخراج ترکیبات کاروتنوئیدی موجود در عصاره کدو، حدود ۲ g نمونه توزین و به یک ظرف فویل پیچ شده (به منظور محافظت در برابر نور) منتقل گردید. سپس مقدار ۱۰۰ ml از ترکیبی از حلال‌های استخراج کننده (شامل هگزان، استن و اتانول به ترتیب با نسبت‌های حجمی ۲۵:۲۵:۵۰) به ظرف فوق اضافه گردید. مخلوط فوق به مدت ۳۰ min توسط همزن مغناطیسی به طور کامل مخلوط گردید و سپس ۱۵ ml آب مقطر به منظور بهبود جداسازی فازها اضافه گردید. با این عمل دو فاز تشکیل شد که فاز بالایی هگزان، شامل ترکیبات کاروتنوئیدی و فاز پایینی آب، حاوی ترکیبات آبدوست (هیدروفیلیک) و ذرات معلق سوسپانسیون بود. مقدار ۱ ml از لایه فوقانی برای تجزیه و تحلیل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی/UV استفاده شد (۱۴، ۱۵). به منظور تعیین مقدار کاروتنوئیدهای موجود در عصاره کدو (لیکوپن و β -کاروتن) از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده گردید. بدین منظور ۱ ml از عصاره هگزانی حاوی ترکیبات کاروتنوئیدی به سیل (از جنس کوارتز) دستگاه اسپکتروفتومتر منتقل شد. سپس جذب نمونه در طول موج‌های ۵۰۲ nm (طول موج بیشینه برای رنگدانه لیکوپن) و ۴۵۰ nm (طول موج بیشینه برای رنگدانه β -کاروتن) در مقابل حلال هگزان (به عنوان نمونه شاهد) قرائت گردید. مقدار عددی این رنگدانه‌ها توسط رابطه (۷) تعیین مقدار گردید:

شدند. ارزیابی بهترین مدل از طریق بررسی آزمون فقدان برازش (LOF) و ضریب تبیین مدل (R^2) مذکور بود. بطوریکه مدلی که آزمون فقدان برازش را غیرمعنادار نماید به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌گردد.

طرح مرکب مرکزی شامل ۱۳ آزمایش با ۵ تکرار در نقاط مرکزی استفاده گردید که تیمارهای آن در جدول (۲) ارائه شده است. جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری Design Expert نسخه ۶/۰۱ استفاده گردید. داده‌های تجربی با کمک یک مدل چند جمله‌ای درجه دوم برازش داده

جدول ۱- متغیرهای مستقل مورد استفاده جهت بهینه‌یابی فرآیند تولید کنسانتره کدو تنبل

مقادیر واقعی (مقادیر کُد شده)			متغیر مستقل
پایین	حد واسط	بالا	
55 (-1)	70 (0)	85 (+1)	دمای استخراج (X_1) ($^{\circ}C$)
1:1 (-1)	2:1 (0)	3:1 (+1)	نسبت اختلاط گوشته به حلال (X_2) (-)

جدول ۲- تیمارهای بکار رفته جهت بهینه‌یابی فرآیند تولید کنسانتره کدو تنبل

شماره تیمار	متغیرهای مستقل												متغیرهای وابسته				
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}		
۱	۵۵	۱:۱	۴۳/۰۳	۰/۴۸	۷/۰۸	۱۷	۰/۴۸۲	۰/۹۵۷	۹/۲۷	۳۳/۹۲	۲۳/۴۱	۰/۹۲۲	۰/۶۲۶	۰/۱۶۵	۳۲/۲۵		
۲	۵۵	۲:۱	۳۰/۵۳	۰/۳۷۷۶	۷/۲۲	۱۰	۰/۳۵۲	۰/۷۹۸	۱۱/۴۲	۴۰/۶۶	۲۷/۷۸	۰/۶۱۴	۰/۵۱۷	۰/۱۳۱	۲۸/۱۱		
۳	۵۵	۳:۱	۲۱/۲۶	۰/۳۳۹۲	۷/۲۸	۸	۰/۲۵۱	۰/۶۳۸	۱۳/۴۹	۵۳/۹۶	۳۸/۴۵	۰/۴۶۱	۰/۴۵۹	۰/۰۷۹	۲۳/۹۶		
۴	۷۰	۱:۱	۴۱/۷۴	۰/۵۵۶۸	۶/۵۵	۱۷/۵	۰/۳۷۱	۱/۰۳	۸/۲۵	۳۱/۹۲	۲۲/۴۹	۱/۳۸۲	۰/۶۰۳	۰/۱۳۷	۳۱/۷۱		
۵	۷۰	۲:۱	۲۸/۲۴	۰/۴۶۷۲	۶/۷۲	۱۱	۰/۲۶۹	۰/۸۷۸	۱۰/۷۵	۳۸/۵۴	۲۶/۴۰	۱/۰۷۵	۰/۴۸۷	۰/۱۰۲	۲۶/۶۷		
۶	۷۰	۲:۱	۲۷/۰۱	۰/۴۶۰۸	۶/۷۱	۹/۵	۰/۲۶۵	۰/۹۵۷	۹/۸۹	۳۷/۸۱	۲۶/۵۲	۱/۲۲۹	۰/۴۷۵	۰/۰۹۵	۲۵/۵۸		
۷	۷۰	۲:۱	۲۷/۶۲	۰/۴۷۳۶	۶/۵۱	۱۰	۰/۲۶۰	۰/۸۷۸	۹/۲۷	۳۸/۰۵	۲۷/۳۴	۰/۹۹۸	۰/۴۸۳	۰/۱۱۱	۲۵/۹۴		
۸	۷۰	۲:۱	۲۷/۷۵	۰/۴۷۰۴	۶/۷۱	۱۱/۵	۰/۲۶۵	۰/۸۷۸	۱۰/۵۲	۳۸/۰۵	۲۶/۱۵	۱/۱۵۲	۰/۴۹۱	۰/۰۹۲	۲۸/۱۱		
۹	۷۰	۲:۱	۲۷/۹۵	۰/۴۵۴۴	۶/۷۴	۱۱	۰/۲۶۹	۰/۹۹۷	۱۰/۹۹	۳۸/۵۴	۲۶/۱۷	۰/۹۲۲	۰/۴۹۴	۰/۰۹۸	۲۶/۶۷		
۱۰	۷۰	۳:۱	۲۰/۵۶	۰/۳۵۸۴	۶/۸۷	۹/۵	۰/۱۷۸	۰/۷۱۸	۱۲/۳۷	۵۰/۳۱	۳۶/۰۴	۰/۹۹۸	۰/۴۴۱	۰/۰۵۷	۲۲/۳۴		
۱۱	۸۵	۱:۱	۴۱/۰۱	۰/۶۷۸۴	۶/۲۵	۱۸/۵	۰/۲۸۹	۱/۱۱	۶/۷۵	۳۰/۴۴	۲۲/۵۱	۲/۶۸۹	۰/۵۹۵	۰/۰۹۸	۳۰/۹۹		
۱۲	۸۵	۲:۱	۲۷/۱۳	۰/۵۱۸۴	۶/۳۸	۱۲/۵	۰/۱۹۳	۰/۹۵۸	۹/۲۷	۳۵/۹۷	۲۵/۳۶	۱/۳۸۲	۰/۴۶۸	۰/۰۷۳	۲۵/۲۲		
۱۳	۸۵	۳:۱	۱۹/۶۴	۰/۳۹۰۴	۶/۴۲	۱۱	۰/۱۲۱	۰/۷۹۸	۱۰/۶۰	۴۴/۹۷	۳۲/۶۵	۱/۱۵۲	۰/۴۲۹	۰/۰۴۵	۲۱/۰۸		

X_1 : دمای استخراج ($^{\circ}C$), X_2 : نسبت اختلاط گوشته به حلال (-), Y_1 : راندمان استخراج عصاره (%), Y_2 : اسیدیته ($g/100g$ بر حسب اسید سیتریک), Y_3 : pH (-), Y_4 : عدد فرمالین

(mg/kg), Y_5 : ویتامین C ($mg/100g$), Y_6 : پروتئین (%), Y_7 : قند احیاءکننده ($g/100g$), Y_8 : قند کل ($g/100g$), Y_9 : قند ساکارز ($g/100g$), Y_{10} : هیدروکسی متیل فورفورال (mg/kg),

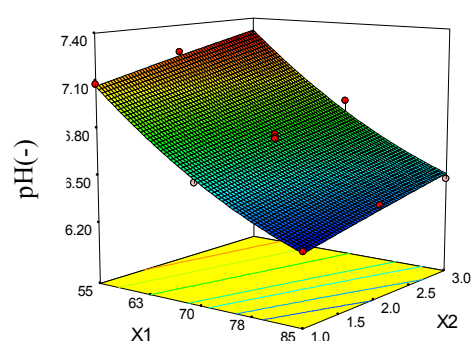
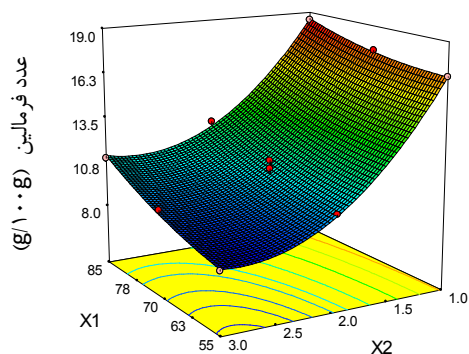
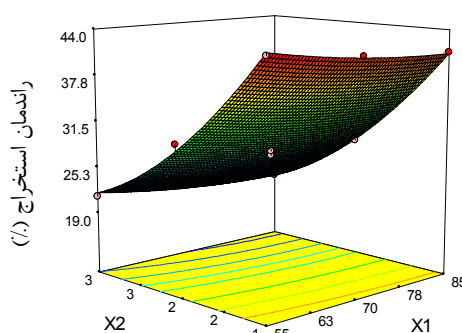
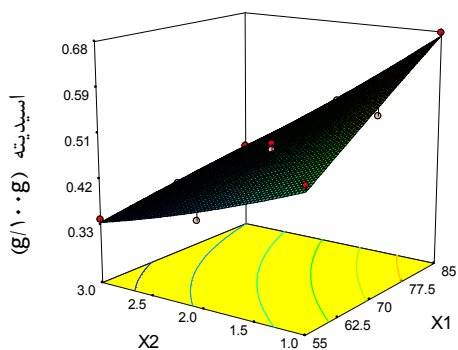
Y_{11} : بتا-کاروتن (mg/l), Y_{12} : لیکوپن (mg/l) و Y_{13} : روبش رادیکال آزاد DPPH (%).

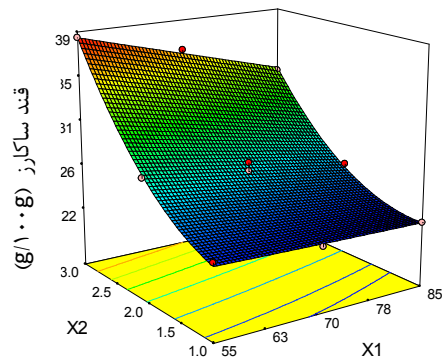
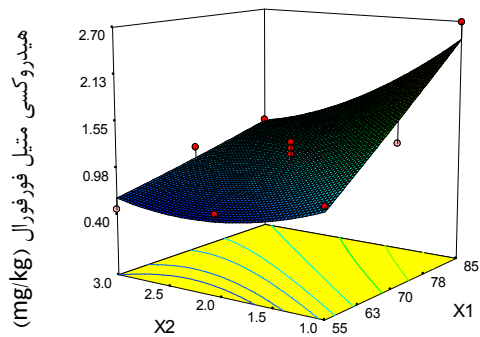
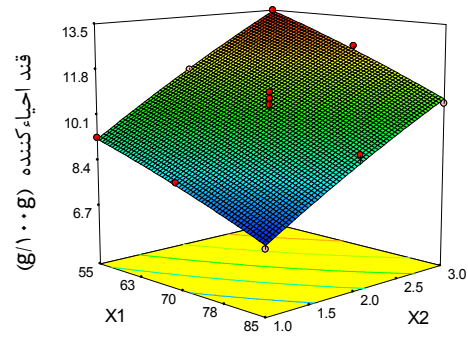
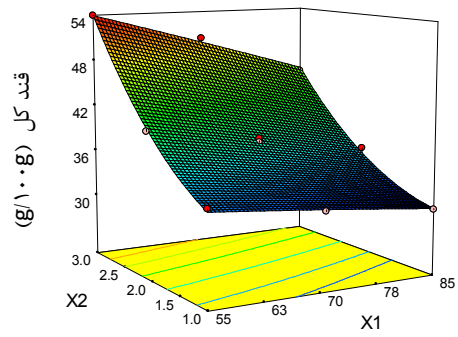
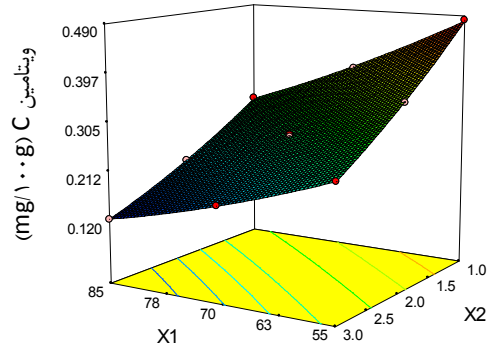
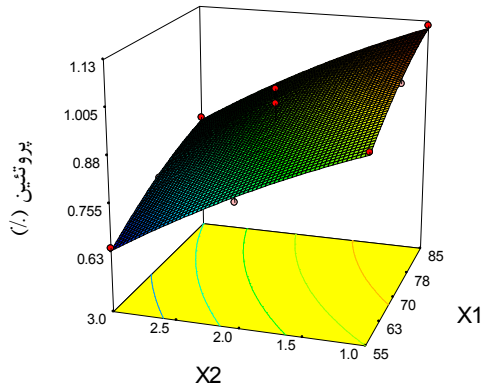
۳- نتایج و بحث

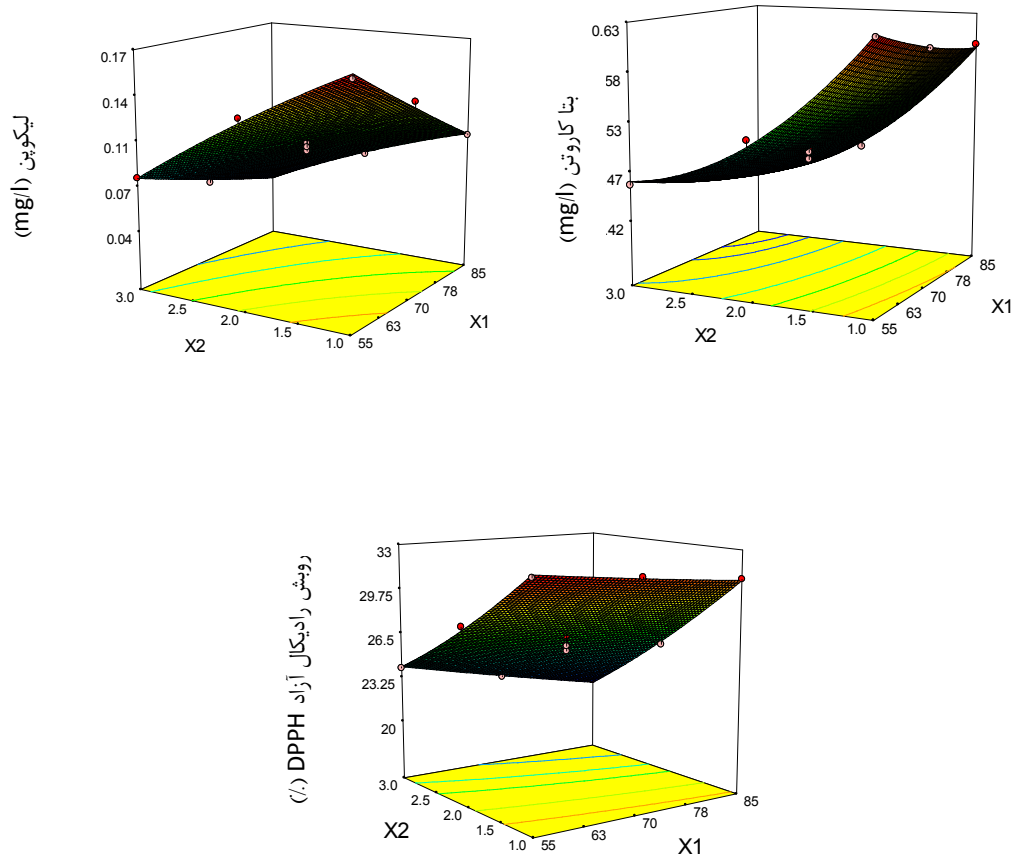
۳-۱- راندمان استخراج عصاره

راندمان استخراج یکی از فاکتورهای مهم جهت بررسی میزان بهره‌وری محصول است. شکل (۱) نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان راندمان استخراج کدوی تنبل نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان راندمان استخراج گردید (میزان کاهش ۴۹/۰۳٪). زمانی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای گزارش نمودند که نسبت اختلاط و

دمای فرآیند تأثیر معنی‌دار ($p < 0.01$) روی میزان راندمان استخراج کنسانتره کشمش دارد. آنها بیان نمودند که افزایش دمای استخراج از 40°C تا 80°C ، سبب افزایش ۲۱/۸٪ در راندمان استخراج عصاره گردید. همچنین نتایج این محققین نشان داد که افزایش نسبت استخراج از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش ۴۴/۱٪ در مواد جامد محلول شد که با توجه به رابطه (۱)، با کاهش راندمان استخراج همراه است (۹). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش‌بینی‌کننده راندمان استخراج عصاره، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.







شکل ۱- تأثیر دمای استخراج (X_1) و نسبت اختلاط گوشته به حلال (X_2) روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی کدوی تنبل طی فرآیند تولید کنساتره

جدول ۳- ضرایب مدل‌های مربوط به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کدوی تنبل طی فرآیند تولید کنسانتره

ضرایب مدل							منبع*
Y_V	Y_6	Y_0	Y_4	Y_3	Y_2	Y_1	
+۸/۴۴	+۰/۳۲۷	+۱/۲۲	+۳۶/۱۲	+۱۰/۲۱	+۰/۰۱	+۸۰/۹۲	مدل
$-۶/۴۴ \times 10^{-3}$	+۰/۰۱۸	-۰/۰۱۳	-۰/۲۱۹	-۰/۰۸۱	+۰/۰۱	-۰/۴۷۶	X_1
+۳/۰۲۲	-۰/۰۷۷	-۰/۲۱۶۱	-۱۶/۴۲	+۰/۱۶۶	+۰/۰۳۷	-۲۲/۹۴	X_2
$-۶/۱۷ \times 10^{-3}$	۰/۰۰	+۱/۰۵۰۱۰ ^{-۳}	+۰/۰۲۵	-۵×۱۰ ^{-۴}	-۰/۰۰۲۴	+۰/۰۰۶۶	$X_1 X_2$
$-۴/۶۶ \times 10^{-۴}$	$-۹/۱۷ \times 10^{-۵}$	+۴×۱۰ ^{-۵}	+۱/۷۶×۱۰ ^{-۳}	+۳/۸۲×۱۰ ^{-۴}	-۸/۸۳×۱۰ ^{-۶}	+۰/۰۰۲۷	X_1^2
-۰/۱۳۹	-۰/۰۲۰۶	+۰/۰۱۱	+۲/۶۵	-۳/۹۶×۱۰ ^{-۳}	+۷/۶۱×۱۰ ^{-۳}	+۲/۹۴	X_2^2
درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	مدل معنی‌دارکننده

ضرایب مدل							منبع*
-	Y_{13}	Y_{12}	Y_{11}	Y_{10}	Y_9	Y_8	
-	+۴۰/۴۳	+۰/۳۸۲	+۱/۰۰۹	-۱/۹۹	+۲۰/۶۵	+۳۰/۲۱	مدل
-	-۰/۰۶۱	$-۳/۵۶ \times 10^{-3}$	$-۴/۹۲ \times 10^{-3}$	+۰/۰۶۲	+۰/۰۴۷	+۰/۰۴۳	X_1
-	-۴/۳۸	-۰/۰۵۹	-۰/۲۲۵	+۰/۰۲۶	+۱/۲۹	+۴/۳۷	X_2
-	-۰/۰۲۷	+۵/۵۰×۱۰ ^{-۴}	+۱/۶۷×۱۰ ^{-۵}	-۰/۰۱۸	-۰/۰۸۱	-۰/۰۹۱۸	$X_1 X_2$
-	+۲/۶۲×۱۰ ^{-۴}	+۴/۹۸×۱۰ ^{-۶}	+۲/۶۲×۱۰ ^{-۵}	+۷/۱۴×۱۰ ^{-۵}	+۱/۰۲×۱۰ ^{-۴}	$-۳/۵۸ \times 10^{-۴}$	X_1^2
-	+۰/۴۱۹	$-۳/۸۸ \times 10^{-3}$	+۰/۰۳۵	+۰/۲۰۸	+۲/۷۲	+۲/۷۲	X_2^2
-	درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	درجه دوم	مدل معنی‌دارکننده

* X_1 : دمای استخراج (°C) و X_2 : نسبت اختلاط گوشته به حلال (-).

Y_V : قنداحیاءکننده (g/۱۰۰g)، Y_8 : قند کل (g/۱۰۰g)، Y_9 : قند ساکارز (g/۱۰۰g)، Y_{10} : هیدروکسی متیل فورفورال (mg/kg)، Y_{11} :

بتا-کاروتن (mg/l)، Y_{12} : لیکوپن (mg/l) و Y_{13} : رویش رادیکال آزاد DPPH (%).

۳-۲- اسیدیته

در ۸۰°C سبب افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون به میزان ۷/۳۱٪ شد. آنها بیان نمودند که این حالت به دلیل اکسیداسیون قندها در دمای بالا و تبدیل به اسیدهای آلی است. همچنین به نظر می‌رسد که در دمای بالا مقدار نفوذ و سرعت انتشار اسیدهای آلی از بافت ماده غذایی به محیط استخراج بیشتر است. در رابطه با کاهش میزان اسیدیته با افزایش نسبت اختلاط، می‌توان چنین بیان نمود که به دلیل رقیق شدن محیط استخراج، مقدار اسیدهای آلی در واحد حجم عصاره کاهش یافته که نتایج گزارش شده را به همراه دارد (۷). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش‌بینی‌کننده اسیدیته، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.

شکل (۱) نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان اسیدیته کدوی تنبل نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً ۷۰°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان اسیدیته گردید. از طرف دیگر، در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از ۵۵°C تا ۸۵°C سبب افزایش میزان اسیدیته شد. آریایی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای تأثیر دمای فرآیند و نسبت اختلاط را روی میزان اسیدیته ارقام مختلف کشمش (گرد و کشیده) بررسی نمودند. نتایج این محققین نشان داد که در مورد رقم کشیده و در شرایط نسبت اختلاط ۱:۱، افزایش دمای استخراج از ۶۰°C تا

۳-۳- pH

شکل (۱) نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان pH کدوی تنبل نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب افزایش جزئی در میزان pH گردید. از طرف دیگر، در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب کاهش میزان pH شد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش‌بینی‌کننده pH، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.

۳-۴- عدد فرمالین

عدد فرمالین یکی از شاخص‌های کیفی بوده که بیانگر میزان اسیدهای آمینه موجود در آبمیوه است. شکل (۱) نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان عدد فرمالین کدوی تنبل نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان عدد فرمالین شد. احتمالاً این حالت به دلیل کاهش مقدار ترکیبات آمینواسیدی استخراج شده از بافت کدو در واحد حجم عصاره است (رقیق شدن) که نتایج گزارش شده را به همراه دارد. از طرف دیگر، در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب افزایش میزان عدد فرمالین در هر دو رقم یاد شده گردید. احتمالاً این حالت به دلیل نفوذ و سرعت انتشار بالاتر ترکیبات آمینواسیدی از بافت ماده غذایی به محیط استخراج است. صداقت و حسینی (۱۳۸۹) مقدار فرمالین را برای آب لیمو طی دوره انبارمانی در دامنه حدوداً ۱۵ تا 20 (g/100g) گزارش نمودند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. نتایج مشابه توسط پیرسا و همکاران (۱۳۹۶) در خصوص عدد فرمالین آبلیمو گزارش شد (۱۹). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش‌بینی‌کننده عدد فرمالین، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.

۳-۵- ویتامین C

به منظور بررسی اثرات فرآیند بر ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی، مقدار ویتامین C به عنوان شاخصی از کیفیت تغذیه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل (۱) نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان ویتامین C کدوی تنبل نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان ویتامین C گردید. احتمالاً این حالت به دلیل کاهش مقدار ویتامین C استخراج شده از بافت کدو در واحد حجم عصاره است (رقیق شدن) که نتایج گزارش شده را به همراه دارد. از طرف دیگر، در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب کاهش میزان ویتامین C شد. احتمالاً این حالت به دلیل اکسیداسیون برگشت‌ناپذیر ویتامین C است (۲۰). در اثر حرارت اسید آسکوربیک (ویتامین C) موجود در عصاره به دهیدرو اسید آسکوربیک تغییر ساختار می‌دهد (۲۱). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش‌بینی‌کننده ویتامین C، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.

۳-۶- پروتئین تام

شکل (۱) نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان پروتئین کدوی تنبل نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان پروتئین شد. احتمالاً این حالت به دلیل کاهش مقدار ترکیبات پروتئینی استخراج شده از بافت کدو در واحد حجم عصاره است (رقیق شدن) که نتایج گزارش شده را به همراه دارد. این نتایج با یافته‌های بدست آمده در خصوص عدد فرمالین قابل توجیه است. از طرف دیگر، در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب افزایش میزان پروتئین شد. این حالت به دلیل نفوذ و سرعت انتشار بالاتر ترکیبات آمینواسیدی (پروتئینی) از بافت

مدل پیش‌بینی‌کننده این شاخص‌ها، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.

۳-۸- هیدروکسی متیل فورفورال

شکل (۱) نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان هیدروکسی متیل فورفورال نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان هیدروکسی متیل فورفورال شد. احتمالاً این حالت به دلیل رقیق شدن عصاره استخراجی بوده که سبب کاهش میزان هیدروکسی متیل فورفورال در واحد حجم عصاره می‌گردد. همچنین نتایج نشان داد که در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب افزایش میزان هیدروکسی متیل فورفورال گردید. هیدروکسی متیل فورفورال می‌تواند در اثر واکنش مایلارد (حرارت دادن قندهای کاهنده در حضور ترکیبات پروتئینی) یا از طریق آبگیری تحت شرایط اسیدی ایجاد شود (۲۳). بنابراین در پژوهش حاضر هر چه دمای استخراج بیشتر شود، بدلیل اینکه مقدار بیشتری ترکیبات آمینواسیدی (آزمون عدد فرمالین به خوبی این استدلال را تأیید می‌کند) از بافت کدو استخراج شده و در مجاورت قندهای کاهنده موجود در محیط قرار می‌گیرد (به عنوان سوبستراهای اصلی مؤثر در تشکیل هیدروکسی متیل فورفورال، لذا میزان تشکیل هیدروکسی متیل فورفورال توسعه می‌یابد که حرارت اعمال شده حین فرآیند نیز بر این واکنش نقش تکمیلی دارد. بوردورلو و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای میزان ترکیبات هیدروکسی متیل فورفورال را در برخی از مرکبات مورد ارزیابی قرار دادند و مقدار آن را در لحظه تولید در محدوده $0/37$ تا $2/64 \text{ mg/kg}$ گزارش نمودند که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌نماید. همچنین این محققین بیان داشتند که تشکیل هیدروکسی متیل فورفورال عمدتاً به دلیل تخریب اسید آسکوربیک (ویتامین C) است و آنها همبستگی بسیار نزدیکی برای این دو ترکیب بدست آوردند (همبستگی بین $0/78$ تا $0/967$) (۲۲).

ماده غذایی به محیط استخراج است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش‌بینی‌کننده پروتئین، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.

۳-۷- قند احیاءکننده، ساکارز و قند کل

نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان قندهای احیاءکننده، ساکارز و قند کل کدوی تنبل در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب افزایش میزان قند احیاءکننده (ساکارز و قند کل) گردید. احتمالاً این حالت به دلیل انحلال بیشتر قندهای احیاءکننده (ساکارز و قند کل) در آب بوده که سرعت نفوذ آنها در حلال افزایش یافته است (۷). آریایی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای تأثیر دمای فرآیند و نسبت اختلاط را روی میزان قند احیاءکننده ارقام مختلف کشمش (گرد و کشیده) بررسی نمودند. نتایج این محققین نشان داد که افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ به ۲:۱ سبب افزایش میزان قند احیاءکننده شد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۷). نتایج مشابه توسط زمانی و همکاران (۱۳۸۹) در مورد کنسانتره کشمش گزارش گردید (۹). از طرف دیگر، در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب کاهش میزان قند احیاءکننده (ساکارز و قند کل) شد. احتمالاً این حالت به دلیل اکسیداسیون قندها به واحدهای مونوساکاریدی و یا اسیدهای آلی (به بخش اسیدیته مراجعه شود) و نیز مشارکت قندهای احیاءکننده در واکنش مایلارد (قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی) است (۷). نتایج مشابه توسط زمانی و همکاران (۱۳۸۹) در مورد کنسانتره کشمش گزارش گردید که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۹). بوردورلو و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای گزارش نمودند که تخریب قندها ممکن است به دلیل تولید ترکیبات هیدروکسی متیل فورفورال باشد که این واکنش در محیط اسیدی تشدید می‌گردد (۲۲). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین

به نتایج مشاهده شد که مقدار رنگدانه بتا کاروتن نسبت به لیکوپن بیشتر است و افزایش دما سبب تخریب بیشتر رنگدانه لیکوپن نسبت به بتا کاروتن می شود که این موضوع توسط پژوهش آدوم کان و همکاران (۲۰۱۵) در مورد خشک کردن پاپایا تأیید می شود (۲۴). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش بینی کننده این رنگدانه ها، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.

۳-۱۰- روبش رادیکال آزاد DPPH

شکل ۱ نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط را روی میزان روبش رادیکال آزاد DPPH کدوی تنبل نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان روبش رادیکال آزاد DPPH شد. احتمالاً این حالت به دلیل رقیق شدن عصاره استخراجی بوده که سبب کاهش میزان ترکیبات فنولیک در واحد حجم عصاره شده است. همچنین نتایج نشان داد که در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب کاهش میزان روبش رادیکال آزاد DPPH گردید. این حالت احتمالاً به دلیل تخریب ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود در کدو (نظیر بتا کاروتن، لیکوپن و غیره) در اثر حرارت است. آدوم کان و همکاران (۲۰۱۵) در مورد خشک کردن پاپایا گزارش نمودند که افزایش دما سبب تخریب بیشتر رنگدانه های لیکوپن و بتا کاروتن می شود (۲۴). جین و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی خصوصیات آنتی اکسیدانی پلی ساکاریدهای کدوی حلواپی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که میزان روبش رادیکال آزاد DPPH در آنها حدوداً بین ۱۰٪ تا ۴۵٪ متغیر است که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۲۶). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش بینی کننده روبش رادیکال آزاد DPPH، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول ۳ درج شده است.

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین مدل پیش بینی کننده هیدروکسی متیل فورفورال، مدل درجه دوم بوده که ضرایب این مدل در جدول (۳) درج شده است.

۳-۹- رنگدانه های بتا-کاروتن و لیکوپن

نمودار سه بعدی اثر همزمان دمای استخراج و نسبت اختلاط روی میزان رنگدانه بتا-کاروتن کدوی تنبل در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان بتا-کاروتن شد. احتمالاً این حالت به دلیل رقیق شدن عصاره استخراجی بوده که سبب کاهش میزان بتا-کاروتن در واحد حجم عصاره می گردد. همچنین نتایج نشان داد که در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب کاهش میزان بتا-کاروتن گردید. اساساً رنگ خاص کاروتن ناشی از سیستم پیوند دوگانه کنژوگه ترانس (ایزومر ترانس) است که در اثر حرارت این پیوند از حالت ترانس به سیس تبدیل شده که سبب کاهش شدت رنگ می گردد (۲۴). شی و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که فاکتورهای متعددی نظیر دمای بالا، نور، اکسیژن، اسیدها، کاتالیز و یون های فلزی می تواند روی میزان کاروتنوئیدهای مواد غذایی تأثیرگذار باشد (۲۵). آدوم کان و همکاران (۲۰۱۵) مقدار بتا کاروتن پاپایا را در دامنه $0/43$ تا $1/61$ (mg/100 g d.w.) گزارش نمودند (۲۴). در مورد رنگدانه لیکوپن نتایج نشان داد که، در یک دمای استخراج ثابت (مثلاً 70°C)، افزایش نسبت اختلاط از ۱:۱ تا ۳:۱ سبب کاهش میزان لیکوپن گردید. احتمالاً این حالت به دلیل رقیق شدن عصاره استخراجی بوده که سبب کاهش میزان لیکوپن در واحد حجم عصاره می گردد. همچنین در یک نسبت اختلاط ثابت (۲:۱)، افزایش دمای استخراج از 55°C تا 85°C سبب کاهش میزان لیکوپن شد. این حالت احتمالاً به دلیل تغییر ایزومری از حالت پیوند ترانس به سیس است که سبب کاهش شدت رنگدانه لیکوپن شده است (۲۴). با توجه

۳-۱۱- بهینه‌یابی فرآیند استخراج

با توجه به آزمون‌ها و تحلیل‌های انجام شده در پایان بایستی نقاط بهینه در خصوص فرآیند استخراج عصاره کدوی تنبل تعیین گردد. نقطه بهینه نقطه‌ای است که در آن فرآیند تولید در شرایط ایده‌آل است. به منظور بهینه‌یابی فرآیند استخراج عصاره، ابتدا می‌بایست مهمترین اهداف مربوطه تعریف گردد. لذا هدف از بهینه‌یابی صورت گرفته در این مطالعه، رسیدن به مطلوب‌ترین حالت هم از دیدگاه اقتصادی و هم از دیدگاه فرآوری است. در فرآیند استخراج عصاره کدوی تنبل مهمترین شرط رسیدن به بیشینه بازده استخراج، ویتامین C، قند کل، بتاکاروتن، لیکوپن و روبش رادیکال آزاد DPPH و کمینه هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) است (سایر شاخص‌ها در دامنه مورد مطالعه بررسی شدند). با توجه به فرآیند بهینه‌یابی، نقاط بهینه برای متغیرهای مستقل دما، استخراج و نسبت اختلاط به ترتیب 55°C و ۱:۱ تعیین شد. همچنین مقادیر بهینه در مورد پاسخ‌های بازده استخراج، اسیدیته، pH، عدد فرمالین، ویتامین C، پروتئین، قند احیاءکننده، ساکارز، قند کل، هیدروکسی متیل فورفورال، بتاکاروتن، لیکوپن و روبش رادیکال آزاد DPPH به ترتیب $0.43/0.3$ ، $16/8$ (g/100g)، $7/0.7$ ، 0.47 ، 0.948 ، 0.477 (mg/100g)، 23 ، $33/66$ (g/100g)، 0.85 (mg/kg)، 0.63 (mg/l)، 0.17 و $32/32$ ٪ تعیین گردید.

۴- سپاسگزاری

مقاله علمی-پژوهشی حاضر مستخرج از طرح پژوهشی با کد ۱۱۳۹۶۰۶۲۰۰۰۳ مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن می‌باشد. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهش فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن به دلیل مساعدت‌های مالی جهت اجرای این طرح پژوهشی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

۵- نتیجه‌گیری

به طور کلی با توجه به پژوهش حاضر نتایج زیر بدست آمد: نتایج نشان داد که افزایش نسبت اختلاط سبب کاهش میزان راندمان استخراج گردید. مقدار اسیدیته با افزایش نسبت اختلاط، کاهش (متناظر با بیشترین میزان pH) و با افزایش دمای استخراج افزایش یافت (متناظر با کمترین میزان pH) که عمدتاً این حالت به دلیل اکسیداسیون قندها در دمای بالا و تبدیل به اسیدهای آلی است. پروتئین تام و عدد فرمالین عصاره کدو با افزایش نسبت اختلاط کاهش یافت. این در حالی بود که با افزایش دمای استخراج، هر دو شاخص یاد شده افزایش یافت که احتمالاً این حالت به دلیل نفوذ و سرعت انتشار بالاتر ترکیبات آمینواسیدی (پروتئینی) از بافت ماده غذایی به محیط استخراج است. با افزایش دمای استخراج، شاخص تغذیه‌ای ویتامین C عصاره کاهش یافت. احتمالاً این حالت به دلیل اکسیداسیون برگشت‌ناپذیر (تبدیل اسید آسکوربیک به دی‌هیدرو اسید آسکوربیک) ویتامین C است. نتایج نشان داد که میزان قند احیاءکننده با افزایش نسبت اختلاط، افزایش یافت که عمدتاً این حالت به دلیل انحلال بیشتر قندهای احیاءکننده در آب بوده که سرعت نفوذ آن‌ها را در حلال افزایش داده است. همچنین افزایش دمای استخراج سبب کاهش میزان قند احیاءکننده شد که این حالت عمدتاً به دلیل اکسیداسیون قندها به اسیدهای آلی و نیز مشارکت قندهای احیاءکننده در واکنش مایلارد (قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی) و تولید ترکیبات هیدروکسی متیل فورفورال است. نتایج مشابه در خصوص ساکارز (غیر احیاءکننده) و قند کل مشاهده شد. روند تغییرات شاخص هیدروکسی متیل فورفورال با افزایش نسبت اختلاط کاهشی گزارش شد. همچنین افزایش دمای استخراج، سبب افزایش میزان هیدروکسی متیل فورفورال گردید که عمدتاً این حالت به دلیل خروج بیشتر ترکیبات آمینواسیدی از بافت کدو و قرار گرفتن راحت‌تر در مجاورت قندهای احیاءکننده و تشکیل ترکیبات هیدروکسی متیل فورفورال است.

its syrup using the mal method in lab scale. *J. Food Sci. Technol.*, 7: 87-98. (In Persian)

10. Chin, N.L., Chan, S.M., Yusof, Y.A., Chuah, T.G., Talib, R.A. 2009. Modelling of rheological behaviour of pummelo juice concentrates using master-curve. *J. Food Eng.*, 93: 134-140.

11. ISIRI 2007. Fruit juices-Test methods. No. 2685, 1-38. (In Persian)

12. ISIRI 2001. Fruits, vegetables and derived products determination of ascorbic acid (Vitamin C)-(Routine method). No. 5609. (In Persian)

13. Cui, S., Chang, Y.H. 2014. Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin. *J. LWT-Food Sci. Technol.*, 58:396-403.

14. ISIRI 2004. Food additives: β -Caroten food grade cws 10 %-Specification and test methods. No. 8024, 1-32. (In Persian)

15. Wimalasiri, D., Brkljača, R., Piva, T.J., Urban, S., Huynh, T. 2017. Comparative analysis of carotenoid content in *Momordica cochinchinensis* (Cucurbitaceae) collected from Australia, Thailand and Vietnam. *J. Food Sci. Technol.*, DOI 10.1007/s13197-017-2719-0.

16. Sathiya Mala, K., Kurian, A.E. 2016. Nutritional composition and antioxidant activity of pumpkin wastes. *Int. J. Pharm. Chem. Bio. Sci.*, 6(3): 336-344.

17. Burits, M., Bucar, F. 2000. Antioxidant activity of nigella sativa essential oil. *J. Phytotherapy Res*, 14: 323-28.

18. Mokhtarian, M., Heydari Majd, M., Koushki, F., Bakhshabadi, H., Daraei Garmakhany, A., Rashidzadeh, S.H. 2014. Optimisation of pumpkin mass transfer kinetic during osmotic dehydration using artificial neural network and response surface methodology modelling. *J. Qual. Assur. Safety Crop Food*, 6(2): 201-214.

19. Sedaghat, N., Hosseini, F. 2010. Effect of Packaging Type and Storage Temperature on Physicochemical and Sensory Properties of Lemon Juice. *Iranian Food Sci. Technol. Res. J*, 6: 1-8. (In Persian)

20. Mota, C.L., Luciano, C., Dias, A., Barroca, M.I., Guine, R.P.F. 2010. Convective drying of onion: kinetics and nutritional evaluation. *J. Food and Bioprodu. Proc.*, 88, 115-123.

21. Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry, Marcel Dekker, Inc., New York, NY.

نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش نسبت اختلاط سبب کاهش هر دو رنگدانه بتاکاروتن و لیکوپن شد. همچنین افزایش دمای استخراج نیز با روند کاهشی دو رنگدانه همراه بود که احتمالاً این حالت به دلیل تغییر ایزومری رنگدانه‌های فوق از حالت ترانس به سیس است. نتایج بدست آمده در خصوص روبش رادیکال آزاد DPPH نشان داد که افزایش نسبت اختلاط و نیز افزایش دمای استخراج سبب کاهش میزان این شاخص گردید.

۶- منابع

1. Jafarzadeh, F. 2013. Study of effective factors in pumpkin drying by microwave method using osmotic pretreatment (sucrose and sorbitol). M.Sc. dissertation, Islamic Azad University, Ayyatola Amoli, Amol. (In Persian)

2. FAO. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FaoStat Database, Available from <http://faostat.fao.org>.

3. Capanoglu, E., De Vos, R.C.H., Hall, R.D., Boyacioglu, D., Beekwilder, J. 2013. Changes in polyphenol content during production of grape juice concentrate. *J. Food Chem.*, 139, 521-526.

4. Baldi, A., Choudhary, N., Maru, J., Joshi, R. 2009. Effect of pumpkin concentrate on alloxan induced diabetic rats. *J. Global Pharma Technol.*, 2(10): 24-27.

5. Magerramov, M.A., Abdulagatov, A.I., Azizov, N.D., Abdulagatov, I.M. 2007. Effect of temperature, concentration, and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. *J. Food Eng.*, 80: 476-489.

6. Burdurlu, H.S., Karadeniz, F. 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. *J. Food Chem.*, 80: 91-97.

7. Aryaye, P., Abdollahzadeh, A., Pirdashti, M. 2009. Process parameters optimization for producing of round and long raisin concentrate in Khorasan region. *Electro. J. Food Proc. Preserv.*, 1: 45-62. (In Persian)

8. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th ed., AOAC Press, Arlington, TX.

9. Zamani, H., Maskooki, A.M., Tavkoolypure, H., Pakizeh, M. 2010. Studying chemo-physical properties of concentrated raisin and condensing

25. Jin, Y., Yang, N., Tong, Q., Jin, Z., Xu, X. 2016. Rotary magnetic field combined with pipe fluid technique for efficient extraction of pumpkin polysaccharides. *J. Innov. Food Sci. Emer. Technol*, 35: 103-110.
- Urdurlu, H.S., Karadeniz, F. 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. *J. Food Chem*, 80: 91-97.
22. Ajlouni, S., Sujirapinyokul, P. 2009. Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. *J. Food Chem.*, 119: 1000-1005.
23. Udomkun, P., Nagle, M., Mahayothee, B., Nohr, D., Koza, A., Müller, J. 2015. Influence of air drying properties on non-enzymatic browning, major bio-active compounds and antioxidant capacity of osmotically pretreated papaya. *J. LWT-Food Sci. Technol*, 60: 914-922.
24. Shi, J., Le Maguer, M., Bryan, M. 2002. Lycopene from tomatoes, In J. Shi, G. Mazza, & M. Le Maguer (Eds.), *Functional foods-biochemical and processing aspects* (pp. 135-168), USA, CRC Press.

Optimization of Pumpkin Concentrates Production Process by Response Surface Methodology

Mohsen Mokhtarian^{1*}, Marjan Noori²

1-Department of Food Science and Technology, Roudhen Branch, Islamic Azad University, Roudhen, Iran.

Received:30/12/2018

Accepted:30/01/2019

Abstract

In this research, production process of pumpkin concentrate (Tanbal cultivar) was studied. To do this purpose, the extraction process of extract was optimized using response surface methodology (RSM) by applying variables of mixing ratio of flesh to solvent (ranging from 1:1 to 1:3) and extraction temperature (ranging from 55-85°C). In order to optimization of pumpkin concentrate production process, quality properties of extraction yield, pH, acidity, vitamin C, HMF, protein, sugar, lycopene, beta-carotene and DPPH free radical scavenger were evaluated. The results show that, during the extraction process of extract, increasing the mixing ratio from 1:1 to 1:3 cause to decreasing and increaseing of quality parameters of (extraction yield, acidity, formalin number, vitamin C, protein, HMF, beta-carotene, lycopeneand DPPH free radical scavenger) and (pH, reduction sugar, total sugar and sucrose), respectively. Also, increaseing extraction temperature from 55°C to 85°C, increased the quality parameters of (acidity, formalin number, protein and HMF) and decreased the quality indices of (pH, vitamin C, reduction sugar, total sugar, sucrose, beta-carotene, lycopene and DPPH free radical scavenger). Oprimization results show that the best extraction temperature and mixing ratio were determined 55°C and 1:1, respectively. Also in optimum condition, the quantity of quality indices of extraction yield, acidity, pH, formalin number, vitamin C, protein, reduction sugar, total sugar, sucrose, HMF, beta-carotene, lycopene and DPPH free radical scavenger were 43.03%, 0.47 g/100g, 7.07, 16.8 g/100g, 0.477 mg/100g, 0.948%, 9.3 g/100g, 33.66 g/100g, 23 g/100g, 0.85 mg/kg, 0.63 mg/l, 0.17 mg/l and 32.32%, respectively.

Keywords: Pumpkin, Concentrate, Extraction Temperature and Ratio, Physicochemical Properties, Optimization.

*Corresponding Author: mokhtarian.mo@riau.ac.ir