مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال سیزدهم، شماره 3، پاییز 1397، صفحات 58-47

بهینه‌یابی فرآیندهای شفاف‌سازی آب کرفس به روش سطح پاسخ (RSM) و بررسی خصوصیات کیفی محصول تولیدی

محسن مختاریان[1]، آرزو شجاعی[2]

1- نویسندهٔ مسئول: باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران. پست الکترونیکی: mokhtarian.mo@riau.ac.ir

2- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

تاریخ دریافت: 96/4/27 تاریخ پذیرش: 96/7/13

چکیده

سابقه و هدف: در صنعت آب‌میوه‌ها شفاف‌سازی یکی از عملیات واحد بوده که جهت حذف رنگ، عطر و طعم نامطلوب، کدورت، تلخی، گسی به کار برده می‌شود.

مواد و روش‌ها: به منظور شفاف‌سازی آب کرفس از روش‌های مختلفی شامل روش‌های مکانیکی (I)، خاک بنتونیت (II)، زغال فعال (III) و ژلاتین (IV) استفاده گردید. سپس در هر یک از روش‌های مورد مطالعه پارامترهای فرآیندی شامل غلظت ترکیبات، دور سانتریفوژ و زمان فرآیند به روش سطح پاسخ بهینه‌یابی گردید.

یافته‌ها: بعد از فرآیند بهینه‌یابی مشخص شد که نقاط بهینه برای روش‌های I، II، III و IV به ترتیب (3999/5rpm و 14/77min)، (500ppm و 25min)، (1418/37ppm و 81/17min) و (105/89ppm و 119/48min) می‌باشند. نوع روش شفاف‌سازی تأثیر معنی‌داری ($p<0/05$) بر روی شاخص عبور نور عصاره‌های تولیدی داشت و مقادیر عبور نور در روش‌های مختلف شفاف‌سازی I، II، III و IV به ترتیب 8/71، 1/965، 0/477 و 31/31% بود که میزان اُفت رنگدانهٔ کلروفیل متناظر با هر یک از این روش‌ها نسبت به نمونهٔ شاهد به ترتیب معادل 65/37، 41/64، 16/84 و 86/24% محاسبه شد. کمترین میزان pH (5/69) در روش IV مشاهده شد که متناظر با بیشترین میزان اسیدیته بود. همچنین میزان تغییر ثقل ویژه، بسیار جزئی بوده و کمترین مقدار آن مربوط به روش IV بود (SG=1/0114) که احتمالاً به دلیل اُفت ذرات سوسپانسیون معلق موجود در عصاره می‌باشد.

نتیجه گیری: بهترین روش‌های شفاف‌سازی آب کرفس به ترتیب اهمیت شامل IV، I، II و III می‌باشند. به طور کلی به کارگیری روش شفاف‌سازی IV به عنوان بهترین تیمار برای کارخانجات فرآوری این محصول پیشنهاد می‌گردد.

واژگان کلیدی: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ویسکوزیته، شفاف‌سازی، آب کرفس

• مقدمه

در صنعت آب‌میوه‌ها شفاف‌سازی یکی از عملیات واحد بوده که شامل حذف رنگ‌های نامطلوب، کدورت، تلخی، گسی، عطر و طعم نامطلوب می‌باشد. ترکیبات پکتینی، نشاسته، پروتئین‌ها، ترکیبات پلی‌فنلی، یون‌های فلزی و سلولز از عوامل مهم در کدورت طبیعی آب‌میوه‌جات محسوب می‌شوند. معمولاً از روش‌های مختلفی جهت حذف این عوامل کدورت در صنعت تولید نوشیدنی‌ها استفاده می‌شود که شامل روش‌های مکانیکی (سانتریفوژ)، آنزیمی (نظیر آنزیم‌های پکتیناز، ماسازیم و غیره)، استفاده از مواد کمک صافی (نظیر خاک بنتونیت، ژلاتین و سیلیکاژل) و به کارگیری روش‌های ترکیبی می‌باشند (2، 1). بنتونیت از گروه مونتموریلونیت (Montmorillonite) دارای ویژگی جذب سطحی بوده و بر پروتئین‌ها، مواد پلی‌فنلی، یون‌های فلزی و باقیماندهٔ سموم مؤثر است و به صورت بنتونیت سدیم و کلسیم در شفاف‌سازی استفاده می‌گردد. برای ایجاد شفافیت مطلوب بهتر است از بنتونیت سدیم-کلسیم (Na-Calit) استفاده نمود (3). ژلاتین نیز براساس روش استخراج به دو نوع ژلاتین اسیدی و بازی طبقه‌بندی می‌شود. ژلاتین نوع اسیدی برای شفاف‌سازی مناسب‌تر است (4). ژلاتین دارای ویژگی‌هایی نظیر کاهش مقدار پلی‌فنل‌ها، تشکیل کمپلکس با پروتئین‌های طبیعی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

آب‌میوه، روشن کردن رنگ آب‌میوه‌ها، حذف ترکیبات ایجادکنندهٔ طعم، بو و رنگ نامطلوب می‌باشد. کربن فعال یکی دیگر از مواد کمک صافی است که در صنعت نوشیدنی‌ها به منظور شفاف‌سازی استفاده می‌شود و این عمل را از طریق تخلخل موجود در ساختار و سطح آزاد بین ذره‌ای انجام می‌دهد و معمولاً به دو شکل پودری و گرانولی مورد استفاده قرار می‌گیرد (5).

گیاه کرفس با نام علمی *Apium Graveolens* از تیرهٔ *Apials* و خانوادهٔ چتریان (*Apiaceae*) است. این گیاه دو ساله بوده و حداکثر طول آن 100 سانتی‌متر است. گیاه کرفس رایحه‌ای قوی داشته و مزه‌ای متمایل به تلخ دارد. منشأ این گیاه جنوب اروپاست، ولی در تمام دنیا نیز کشت می‌شود. در ایران در مناطق مختلف از جمله در استان‌های سمنان، خوزستان و سیستان و بلوچستان به وفور کشت و کار می‌شود. کرفس از جمله گیاهانی است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد و بدین جهت از تشکیل رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کند. اخیراً آثار مختلف فیزیولوژیکی مانند ضد التهاب و ضد سرطان به آن نسبت داده شده است (6).

از جمله پژوهش‌های صورت گرفته در زمینهٔ شفاف‌سازی می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. Saxena و همکاران فرآیند بهینه‌سازی شفاف‌سازی آب هندوانه را با کمک آنزیم ماسازیم (Masazyme) مورد بررسی قرار دادند. از غلظت‌های مختلف آنزیم در دامنهٔ 0/01 تا 0/1% در مدت زمان 20 تا 120 دقیقه و دامنهٔ دمایی 30 تا 50°C جهت این منظور استفاده گردید و مقدار بهینهٔ این شاخص‌ها برای آنزیم، دما و زمان به ترتیب 0/09%، 46/9°C و 117/45 دقیقه تعیین گردید (1). مقصودلو و همکاران تأثیر به کارگیری کیتوزان را روی عملیات شفاف‌سازی آب سیب بررسی نمودند. بدین منظور از غلظت‌های مختلف کیتوزان (از 0/1 تا 3 g/l) استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کیتوزان، شفافیت آب سیب افزایش یافت بطوری که در غلظت 0/7 g/l کیتوزان و درجهٔ حرارت 40°C، بیشترین شفافیت آب سیب بدست آمد. همچنین استفاده از کیتوزان باعث بهبود رنگ آب سیب شد و در غلظت یاد شده آب سیب روشن‌تری بدست آمد. افزایش غلظت کیتوزان موجب کاهش اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون و افزایش pH آب سیب شد. به کارگیری غلظت‌های مختلف کیتوزان تأثیری بر روی بریکس آب سیب نداشت (8). الهامی‌راد فرآیند شفاف‌سازی آبمیوهٔ دو واریتهٔ بومی توت سفید را مطالعه نمودند. مقایسهٔ اثر مستقل برخی ترکیبات شفاف‌کننده شامل سیلکاژل، بنتونیت، اسید تانیک، پکتیناز و آلفا-آمیلاز نشان داد که استفاده از اسید تانیک در شفاف‌سازی آب توت اثر قابل توجهی در حذف عوامل کدورت‌زا و تیرگی ناشی از ملانین‌های حاصل از قهوه‌ای شدن آنزیمی دارد هر چند که استفاده از این روش موجب افزایش اسیدیتهٔ آب توت می‌شود (9). عزیزطائمه و همکاران اثر مواد شیمیایی را در شفاف‌سازی آب انار مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که مقدار بهینهٔ عوامل شفاف‌ساز شامل آنزیم پکتیناز، ژلاتین، سیلکاسل 15%، بنتونیت و پلی وینیل پلی پرولیدون (PVPP) به ترتیب 110 ppm، 70 g/ton، 350 ml/ton، 250 g/ton و 80 g/100lit می‌باشند (10).

هدف از این مطالعه بررسی فرآیند شفاف‌سازی آب کرفس توسط تیمارهای مکانیکی (سانتریفوژ) و مواد کمک صافی (خاک بنتونیت، زغال فعال و ژلاتین) به منظور به کارگیری از آن در فرمولاسیون نوشیدنی‌های رژیمی می‌باشد.

• مواد و روش‌ها

آماده‌سازی مادهٔ اولیه: کرفس (*Apium graveolens*) به عنوان مادهٔ خام اولیه به صورت روزانه از میدان تره و بار استان تهران خریداری گردید. قسمت ساقه‌ها از برگ‌ها جدا و ساقه‌ها توسط آب شستشو شدند. ساقه‌های شستشو شده در کیسه‌های پلاستیکی از جنس پلی اتیلن بسته‌بندی و تا شروع آزمایشات در یخچال در دمای 4°C نگهداری شدند.

راندمان عصاره‌گیری: به منظور عصاره‌گیری از ساقه‌های کرفس از دستگاه آب‌میوه‌گیر خانگی (National، 176NR-MJ، ساخت ژاپن) استفاده گردید. بدین منظور مقدار مورد نیاز ساقهٔ کرفس در هر مرحله از آزمون عصاره‌گیری شد. میزان راندمان عصاره‌گیری از طریق معادلهٔ (1) تعیین شد.

(1)

$$Y(\%) = \frac{W_s}{W_i} \times 100$$

Y راندمان عصاره‌گیری (%)، W_s وزن عصارهٔ استحصال شده (g) و W_i وزن اولیهٔ ساقه‌های کرفس (g) می‌باشند.

بعد از تهیهٔ عصاره، آبمیوهٔ استخراج شده توسط کاغذ صافی واتمن متوسط و با اندازهٔ روزنهٔ 10 µm و پمپ خلأ صاف گردید. به منظور کاهش واکنش‌های آنزیمی و میکروبی، عصارهٔ تهیه شده در داخل بطری شیشه‌ای دربندی شد و به روش دمای بالا و زمان کوتاه (HTST) در بن‌ماری (Lauda، مدل E200، آلمان) در دمای 85°C به مدت 90 ثانیه تحت فرآیند حرارتی قرار گرفت و سپس عصاره‌ها تا دمای 18°C خنک گردید (11). در ادامه نمونه‌ها تا آغاز مرحلهٔ بعدی در یخچال در دمای 4°C نگهداری شد (حدوداً 30 دقیقه).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

تیمارهای شفاف‌سازی: تیمارهای مورد استفاده جهت شفاف‌سازی آب کرفس به صورت زیر انتخاب گردید:

مکانیکی (روش I): در این روش مقدار 160 ml از نمونهٔ آب کرفس تازه به داخل لوله‌های دستگاه سانتریفوژ (Behdad، ایران) منتقل (حجم مفید هر لوله 10 ml) و در دورهای 1500 تا 4000 rpm به مدت 15 min سانتریفوژ گردید (در دمای 25°C). سپس میزان شفافیت آب کرفس بعد از اتمام فرآیند، در طول موج 625 nm مورد بررسی قرار گرفت (12).

خاک بنتونیت (روش II): آزمایشات بررسی تأثیر خاک بنتونیت بر روی شفاف‌سازی آب کرفس به روش سرد در دمای 25°C انجام شد. بدین منظور، مقادیر مختلفی از خاک بنتونیت تجاری (بین 100 تا 500 ppm) به آب کرفس اضافه (مدت زمان عملیات 120 min در دمای 25°C) و پس از صاف کردن آن توسط کاغذ صافی، میزان شفافیت آب کرفس از طریق اندازه‌گیری میزان جذب در طول موج 625 nm مورد بررسی قرار گرفت (14، 13).

کربن فعال (روش III): مقادیر مختلفی از کربن فعال (بین 1000 تا 3000 ppm، ساخت شرکت مرک آلمان) به آب کرفس اضافه و به مدت 120 min در دمای 25°C ساکن و سپس توسط کاغذ صافی فاز مایع جدا و میزان شفافیت از طریق اندازه‌گیری میزان جذب در طول موج 625 nm مورد بررسی قرار گرفت (15).

ژلاتین (روش IV): آزمایشات تعیین تأثیر ژلاتین بر روی شفاف‌سازی آب کرفس به روش سرد در دمای 25°C انجام شد. بدین منظور، مقادیر مختلفی از ژلاتین گاوی (بین 100 تا 500 ppm، ساخت شرکت مرک آلمان) به آب کرفس اضافه و به مدت 120 min ساکن و سپس توسط کاغذ صافی فاز مایع جدا و میزان شفافیت از طریق اندازه‌گیری میزان جذب در طول موج 625 nm مورد بررسی قرار گرفت (16).

اندازه‌گیری اسیدیته و pH: اندازه‌گیری pH نمونه‌های آب کرفس (شفاف شده و نمونه شاهد) با استفاده از pHمتر (Metrohm، سوئیس) در دمای 25°C انجام شد. اسیدیتهٔ کل به روش تیتراسیون با سود 0/1 نرمال تا رسیدن به نقطهٔ ختم عمل صورت گرفت. سپس مقدار اسیدیتهٔ کل بر حسب اسید سیتریک (g/100 g) بیان گردید (14).

ارزیابی شفافیت: بدین صورت که بعد از اتمام فرآیند شفاف‌سازی، عصاره‌های تهیه شده در داخل سِل دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu، UV mini-1240) قرار گرفت. سپس جهت ارزیابی شفافیت طول موج دستگاه در 625 nm تنظیم و میزان جذب و عبور نور (آزمون شفافیت) اندازه‌گیری گردید (14). رابطهٔ بین میزان جذب و عبور نور با توجه به قانون بی‌یرلامبرت (Beer-Lambert law) به صورت زیر بیان می‌گردد:

(2)

$$A = 2 - \log T(\%)$$

در این رابطه، T شدت عبور نور و A شدت جذب نور می‌باشد. لازم به ذکر است که در این آزمون بیشتر بودن میزان شفافیت عصاره‌ها معادل با کمتر بودن جذب نمونه‌ها می‌باشد.

رنگدانهٔ کلروفیل: جهت تعیین میزان کلروفیل نمونهٔ آب کرفس در روش‌های مختلف شفاف‌سازی، از روش بیناب‌سنجی (Spectrophotometery) استفاده گردید. بدین منظور از روش ارائه شده توسط Uribe و همکاران با اندکی تغییرات استفاده شد. روش انجام آزمون به طور خلاصه به شرح ذیل می‌باشد: ابتدا 1 ml آب کرفس شفاف‌سازی شده به سِل دستگاه منتقل و جذب محلول‌ها توسط اسپکتروفتومتر در دو طول موج 645 و 663 nm قرائت شد. کلیهٔ آزمایشات در سه تکرار صورت گرفت (17). میزان کلروفیل کل بر حسب (mg/100 g d.m.) با استفاده از رابطهٔ (3) محاسبه گردید.

(3)

$$Total\ Chlorophyll = (20.2 \times DO_{645}) + (8.02 \times DO_{663})$$

ویسکوزیته مطلق: به منظور تعیین ویسکوزیتهٔ عصاره‌های شفاف‌سازی شده و نمونهٔ شاهد (آب کرفس تازه) از ویسکومتر جریان موئینه استفاده گردید. روش کار در ویسکومتر جریان موئینه بدین صورت است که زمان مورد نیاز برای عبور حجم استانداردی از سیال از داخل لولهٔ موئینه‌ای با طول مشخص اندازه‌گیری می‌گردد. ویسکوزیتهٔ نمونه‌های شفاف‌سازی شده در دمای 25°C تعیین شد. آب مقطر به عنوان سیال مرجع در نظر گرفته شد. سپس ویسکوزیته توسط معادلات (4) و (5) محاسبه گردید:

(4)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \alpha t$$

(5)

$$\frac{\mu}{\mu_{ref}} = \frac{\rho}{\rho_{ref}} . \frac{t}{t_{ref}}$$

در این معادلات، α ثابت کالیبراسیون ویسکومتر، μ ویسکوزیته مطلق نمونه (Pa.s)، μ_{ref} ویسکوزیته مطلق سیال

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

مرجع (Pa.s)، t زمان ریزش یا جاری شدن نمونه (s)، t_{ref} زمان ریزش سیال مرجع (s)، ρ چگالی نمونه (kg/m^3)، ρ_{ref} چگالی سیال مرجع (kg/m^3) و υ ویسکوزیته سینماتیک (m^2/s) می‌باشد (18).

ثقل ویژه (SG): ثقل ویژهٔ عصاره‌های کرفس شفاف‌سازی شده و شاهد طبق روش وزن‌سنجی توسط معادلهٔ (7) تعیین شد.

(6)

$$SG = \frac{W_s - W_0}{W_w - W_0}$$

در این معادله، SG ثقل ویژه (بدون بُعد)، W_0 وزن پیکنومتر خالی (g)، W_w وزن پیکنومتر خالی به همراه آب مقطر (g) و W_s وزن پیکنومتر خالی به همراه نمونه (g) می‌باشند (18).

بهینه‌یابی به روش RSM: جهت بهینه‌یابی فرآیند شفاف‌سازی آب کرفس در روش‌های مختلف شفاف‌سازی از تکنیک روش شناسی سطح پاسخ (RSM) استفاده گردید. در فرآیند بهینه‌یابی زمان فرآیند، غلظت مواد شفاف‌کننده و میزان چرخش دستگاه سانتریفوژ به عنوان متغیرهای مستقل فرآیند انتخاب گردید. همچنین میزان شفافیت (جذب در طول موج 625 nm) عصاره‌های شفاف شده به عنوان پاسخ در نظر گرفته شد. مقادیر واقعی و کُد شدهٔ متغیرهای مستقل مورد استفاده در این فرآیند در جدول 1 ارائه شده است.

ارتباط بین مقادیر واقعی و کُد شدهٔ متغیرهای مستقل توسط رابطهٔ زیر بیان می‌شود:

(7)

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

V_c مقادیر کُد شدهٔ متغیرهای مستقل، V_R مقادیر واقعی متغیرهای مستقل، X_j حد بالای iاُمین فاکتور و X_i حد پایین iاُمین فاکتور است (19).

برای تجزیه تحلیل آماری از طرح مرکب مرکزی (CCD) شامل 13 آزمایش با 5 تکرار در نقاط مرکزی استفاده گردید (که این تیمارها برای تمامی روش‌های شفاف‌سازی مطابق جدول 1 انجام شد). جهت آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری Design Expert نسخه 6/01 استفاده گردید. داده‌های تجربی با کمک یک مدل چند جمله‌ای درجهٔ دوم برازش داده شد. بهترین مدل از طریق بررسی آزمون فقدان برازش (LOF) و ضریب تبیین (R^2) ارزیابی شد. بطوری که مدلی که آزمون فقدان برازش را غیر معنادار نماید به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌گردد.

تجزیه و تحلیل آماری: آنالیز آماری با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح اطمینان 95 درصد انجام گرفت. جهت آنالیز آماری از نرم افزار SAS نسخه 9/2 استفاده گردید. کلیهٔ آزمون‌های کیفی در 3 تکرار انجام گردید.

جدول 1. متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده برای روش‌های مختلف شفاف‌سازی آب کرفس

روش شفاف‌سازی*	متغیرهای مستقل	مقادیر واقعی و کُد شده متغیرها		
		حد پایین	متوسط	حد بالا
روش I				
	سرعت چرخش (rpm)	1500 (-1)	2750 (0)	4000 (+1)
	زمان فرآیند (min)	3 (-1)	9 (0)	15 (+1)
روش II				
	غلظت خاک بنتونیت (ppm)	100 (-1)	300 (0)	500 (+1)
	زمان فرآیند (min)	25 (-1)	72/5 (0)	120 (+1)
روش III				
	غلظت زغال فعال (ppm)	1000 (-1)	2000 (0)	3000 (+1)
	زمان فرآیند (min)	25 (-1)	72/5 (0)	120 (+1)
روش IV				
	غلظت ژلاتین (ppm)	100 (-1)	300 (0)	500 (+1)
	زمان فرآیند (min)	25 (-1)	72/5 (0)	120 (+1)

* روش I: مکانیکی، روش II: خاک بنتونیت، روش III: زغال فعال، روش IV: ژلاتین،

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

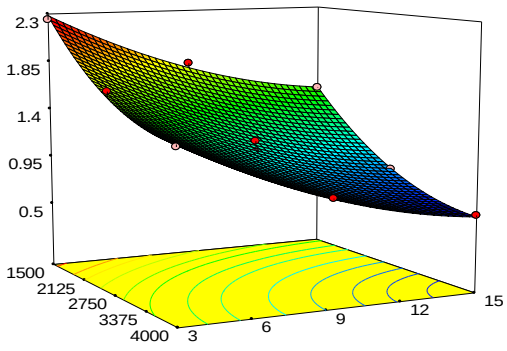
• یافته‌ها

روش I (روش مکانیکی): یکی از روش‌های مورد استفاده در کارخانجات جهت شفاف‌سازی آب‌میوها، روش مکانیکی بوده که این عمل توسط ترسیب مواد معلق با اِعمال نیروی گریز از مرکز با کمک دستگاه سانتریفوژ صورت می‌گیرد. نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی (x_1 و x_2) و درجهٔ دوم (x_1^2 و x_2^2) پارامترهای فرآیندی (دور سانتریفوژ و زمان) به کار رفته در روش I (روش مکانیکی) تأثیر معناداری ($p<0/05$) بر روی میزان شفافیت آب کرفس داشتند (جدول 2). بررسی مقادیر آمارهٔ F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، شدت دور سانتریفوژ (x_1) با مقدار (F=395/85) بیشترین تأثیر را بر روی میزان شفاف‌سازی آب کرفس داشت. همچنین در بین اثرات درجه دوم پارامتر x_1^2 بیشترین تأثیر را نشان داد (F=38/43). شکل (1) نمودار سه بعدی اثر همزمان شدت دور سانتریفوژ و زمان فرآیند را بر روی میزان شفاف‌سازی آب کرفس نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در یک شدت دور ثابت (مثلاً 3000 rpm) افزایش زمان فرآیند از 3 تا 15 min سبب کاهش شدت جذب (یعنی افزایش شفافیت) عصارهٔ آب کرفس گردید (کاهش جذب از 1/72 به 0/76 یعنی معادل 55/81% افزایش شفافیت). از طرف دیگر، در یک زمان فرآیند ثابت (مثلاً 9 min) افزایش شدت دور سانتریفوژ از 1500 به 4000 rpm سبب کاهش شدت جذب عصارهٔ آب کرفس از 1/72 تا 0/871 گردید (یعنی معادل 49/36% افزایش شفافیت). مدل تجربی بدست آمده (برای داده‌های واقعی) در این روش شفاف‌سازی (روش I) به صورت زیر می‌باشد:

$$Y_I(Abs) = +3.97 - 1.07\times10^{-3}x_1 - 0.137x_2 - 7\times10^{-7}x_1x_2 + 1.3\times10^{-7}x_1^2 + 4.02\times10^{-3}x_2^2$$

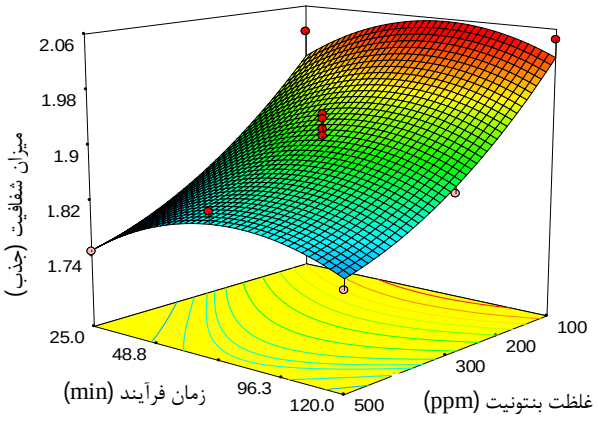
روش II (خاک بنتونیت): خاک بنتونیت یکی از مواد کمک صافی بوده که جهت شفاف‌سازی آب‌میوها در صنعت به کار می‌رود. نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که فقط اثر خطی (x_1) پارامترهای فرآیندی (یعنی غلظت خاک بنتونیت و زمان) به کار رفته در روش II تأثیر معناداری ($p<0/05$) بر روی میزان شفافیت آب کرفس داشت (جدول 2). بررسی مقادیر آمارهٔ F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، غلظت خاک بنتونیت (x_1) با مقدار (F=43/38) بیشترین تأثیر را بر روی میزان شفاف‌سازی آب کرفس داشت. شکل (2) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت خاک بنتونیت و زمان فرآیند را بر روی میزان شفاف‌سازی آب کرفس نشان می‌دهد. در یک زمان فرآیند ثابت (مثلاً 75 min) افزایش غلظت خاک بنتونیت از 100 تا 500 ppm سبب کاهش شدت جذب عصارهٔ آب کرفس از 2/04 تا 1/83 گردید (حدوداً 10/29% افزایش شفافیت) که این حالت در سایر زمان‌ها نیز مشاهده شد. مدل تجربی بدست آمده (برای داده‌های واقعی) در این روش شفاف‌سازی (روش II) به صورت زیر می‌باشد:

$$Y_{II}(Abs) = +1.89 - 0.12x_1$$

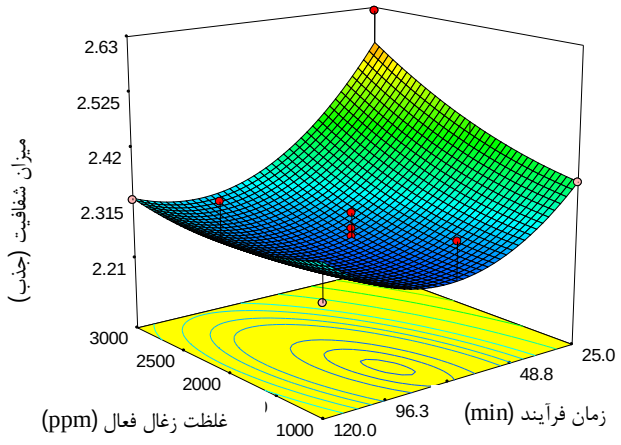


شکل 1. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان شدت دور سانتریفوژ و زمان فرآیند بر روی میزان شفافیت آب کرفس.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]



شکل 2. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت خاک بنتونیت و زمان فرآیند بر روی میزان شفافیت آب کرفس



شکل 3. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت زغال فعال و زمان فرآیند بر روی میزان شفافیت آب کرفس

روش III (زغال فعال): زغال فعال یکی از مواد کمک صافی بوده که جهت شفاف‌سازی آب‌میوه‌جات در صنعت به کار می‌رود. نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی (x_2) و درجهٔ دوم (x_2^2) پارامترهای فرآیندی به کار رفته در روش III تأثیر معناداری ($p<0/05$) بر روی میزان شفافیت آب کرفس داشت (جدول 2). بررسی مقادیر آمارهٔ F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، زمان شفاف‌سازی (x_2) با مقدار (F=5/98) بیشترین تأثیر را بر روی میزان شفاف‌سازی آب کرفس داشت. همچنین در بین اثرات درجهٔ دوم پارامتر x_2^2 بیشترین تأثیر را نشان دادند (F=7/23). نتایج نشان داد که در یک غلظت ثابت زغال فعال (مثلاً 2500 ppm) افزایش زمان فرآیند از 25 تا 75 min سبب کاهش شدت جذب عصارهٔ آب کرفس از 2/5 تا 2/27 شد و از زمان فرآیند 75 تا 120 min میزان جذب افزایش یافت (یعنی از 2/27 تا 2/31). مدل تجربی بدست آمده (برای داده‌های واقعی) در این روش شفاف‌سازی (روش III) به صورت زیر می‌باشد:

$$Y_{III}(Abs) = +2.27 - 0.068x_2 + 0.12x_2^2$$

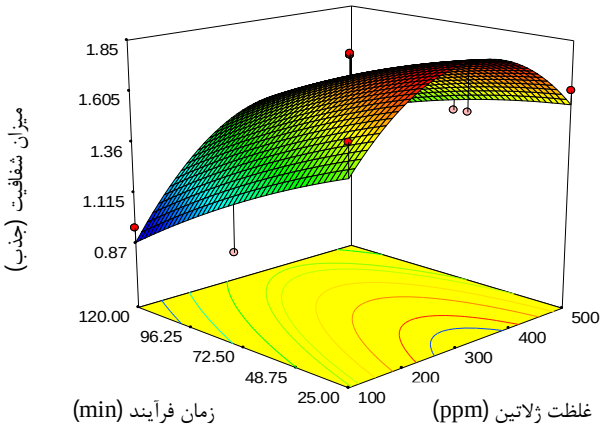
روش IV (ژلاتین): ژلاتین یک ترکیب پروتئینی بوده که اغلب در صنعت نوشیدنی‌ها به منظور شفاف‌سازی و بافت‌دهنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که در بین اثرات خطی متغیر زمان فرآیند (x_2) به کار رفته در روش IV تأثیر معناداری ($p<0/05$) بر روی میزان شفافیت آب کرفس داشت (جدول 2). همچنین در بین اثرات درجهٔ دوم مورد مطالعه، متغیر غلظت ژلاتین (x_1^2) تأثیر معناداری ($p<0/05$) بر روی میزان شفافیت آب کرفس داشت (جدول 2). شکل (4) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت ژلاتین و زمان فرآیند را بر روی میزان شفاف‌سازی آب کرفس نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد در یک زمان فرآیند ثابت (مثلاً 75 min) افزایش غلظت ژلاتین تا 300 ppm سبب افزایش شدت جذب عصارهٔ آب کرفس از 1/19 تا 1/68 گردید (حدوداً 29/16% کاهش شفافیت) اما افزایش غلظت از 300 ppm تا 500 ppm مجدداً سبب کاهش شدت جذب عصارهٔ آب کرفس از 1/68 تا 1/47 گردید (حدوداً معادل 12/5% افزایش شفافیت). از طرف دیگر، نتایج نشان داد که در یک غلظت ثابت ژلاتین (مثلاً 150 ppm) افزایش زمان فرآیند از 25 تا 120 min سبب کاهش شدت جذب عصارهٔ آب کرفس از 1/6 تا 1/03 شد (حدوداً معادل 35/62% افزایش شفافیت). لازم به ذکر است که در تمامی غلظت‌های ژلاتین یاد شده (یعنی از 100 تا 500 ppm) این روند مشاهده گردید ولی شدت کاهش جذب عصاره در غلظت‌های کمتر از 150 ppm به شدت قابل

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

ملاحظه بود. مدل تجربی بدست آمده (برای داده‌های واقعی) در این روش شفاف‌سازی (روش IV) به صورت زیر می‌باشد:

$$Y_{IV}\left(Abs\right) = +1.66 + 0.13x_1 - 0.21x_2 - 0.35x_1^{\,2}$$

بهینه‌یابی به روش عددی: با توجه به آزمون‌ها و آنالیزهای انجام شده در پایان بایستی نقاط بهینه در خصوص فرآیند شفاف‌سازی آب کرفس تعیین گردد. نقطهٔ بهینه نقطه‌ای است که در آن فرآیند تولید در شرایط ایده‌آل است. در فرآیند شفاف‌سازی آب کرفس مهم‌ترین شرط رسیدن به بیشترین میزان شفافیت یا به عبارت دیگر کمترین میزان جذب می‌باشد. با توجه به فرآیند بهینه‌یابی مقادیر بهینه در مورد روش‌های مختلف شفاف‌سازی (یعنی روش‌های I، II، III و IV) تعیین و در جدول (3) درج گردید.



شکل 4. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت ژلاتین و زمان فرآیند بر روی میزان شفافیت آب کرفس

جدول 2. مقادیر آمارهٔ p مربوط به ضرایب مدل و شاخص‌های آماری (LOF، R^2، CV و SD) در روش‌های مختلف شفاف‌سازی آب کرفس.

منبع	آمارهٔ p			
	روش I	روش II	روش III	روش IV
مدل	<0/0001 **	<0/0001 **	0/0126 *	0/0038 *
x_1	<0/0001 **	<0/0001 **	-	0/0902 n.s
x_2	0/0001 **	-	0/0458 *	0/0121 *
x_1x_2	0/8635 n.s	-	-	-
x_1^2	0/0004 **	-	-	0/0038 *
x_2^2	0/0032 **	-	0/0142 *	
آزمون فقدان برازش (LOF)	0/550 n.s	0/1734 n.s	0/0547 n.s	0/1912 n.s
R^2	0/9915	0/7682	0/5832	0/7590
R_{adj}^2	0/9854	0/7471	0/4999	0/6787
ضریب تغییرات (CV)	4/37	2/48	3/15	10/97
انحراف معیار (SD)	0/055	0/047	0/073	0/16
مدل معنی‌دار کننده	درجهٔ دوم	درجهٔ دوم	درجهٔ دوم	درجهٔ دوم

x_1: دور سانتریفوژ، غلظت خاک بنتونیت، زغال فعال و ژلاتین، x_2: زمان فرآیند.

* روش I: مکانیکی، روش II: خاک بنتونیت، روش III: زغال فعال، روش IV: ژلاتین.

** معنی‌دار در سطح آماری 99%، * معنی‌دار در سطح آماری 95%، n.s غیر معنی‌دار.

جدول 3. نقاط بهینه به دست آمده در روش‌های مختلف شفاف‌سازی آب کرفس.

روش شفاف‌سازی *	سرعت چرخش (rpm)	زمان فرآیند (min)	غلظت (ppm)			مطلوبیت
			خاک بنتونیت	زغال فعال	ژلاتین	
روش I	3999/50	14/77	-	-	-	1
روش II	-	25	500	-	-	0/994
روش III	-	81/17	-	1418/37	-	0/920
روش IV	-	119/48	-	-	105/89	1

* روش I: مکانیکی، روش II: خاک بنتونیت، روش III: زغال فعال، روش IV: ژلاتین.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی: نتایج آنالیز واریانس تأثیر روش شفاف‌سازی بر روی مشخصه‌های کیفی محصول تولیدی در جدول 4 ارائه شده است. نتایج نشان داد که نوع روش شفاف‌سازی تأثیر معنی‌داری ($p<0/05$) بر روی pH و اسیدیتهٔ آب کرفس تولیدی داشت به طوری که بیشترین میزان pH و اسیدیته آب کرفس به ترتیب در روش‌های شفاف‌سازی I و II مشاهده شد. در خصوص شاخص عبور نور نتایج آنالیز واریانس نشان داد که نوع روش شفاف‌سازی تأثیر معنی‌داری ($p<0/05$) بر روی شاخص عبور نور عصاره‌های تولیدی داشت و بیشترین میزان عبور نور (که معادل با حداکثر شفافیت نمونه‌ها می‌باشد) در روش شفاف‌سازی IV مشاهده گردید. در راستای تأیید میزان عبور نور، شاخص فیزیکی ثقل ویژه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار این شاخص به ترتیب مربوط به نمونهٔ کرفس تازه و کرفس شفاف‌سازی شده با روش IV می‌باشد. ارزیابی میزان کلروفیل عصاره‌های شفاف‌سازی شده نشان داد که بیشترین و کمترین میزان رنگدانهٔ کلروفیل به ترتیب مربوط به نمونهٔ آب کرفس تازه و آب کرفس شفاف‌سازی شده با روش IV است. به علاوه، نتایج نشان داد که نوع روش شفاف‌سازی تأثیر معنی‌داری ($p<0/05$) بر روی ویسکوزیتهٔ آب کرفس تولیدی داشت بطوری که بیشترین میزان ویسکوزیته مربوط به نمونهٔ شاهد بود.

• بحث

روش‌های شفاف‌سازی: در این مطالعه به منظور شفاف‌سازی آب کرفس از تیمارهای مختلف شفاف‌سازی شامل روش‌های مکانیکی (I)، خاک بنتونیت (II)، زغال فعال (III) و ژلاتین (IV) استفاده گردید و نهایتاً بهترین روش برای شفاف‌سازی آب کرفس پیشنهاد گردید. با توجه به نتایج بدست آمده از روش شفاف‌سازی (I) مشخص شد که در میان پارامترهای فرآیندی مورد مطالعه (یعنی دور سانتریفوژ و زمان شفاف‌سازی)، شدت دور سانتریفوژ بیشترین تأثیر را بر روی میزان شفاف‌سازی آب کرفس داشت بطوریکه در یک زمان فرآیند ثابت (مثلاً 9 min) افزایش شدت دور سانتریفوژ از 1500 به 4000 rpm سبب کاهش شدت جذب عصارهٔ آب کرفس از 1/72 تا 0/871 گردید (یعنی معادل 49/36% افزایش شفافیت). Domingues و همکاران در مطالعه‌ای تأثیر شدت دور سانتریفوژ (دورهای 4000 و 12000 rpm) را روی فرآیند شفاف‌سازی آب گل ساعتی (passion fruit juice) مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که افزایش شدت دور سانتریفوژ از 4000 به 12000 rpm سبب کاهش رنگ از 2/52 به 1/08 گردید (حدوداً 57/14% افزایش شفافیت) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت (11). Rai و همکاران در پژوهشی تأثیر تیمار سانتریفوژ را بر روی عملیات شفاف‌سازی آب پرتقال موسامبی (mosambi) مطالعه کردند. آنها اذعان نمودند که این تیمار شفاف‌سازی توانست میزان شفافیت (جذب در 420 nm) را به میزان 68/82% نسبت به نمونهٔ شاهد بهبود دهد (19).

در مورد روش شفاف‌سازی (II) نتایج حاکی از آن بود که غلظت خاک بنتونیت بیشترین تأثیر را بر روی میزان شفاف‌سازی آب کرفس داشت بطوریکه در یک زمان فرآیند ثابت (مثلاً 75 min) افزایش غلظت خاک بنتونیت از 100 تا 500 ppm سبب کاهش شدت جذب عصارهٔ آب کرفس از 2/04 تا 1/83 گردید (حدوداً 10/29% افزایش شفافیت) که این حالت در سایر زمان‌ها نیز مشاهده شد.

جدول 4. نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر روش‌های مختلف شفاف‌سازی بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب کرفس در نقطهٔ بهینهٔ.

روش شفاف‌سازی	pH	اسیدیته % اسید سیتریک (g/100)	عبور نور (%)	ثقل ویژه (-)	کلروفیل (mg/100 g d.m.)	ویسکوزیته (mPa.s)
شاهد (تازه)	6/07±0/02^{b}	0/118±0/008^{cd}	0/197±0/023^{d}	1/015±0/0005^{a}	81/58±1/006^{a}	0/919±11/5^{a}
روش I	6/22±0/015^{a}	0/115±0/0064^{d}	8/71±0/034^{b}	1/014±0/0003^{c}	28/25±0/081^{d}	0/899±3/86^{b}
روش II	5/84±0/006^{d}	0/147±0/0064^{a}	1/965±0/019^{c}	1/0146±0/0003^{ab}	47/61±0/03^{c}	0/901±8/47^{b}
روش III	6/02±0/006^{c}	0/128±0/0064^{bc}	0/477±0/0006^{d}	1/0143±0/0001^{bc}	67/84±0/00^{b}	0/907±7/35^{ab}
روش IV	5/69±0/01^{e}	0/136±0/0037^{ab}	31/31±0/42^{a}	1/0114±0/0001^{d}	11/22±0/092^{e}	0/903±9/46^{b}

* روش I: مکانیکی، روش II: خاک بنتونیت، روش III: زغال فعال، روش IV: ژلاتین.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

Laksameethanasan و همکـاران در پژوهشـی فرآینـد شفاف‌سازی عصارهٔ نیشکر را به منظور تولید شربت قنـد مـورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که افزایش غلظت خاک بنتونیت به دلیل افزایش سطح جـذبیِ بیشـتر، سـبب افـزایش شفافیت (یعنی کاهش رنگ و کدورت) شد. همچنین آنها بیان نمودند کـه جـذب عوامـل رنـگ‌زا و مولکـول‌هـای آلـی نظیـر پروتئین‌ها بر روی سطح خاک بنتونیت، سبب کـاهش رنـگ و کدورت عصارهٔ استحصالی گردید (14). Chatterjee و همکاران در پژوهشی فرآیند شفاف‌سازی آب‌میوه‌جات انگور، لیمو، سیب و آب پرتقال را مطالعه نمودند. نتایج ایـن محققـین نشـان داد که میزان جذب نور (در طول موج 540 nm) به عنوان معیاری از کدورت آب‌میوه پس از تیمار بـا بنتونیـت (1g/50ml juice، به مدت 90 min و در دمـای 25°C) در آب‌میـوه‌جـات انگـور، لیمو، سیب و آب پرتقال به ترتیـب از 1/3 بـه 0/85، 0/54 بـه 0/37، 1/5 به 1/2 و 0/65 بـه 0/57 کـاهش یافـت کـه نتـایج بدست آمده از این پژوهش را تأیید می‌نمایـد (20). الهـامی‌راد در مطالعه‌ای فرآیند شفاف‌سازی آبمیوهٔ توت سفید را به کمک خاک بنتونیت (1g/50ml juice) مطالعه نمود. ایـن پژوهشـگر اذعان داشت که افزایش زمان شفاف‌سازی تا 120 min، سـبب افزایش میزان عبور نور از 33/7 تا 35/4% شد (8).

در مورد روش شفاف‌سازی (III) نتایج حاکی از آن بود کـه در میان پارامترهای فرآیندی مورد مطالعه (غلظت زغال فعـال و زمان شفاف‌سازی)، زمان شفاف‌سازی بیشـترین تـأثیر را بـر روی شفافیت آب کرفس داشت. نتایج نشـان داد کـه بـا ثابـت بودن غلظـت زغـال فعـال (مـثلاً 2500 ppm) افـزایش زمـان فرآینـد از 25 تـا 75 min سـبب 9/2% افـزایش در شـفافیت عصـارهٔ آب کـرفس گردیـد. Laksameethanasan و همکـاران بیان نمودند که توانایی زغال فعال در افزایش جذب مـواد آلـی با افزایش غلظت به دلیل زیادتر نمودن مسـاحت سـطح سـبب بهبود شفاف‌سازی می‌گردد (14).

در مورد روش شفاف‌سـازی (IV) نتـایج نشـان داد کـه در میان پارامترهای فرآیندی مورد مطالعه (غلظت ژلاتین و زمـان شفاف‌سازی)، زمـان شـفاف‌سـازی بیشـترین تـأثیر را بـر روی شـفافیت آب کـرفس داشـت. بدبـدک و همکـاران تـأثیر بـه کارگیری ژلاتین را بر روی فرآیند شفاف‌سـازی آب انـار مـورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهشگران نشان داد کـه غلظـت بهینهٔ بـرای انجـام عملیـات شـفاف‌سـازی آب انـار 300 ppm می‌باشد (2). Rai و همکاران در پژوهشی اذعـان داشـتند کـه مکانسیم ژلاتین در شفاف‌سازی آب‌میوه‌ها به دلیل واکـنش بـا پکتین موجود در عصاره میوه است. این حالت به دلیـل جـذب شدن مولکول‌های ژلاتین (دارای بار مثبـت) بـا پکتـین (دارای بار منفی) بوده که سبب ترسیب و در نتیجـه شـفافیت عصـارهٔ اولیه می‌شود (19).

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی: همـان طـور کـه قـبلاً اشـاره گردید نوع روش شفاف‌سازی تـأثیر معنـی‌داری ($p<0/05$) بـر روی pH و اسـیدیتهٔ آب کـرفس تولیـدی داشـت بطوریکـه بیشـترین میـزان pH و اسـیدیته آب کـرفس بـه ترتیـب در روش‌های شفاف‌سازی I و II مشاهده شد. Rai و همکـاران در بررسی فرآیند شفاف‌سازی آب پرتقـال موسـامبی (mosambi) بیـان داشـتند کـه مقـدار pH در روش‌هـای شـفاف‌سـازی بـا سانتریفوژ، بنتونیت و ژلاتین بـه میـزان صـفر (ثابـت)، 1/04 و 0/54% افزایش یافت که مقدار تغییر pH بسیار جزئـی بـوده و نتـایج پـژوهش حاضـر را تأییـد مـی‌نمایـد. همچنـین ایـن پژوهشگران بیان نمودند که روند تغییرات اسـیدیتهٔ بـر عکـس pH و از لحاظ کمی میزان تغییر بسیار جزئی بود که بـا نتـایج پژوهش حاضر مطابقـت دارد (19). همـان‌طـور کـه در نتـایج بدست آمده از این پژوهش مشاهده شـد (جـدول 4) تغییـرات اسیدیتهٔ عصارهٔ آب کـرفس شـفاف‌سـازی شـده بـا روش‌هـای مختلف نسبت به نمونهٔ شـاهد، در برخـی از روش‌هـا افزایشـی (روش‌های II، III و IV) و در برخی از دیگر کاهشـی (روش I) بود. به احتمال زیاد کاهش اسیدیته در روش I به دلیل اتصـال اسیدهای آلی موجود در عصارهٔ کرفس بـا سوسپانسـیون ذرات معلق بوده که ضمن فرآینـد سـانتریفوژ رسـوب نمـوده اسـت. Chatterjee و همکـاران در پژوهشـی فرآینـد شـفاف‌سـازی آب‌میوه‌جات انگور، لیمو، سیب و آب پرتقال را مطالعه نمودنـد. آنها گـزارش نمودنـد کـه اسـیدیتهٔ آب‌میـوه‌جـات مختلـف در تیمارهای مختلف شفاف‌سازی نسـبت بـه نمونـهٔ شـاهد رونـد کاهشی و افزایشی داشـته کـه نتـایج تحقیـق حاضـر را تأییـد می‌نماید (20).

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که نـوع روش شـفاف‌سـازی تـأثیر معنـی‌داری ($p<0/05$) بـر روی شـاخص عبـور نـور عصاره‌های تولیدی داشت و بیشـترین میـزان عبـور نـور (کـه معـادل بـا حـداکثر شـفافیت نمونـه‌هـا مـی‌باشـد) در روش شفاف‌سازی IV مشاهده گردید. Bodbodak و همکاران تـأثیر به کارگیری تیمارهای مختلف شفاف‌سازی را بر روی عملیـات شفاف‌سازی آب انار مورد مطالعه قرار دادند. نتـایج آنهـا نشـان داد که در میان تیمارهای مورد مطالعه تیمار ترکیبـی آنـزیم-ژلاتین-سیلکاسل-بنتونیت توانست بیشترین تـأثیر را بـر روی شفافیت آب انار داشته باشید که میزان عبور نـور آن در طـول موج 660 nm معادل 91/8% بدست آمد (2).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

نتایج تجزیه واریانس شاخص ثقل ویژه نشان داد که بین نمونهٔ شاهد (آب کرفس تازه) و سایر تیمارهای به کار رفته در عملیات شفاف‌سازی آب کرفس تفاوت آماری معنی‌داری ($p<0/05$) مشاهده شد بطوریکه بیشترین و کمترین مقدار این شاخص به ترتیب مربوط به نمونهٔ شاهد و کرفس شفاف‌سازی شده با روش IV می‌باشد. با توجه به اینکه بخشی از عوامل ایجادکنندهٔ کدورت در آب کرفس مربوط به مواد جامد معلق است که تأثیر بسزایی بر روی ثقل ویژه دارد، بنابراین هر روشی که بتواند مقدار این مواد معلق را به حداقل ممکن برساند می‌تواند ثقل ویژه را تحت تأثیر قرار دهد. در این مطالعه همان‌طور که مشاهده شد تیمارهای IV و I توانستند میزان ذرات سوسپانسیونی معلق را نسبت به نمونهٔ شاهد به میزان 0/35 و 0/098% کاهش دهند. بدبدک و همکاران در پژوهش خود بر روی شفاف‌سازی آب انار اذعان نمودند که فرآیند شفاف‌سازی توانست میزان ذرات سوسپانسیونی معلق را به میزان 0/9% کاهش دهد که با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد (2). Rai و همکاران در پژوهشی تأثیر تیمارهای مختلف (بنتونیت، ژلاتین، آنزیمی، سانتریفوژ و تیمارهای ترکیبی) را بر روی عملیات شفاف‌سازی آب پرتقال موسامبی (mosambi) مطالعه کردند. آنها اذعان نمودند که میزان تغییر چگالی در نمونه‌های مختلف شفاف شده بسیار جزئی می‌باشد (19).

نتایج آنالیز واریانس ارزیابی میزان رنگدانهٔ کلروفیل نشان داد که بین روش‌های مختلف شفاف‌سازی آب کرفس اختلاف آماری معنی‌دار ($p<0/05$) مشاهده شد. میزان کاهش رنگدانهٔ کلروفیل در روش‌های شفاف‌سازی I، II، III و IV نسبت به نمونهٔ شاهد به ترتیب معادل 65/37، 41/64، 16/84 و 86/24% تخمین زده شد. بدبدک و همکاران در پژوهش خود بر روی عملیات شفاف‌سازی آب انار گزارش نمودند که میزان رنگدانهٔ آنتوسیانین آب انار طی شفاف‌سازی با روش‌های مختلف بین 6/88 تا 23/58% برآورد گردید که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (2).

در خصوص ویسکوزیتهٔ مطلق آب کرفس شفاف شده نتایج آماری حاکی از آن بود که نوع روش شفاف‌سازی تأثیر قابل ملاحظه‌ای ($p<0/05$) بر روی این پارامتر داشت. با توجه به محاسبات صورت گرفته (معادلهٔ 5) مشخص گردید که مقادیر ویسکوزیتهٔ کرفس بین 0/899 تا 0/919 mPa.s متغیر است. میزان کاهش ویسکوزیته در روش‌های شفاف‌سازی I، II، III و IV نسبت به نمونهٔ شاهد به ترتیب معادل 2/17، 1/96، 1/3 و 1/74% تخمین زده شد. Domingues و همکاران در مطالعهٔ خود بیان داشتند که در اثر شفاف‌سازی میزان ویسکوزیته کاهش می‌یابد که به نوع تیمار به کار رفته وابسته است. آنها مقدار اُفت ویسکوزیته را در روش اِعمال سانتریفوژ (در دور 4000 rpm) نسبت به نمونهٔ شاهد 89/08% گزارش نمودند که بیشترین اُفت ویسکوزیته مربوط به این تیمار بود (11). همچنین Rai و همکاران در بررسی فرآیند شفاف‌سازی آب پرتقال موسامبی (mosambi) بیان داشتند که مقدار اُفت ویسکوزیته در روش‌های شفاف‌سازی سانتریفوژ، ژلاتین و خاک بنتونیت به ترتیب 44/95، 42/78 و 43/05% است (19). علت کمتر بودن مقادیر اُفت ویسکوزیته بدست آمده در این پژوهش نسبت به سایر پژوهش‌ها را می‌توان به نحوهٔ آماده‌سازی عصاره و مراحل عملیات شفاف‌سازی ارتباط داد. در پژوهشی دیگر بُدبُدک و همکاران مقدار اُفت ویسکوزیته را در تیمار ترکیبی ژلاتین-سیلکاسل حدوداً 13/86% ذکر کردند (2).

در این مطالعه فرآیند شفاف‌سازی آب کرفس به وسیلهٔ تیمارهای ژلاتین، بنتونیت، زغال فعال و سانتریفوژ در شرایط سرد مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که بهترین روش‌های شفاف‌سازی آب کرفس به ترتیب اهمیت شامل IV، I، II و III می‌باشند. به طور کلی به کارگیری روش شفاف‌سازی IV به عنوان بهترین تیمار برای کارخانجات فرآوری این محصول پیشنهاد می‌گردد.

• References

1. Saxena D, Sabikhi L, Chakraborty SK, Singh D. Process optimization for enzyme aided clarification of watermelon juice. J Food Sci Technol 2014; 51: 2490-2498.
2. Bodbodak S, Kashaninejad M, Hesari J, Razavi SMA. Effect of different classical clarification methods on physico-chemical and rheological properties of pomegranate juice. J Food Proc Preserv 2009; 1(2): 1-16 [in Persian].
3. Ciullo PA. Industrial minerals and their uses. A Handbook & Formulary. New Jersey, USA. Noyes Publications 1996. p. 29-32, 420-421 and 58-63.
4. Schrieber R, Gareis H. Gelatine Handbook, Theory and Industrial Practice. Germany.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, Weinheim 2007. p. 218-225.

5. Al-Farsi MA. Clarification of date juice. Int J Food Sci Technol 2003; 38: 241-245.
6. Arzi A, Sistani Karampour N, Syahpoosh A, Garavand H. A Study of the Effect of Apium graveolens Hydroalcoholic Extract on Formalin-induced Inflammation in Male Rat Hind Paw. Jundishapur Sci Med J 2014; 13(2): 225-232 [in Persian].
7. Tavakolipour H, Kalbasi-Ashtari A. Determination of rheological properties of grape molasses. J Food Sci Technol 2013; 40: 129-137.
8. Maghsoudlou Y, Zabihi A, Alami M. Evaluation of using chitosan on the clarity and color of apple juice. J Food Sci Technol 2014; 43(11): 33-40.
9. Elhami Rad AH. Optimization of clarification process of two varity of white mulbarry jouice. J Innovat Food Sci Technol 2013; 5(1): 91-103 [in Persian].
10. Aziztaeme H, Kazemi A, Razavi J. Investigation of the effect of chemical subestances on clarificartion of pomegranate juice. Nashrieh Shimi va Mohandesi Shimi Iran 2007; 26(2): 61-66 [in Persian].
11. Galeb ADS, Wrolstad RE, Mcdaniel MR. Composition and quality of clarified cantaloupe juice concentrate. J Food Proc Preserv 2002; 26: 39-56.
12. Domingues RCC, Junior SBF, Silva RB, Cardoso VL, Reis MHM. Clarification of passion fruit juice with chitosan: Effects of coagulation process variables and comparison with centrifugation and enzymatic treatments. Proc Biochem 2012; 47: 467-471.
13. Gökmen V, Artık N, Acar J, Kahraman N, Poyrazoglu E. Effects of various clarification treatments on patulin, phenolic compound and organic acid compositions of apple juice. Eur Food Res Technol 2001; 213: 194-199.
14. He Y, Ji Z, Li S. Effective clarification of apple juice using membrane filtration without enzyme and pasteurization pretreatment. Separation Purifi Technol 2007; 57: 366-373.
15. Laksameethanasan P, Somla N, Janprem S, Phochuen N. Clarification of sugarcane juice for syrup production. Procedia Eng 2012; 32: 141-147.
16. Jalali M, Jahed E, Haddad Khodaparast MH, Limbo S, Mousavi Khaneghah A. Evolution of bentonite and gelatin effects on clarification of variety of date fruit Kaluteh juice with response surface methodology. Int Food ResJ 2014; 21(5): 1893-99.
17. Uribe E, Marín D, Vega-Gálvez A, Quispe-Fuentes I, Rodríguez A. Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.) as a source of natural antioxidants. Food Chem 2016; 190(1): 559-565.
18. Mokhtarian M, Tavakolipour H, Jafari Savareh Sh, Amiri M. Determination of optimal parameters to extraction and formulation of functional drink from green tea and determining its physicochemical and rheological properties. J Res Innovat Food Sci Technol 2014; 3(1): 51-66 [in Persian].
19. Mokhtarian M, Heydari Majd M, Koushki F, Bakhshabadi H, Daraei Garmakhany A, Rashidzadeh SH. Optimisation of pumpkin mass transfer kinetic during osmotic dehydration using artificial neural network and response surface methodology modelling. J Qual Assur Safety Crop Food 2014; 6(2): 201-214.
20. Rai P, Majumdar GC, Das Gupta S, De S. Effect of various pretreatment methods on permeate flux and quality during ultrafiltration of mosambi juice. J Food Eng 2007; 78: 561-568.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

Optimization of the clarification Process of Celery Juice by Response Surface Methodology (RSM) and Investigation of the Quality Properties of Produced Product

Mokhtarian M[*1], *Shojaee A*[2]

*1- *Corresponding author: Young Researchers and Elite Club, Roudhen Branch, Islamic Azad University, Roudhen, Iran*
Email: mokhtarian.mo@riau.ac.ir
2- Young Researchers and Elite Club, Roudhen Branch, Islamic Azad University, Roudhen, Iran

Received 18 Jul, 2017 **Accepted 5 Oct, 2017**

Background and Objectives: In beverages industry, clarification is one of the unit operations that it is used to remove the color, aroma and undesirable flavor, haziness, bitterness and acridity.

Materials and Methods: For clarification of celery juice, different clarification methods such as mechanical (I), bentonite earth (II), active charcoal (III) and gelatin (IV) were used. Then, in each of the studied methods, the processing parameters including the concentration of compounds, rotation and process time were optimized by RSM approach.

Results: After optimization process, the optimum points for methods I, II, III and IV were obtained as (3999.5 rpm and 14.77 min), (500 ppm and 25 min), (1418.37 ppm and 81.17 min) and (105.89 ppm and 119.48 min), respectively. Type of clarification method had significant effect ($p<0.05$) on the transmittance index of produced celery juice, and the amount of transmittance in different clarification methods I, II, III and IV was 8.71, 1.965, 0.477 and 31.31%, respectively; the loss of cholerophyll pigmenty corresponding to each of these methods comparing to the blank sample was computed as 65.37, 41.64, 16.84 and 86.24%, respectively. The lowest amount of pH (5.69) was observed in method IV, which corresponds to the greatest acidity value. Also the change of specific gravity was very trivial and the lowest amount of it was related to method IV (SG=1.0114), most probably due to the loss of suspension particles present in celery juice.

Conclusion: Goodness clarification methods of celery juice in order of importance included IV, I, II and III. Generally, application of clarification method IV as the best treatment is recommended for the processing factories of this crop.

Keywords: Physicochemical attributes, Viscosity, Clarification, Celery juice

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]