

تاثیر شرایط فرآوری بر روی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و رفتار جریان کنسانتره آب نارنج

مهشید نصیری^{۱*}، عسگر فرحناکی^۲، مهرداد نیاکوثری^۲، مهسا مجذوبی^۲ و غلامرضا مصباحی^۲

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۰۴

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

^۲ دانشیار گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

^۳ استادیار گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

*مسئول مکاتبه: Email:m.nasiri86@ymail.com

چکیده

در این تحقیق، تولید کنسانتره آب نارنج با روش تغلیظ تحت خلأ ۵۵ میلی‌متر جیوه و استفاده از دماهای تغلیظ ۸۰-۵۰ °C مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های رئولوژیکی کنسانتره آب نارنج در شرایط مختلف، شامل مواد جامد کل (۳۰ و ۵۰ درجه بریکس) و دما (۵-۵۵ °C) در محدوده سرعت برشی ۰ تا ۱۶۰ s⁻¹ مورد بررسی قرار گرفت. ویسکوزیته کنسانتره آب نارنج در اثر افزایش سرعت برشی کاهش پیدا کرد و رفتار غیر نیوتنی رقیق‌شونده با برش را نمایش داد. شاخص قوام با افزایش دما کاهش و با افزایش مواد جامد کل افزایش پیدا کرد. همچنین میزان ویتامین ث نمونه‌ها قبل و بعد از تغلیظ در دماهای ۸۰-۵۰ °C درجه با روش کروماتوگرافی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با افزایش دمای تغلیظ، درصد افت ویتامین ث نیز افزایش می‌یابد ($P < 0.05$). علاوه بر این تغییرات روشنائی رنگ فرآورده به‌عنوان تابعی از دما و غلظت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پارامتر L در کنسانتره آب نارنج به‌طور معنی‌داری در سطح آماری ($P < 0.05$) متأثر از دما و زمان تغلیظ می‌باشد. اگرچه شربت نارنج تهیه شده از کنسانتره آب نارنج تغلیظ شده در ۷۰ °C و شربت تهیه شده از آب نارنج تازه از نظر عطر و طعم بهتر بودند، بررسی نتایج حاصل از ارزیابی حسی تفاوت معنی‌داری بین شربت تهیه شده از کنسانتره آب نارنج و نیز شربت تهیه شده از آب نارنج تازه از نظر رنگ و پذیرش کلی نشان نداد.

واژگان کلیدی: آب نارنج، کنسانتره، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، رئولوژی، ویتامین ث

مقدمه

طی سال‌های گذشته تقاضا برای استفاده از مواد غذایی با منشاء گیاهی رشد چشمگیری داشته است. میوه‌ها و سبزیجات به دلیل دارا بودن ریز مغذی‌های مهمی نظیر ویتامین‌ها و مواد معدنی نقش مهمی در متعادل ساختن رژیم غذایی انسان و کاهش ریسک ابتلا به بیماری‌هایی از قبیل سرطان، بیماری‌های قلبی- عروقی و دیابت بازی می‌کنند. بنابراین به منظور پاسخ به تقاضای مردم، فرآوری میوه‌ها و سبزیجات به صورت صنعتی درآمده است. با توسعه انواع آب میوه‌ها و محصولات مشتق شده از آن‌ها نظیر کنسانتره‌ها و نکتارها، اطلاع از ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آن‌ها امر مهمی محسوب می‌شود (کورتس و همکاران ۲۰۰۵ و وندرسن و همکاران ۲۰۰۹).

نوشیدنی‌های بر پایه مرکبات از پرطرفدارترین نوشیدنی‌های میوه‌ای هستند که ۵۰٪ درآمد حاصل از فروش نوشیدنی‌ها را در دنیا به خود اختصاص می‌دهند (تیواری و همکاران ۲۰۰۹). میوه نارنج (Citrus aurantium L.) با نام‌های bitter, sour orange و orange seville یکی از انواع مرکبات می‌باشد که منبع مناسب ویتامین ث بوده، عطر و طعم منحصر به فردی دارد، بومی جنوب غربی آسیا است و دارای میوه‌ای گرد و اسیدی است (امیری و نیاکوثری ۲۰۰۷). این میوه در ایران از اواسط آبان تا اواسط اسفند وجود دارد. به دلیل فسادپذیری و حساسیت آن نسبت به فرآیند، دوره نگهداری آن کوتاه می‌باشد.

از آنجایی که رفتار رئولوژیکی محصولات تولید شده از آب میوه‌ها تحت تأثیر مقدار و ویژگی ترکیبات تشکیل دهنده آن‌ها می‌باشد و به نوع میوه و تیمارهای انجام شده روی آن‌ها در طی فرآوری نیز بستگی دارد، لذا مطالعه رفتار رئولوژیکی این محصولات نه تنها از جهت ارزیابی کیفی فرآورده‌ها مهم است، بلکه به منظور طراحی مراحل فرآوری شامل پمپ کردن، همزدن، انتقال به وسیله خطوط لوله، تغلیظ و سایر مراحل، حائز

اهمیت می‌باشد (کورتس و همکاران ۲۰۰۵ و وندرسن و همکاران ۲۰۰۹). در مطالعات مشابهی که کابرال و همکاران (۲۰۰۶)، داک و همکاران (۲۰۰۷) و چین و همکاران (۲۰۰۹) به ترتیب بر روی کنسانتره آب انگور، آب انبه و کنسانتره آب پوملو انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که دو پارامتر دما و غلظت بر ویژگی‌های رئولوژیکی کنسانتره آب انگور، آب انبه و کنسانتره آب پوملو تأثیر آشکار داشته و موجب بروز رفتار رقیق‌شونده با برش در این نمونه‌ها شده است.

به‌علاوه نخستین ویژگی‌ای که یک مصرف‌کننده هنگام انتخاب محصول به آن توجه می‌کند، رنگ محصول می‌باشد. رنگ زرد میوه نارنج به دلیل حضور رنگدانه‌های کاروتنوئیدی می‌باشد. رنگ به‌عنوان شاخص رسیدگی میوه‌ها و سبزیجات تازه و نیز تغییرات ممکن در طی فرآیند و نگهداری، نقش بسزایی بر پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده دارد (بورن ۲۰۰۲ و کورتس و همکاران ۲۰۰۸).

تجزیه اسید آسکوربیک و واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی که در اثر تشکیل فورفورال ایجاد می‌شود، مهم‌ترین واکنش‌های تخریبی هستند که طی فرآیند، بسته بندی و نگهداری آب مرکبات اتفاق می‌افتند. تخریب ویتامین ث در حضور یا عدم حضور اکسیژن صورت می‌گیرد. طی فرآوری آب میوه پدیده اکسیداسیون، عامل تخریب ویتامین ث محسوب می‌شود، در حالیکه طی نگهداری، تجزیه اسید آسکوربیک، که بسیار تابع درجه حرارت و زمان است، اتفاق می‌افتد (الزوبیدی، ۲۰۰۷؛ امیری و نیاکوثری، ۲۰۰۷؛ تیواری و همکاران، ۲۰۰۹).

از آنجایی که فرآوری حرارتی آب میوه‌ها بر خواص ارگانولپتیکی و تغذیه‌ای آن‌ها تأثیر می‌گذارد (هانگوارات و همکاران ۲۰۰۸)، استفاده از روش‌هایی که در آنها از حرارت کمتری استفاده می‌شود به حفظ خواص تغذیه‌ای و حسی از جمله رنگ محصول کمک می‌کند. یکی از روش‌های نگهداری آب میوه‌ها که نسبت

بررسی سرعت (سینتیک) تغلیظ در دماهای مختلف تغییرات غلظت (Bx°) نمونه‌های آب نارنج در مقابل زمان با استفاده از معادله لگاریتمی سه پارامتری مدل‌سازی شد. رابطه (۱).

$$B = B_0 + B_1 \exp(K.t)$$

در این رابطه B و B_0 به ترتیب غلظت نمونه آب نارنج در زمان t و غلظت اولیه آب نارنج، B_1 یک مقدار ثابت و K ثابت سرعت تغلیظ بر حسب (min^{-1}) می‌باشد (مسکن ۲۰۰۶).

بررسی رفتار رئولوژیکی کنسانتره آب نارنج

رفتار رئولوژیکی کنسانتره آب نارنج با استفاده از ویسکومتر نوع DVII pro بروکفیلد (ساخت آمریکا) مجهز به سیستم کنترل دما در سرعت‌های برشی مختلف (۰ تا 160 s^{-1}) (به این دلیل که در خارج از این محدوده نمونه رفتار غیر طبیعی نشان می‌داد) ارزیابی شد. متغیرهای مورد نظر غلظت کنسانتره آب نارنج و دمای ارزیابی خواص رئولوژیکی بودند. در این پژوهش رفتار رئولوژیکی کنسانتره آب نارنج تغلیظ شده در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد با غلظت‌های ۳۰ و ۵۰ درجه بریکس، در دماهای ۵، ۲۲/۵، ۴۰ و 55°C مورد ارزیابی قرار گرفت. رفتار جریان و ویژگی‌های رئولوژیکی کنسانتره آب نارنج با استفاده از نرم افزار دستگاه ویسکومتر (Rheocal) تعیین گردید.

بررسی میزان ویتامین ث

به منظور تعیین میزان ویتامین ث نمونه‌های کنسانتره آب نارنج مطابق روش پیشنهادی لی و کتس (۱۹۹۹) از دستگاه Agilant 1200 HPLC با ستون نوع Reverse Phase c18 با نام تجاری Bondapack دارای شناساگر DAD، ساخت استرالیا استفاده شد. به منظور رسم منحنی استاندارد مخلوطی از ویتامین ث استاندارد و متاسفریک اسید تهیه و به دستگاه HPLC تزریق شد و زمان رسم پیک محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری ویتامین ث ابتدا غلظت کنسانتره آب نارنج

به سایر روش‌های حرارتی امکان استفاده از دمای فرآوری کمتری را ایجاد می‌کند، تغلیظ تحت خلأ آن‌ها می‌باشد.

هدف این تحقیق بررسی رئولوژی و برخی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی کنسانتره آب نارنج تولیدی با استفاده از روش تغلیظ تحت خلأ در شرایط مختلف دمایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه کنسانتره آب نارنج

میوه نارنج از باغ‌های اطراف شیراز جمع‌آوری شد. تولید آب نارنج بصورت صنعتی و پاستوریزه نشده در کارخانه لیمون‌دیس شیراز صورت گرفت. مراحل فرآیند شامل شستشوی میوه‌های نارنج به وسیله پاشش آب، پوستگیری سایشی و شستشوی مجدد میوه‌ها، استخراج آب‌میوه، فیلتراسیون توسط سیستم دو مرحله‌ای که در مرحله اول از صافی‌هایی با اندازه منافذ ۰٫۱۲۵ تا ۰٫۱۸۸، اینچ و در مرحله بعد از صافی‌هایی با منافذ کوچکتر از ۰٫۰۲، اینچ استفاده شد و در نهایت هموژنیزاسیون (تحت فشار ۶۰ بار و دمای حدود ۶۵ درجه سانتیگراد) بود. به منظور تهیه کنسانتره آب نارنج، از اواپراتور چرخان تحت خلأ ۵۵ میلی‌متر جیوه با نام تجاری IKA RV10 ساخت کشور آلمان استفاده شد. فرآیند تغلیظ تحت دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتیگراد تا غلظت ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه بریکس انجام گردید. کنسانتره‌های تولیدی تا زمان انجام آزمایشات، در بسته بندی غیر قابل نفوذ در یخچال با دمای 4°C درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول

طی فرآیند تغلیظ میزان مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفرکتومتر مدل CARL Zeiss (ساخت آلمان) و در دمای 20°C اندازه‌گیری شد.

ارزیابی حسی

به منظور ارزیابی حسی شربت تهیه شده از آب نارنج از ۲۱ فرد آموزش‌دیده استفاده شد. شربت آب نارنج با استفاده از ۲۰٪ w/w آب نارنج بازسازی شده از کنسانتره‌های آب نارنج تغلیظ شده تا غلظت ۶۰ درجه بریکس در دماهای مختلف (۵۰-۸۰) و یا آب نارنج تازه و ۱۲٪ w/w شکر تهیه شد. در ارزیابی کیفی شربت نارنج، از نظر پذیرش کلی مورد سنجش قرار گرفت. معیار به کار رفته جهت سنجش پارامترهای مذکور، بر اساس سیستم امتیازدهی پنج مرتبه‌ای بود. به طوری که برای کلیه پارامترها از واژه‌های عالی (با امتیاز ۵)، خوب (۴)، متوسط (۳)، نسبتاً بد (۲) و بد (۱) استفاده گردید (واتس و همکاران ۱۹۸۹).

آنالیز آماری

تمامی آزمایش‌ها بر اساس طرح نمونه‌گیری کاملاً تصادفی، با حداقل سه تکرار انجام گرفت. معادلات مدل و ضریب همبستگی R^2 برای نمونه‌های مورد آزمایش گزارش گردید. جهت تشخیص وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها آنالیز واریانس (ANOVA) انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) استفاده شد و نتایج حسی که غیرپارامتریک با استفاده از آزمون Kruskal-Wallis مورد بررسی قرار گرفت. سپس این اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار Design Expert (نسخه ۶/۱) و با استفاده از روش سطح پاسخ D-Optimal mode داده‌های تجربی مدل شدند و هر گونه ارتباط غیرخطی بین پارامترها مورد بررسی قرار گرفت (فرحناکی و هیل ۲۰۰۷).

نتایج و بحث

آنالیز ترکیبات شیمیایی

ترکیبات شیمیایی آب نارنج در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که آب نارنج حاوی ۰/۲٪

با استفاده از آب مقطر دو بار تقطیر از ۶۰ درجه به ۸ (غلظت معادل آب نارنج) درجه بریکس رسانیده شد. سپس ۵۰ میلی لیتر از نمونه آب نارنج و ۵۰ میلی لیتر متاسفریک اسید ۵٪ (MPA) مخلوط و هموژنیزه شد. سپس به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (RC-5 super speed refrigerator Sorvall) گردید، مایع فوقانی بعد از عبور از فیلتر سر سرنگی 0.45μ به ستون HPLC تزریق شد. سپس حجم ۲۰ میکرولیتر نمونه از ستون c18 فاز معکوس با ابعاد $150 \times 4/6$ میلی‌متر، با سرعت 0.5 ml/min استفاده از فاز متحرک بافر فسفات با pH $2/4$ در دمای 30°C عبور داده شد و با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری Agilent در طول موج ۲۵۲ نانومتر درصد ویتامین ث محاسبه گردید.

بررسی روش‌شنایی رنگ نمونه‌های کنسانتره آب نارنج

برای ارزیابی روش‌شنایی رنگ نمونه‌های کنسانتره آب نارنج از سیستم عکس‌برداری با دوربین دیجیتال و رنگ سنجی مشابه با سیستم Hunter Lab استفاده شد. در این روش مقادیر ثابت (۱۰ ml) از نمونه‌های کنسانتره آب نارنج با غلظت‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه بریکس درون ظروف پلاستیکی سفید رنگ یکسان ریخته شدند. شرایط عکس‌برداری برای تمامی نمونه‌ها یکسان بود و نمونه‌ها درون یک جعبه بسته با دیواره‌های سفید رنگ و غیرقابل نفوذ به نور قرار گرفتند. زاویه تابش نور در سطح افقی نمونه ۴۵ درجه بوده و دوربین به موازات سطح افقی نمونه قرار گرفت. با استفاده از دوربین دیجیتال با وضوح تصویر ۵ مگاپیکسل از نمونه‌ها عکس گرفته شد و پس از آن عکس نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ ویرایش پنجم به منظور تعیین پارامترهای L (روش‌شنایی) مورد بررسی قرار گرفت (افشاری جویباری و فرحناکی ۲۰۱۱).

خاکستر، ۱/۰۵٪ پروتئین و ۵/۰۲٪ اسید سیتریک می‌باشد.

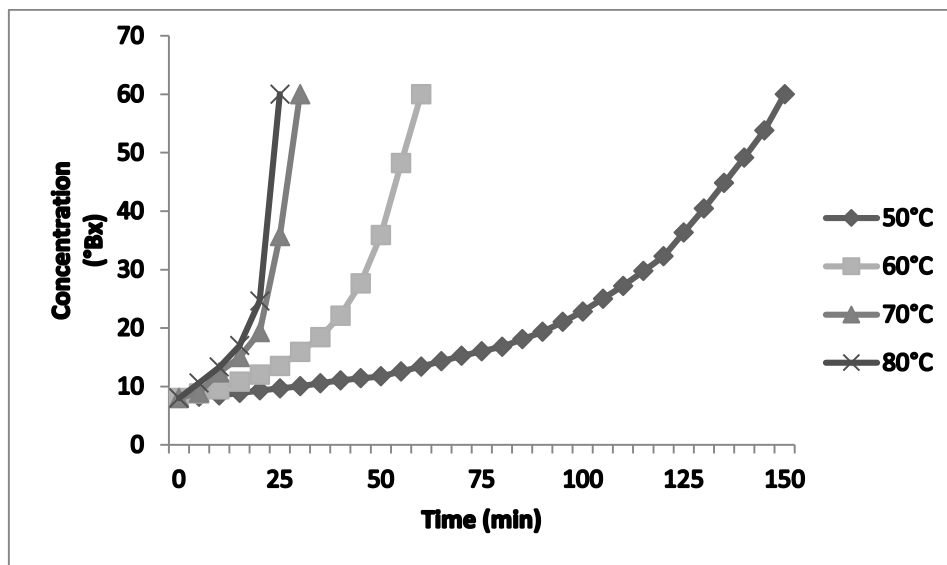
بررسی سینتیک تغلیظ آب نارنج در دماهای مختلف
 تغلیظ بعنوان یکی از نمونه‌های بارز انتقال جرم، شامل تبخیر مواد فرار نظیر آب از مواد غیر فرار در یک محلول می‌باشد. طی فرآیند تغلیظ بخار آب از یک محلول در حال جوش خارج شده و محلول با غلظت بالاتر باقی می‌ماند. شکل (۱) غلظت (°Brix) آب نارنج در مقابل زمان را طی فرآیندهای تغلیظ انجام گرفته با استفاده از ۴ دمای مختلف نشان می‌دهد. همانطور که نشان داده شده است، زمان مورد نیاز برای رسیدن از غلظت اولیه ۸ °Brix به غلظت نهایی ۶۰ °Brix در دماهای تغلیظ ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ °C به ترتیب برابر

۱۵۰، ۵۹، ۳۰/۵ و ۲۵/۵ دقیقه بوده است، هنگام بررسی نتایج آنالیز آماری تفاوت معنی‌دار آماری بین نمونه‌های تغلیظ شده در دماهای مختلف در سطح (P < ۰/۰۵) مشاهده گردید. نتایج حاصل از این آزمون با استفاده از معادله لگاریتمی سه پارامتری (رابطه ۱) مدل‌سازی شدند. پارامترهای این معادله و ضریب همبستگی R² برای تغییرات غلظت کنسانتره آب نارنج در طی تغلیظ در جدول (۲) نشان داده شده است. مقدار R² (بالاتر از ۰/۹۶) بیانگر همبستگی خوب نتایج در تمامی دماها بوده است. ثابت سرعت تغلیظ (K) در دمای ۸۰ °C به ترتیب ۱/۶، ۱/۳ و ۱/۱ برابر بیشتر از دماهای ۵۰، ۶۰ و ۸۰ °C است؛ که بیانگر سرعت بالای تغلیظ در دمای ۸۰ °C می‌باشد.

جدول ۱- درصد ترکیبات شیمیایی آب نارنج*

ترکیبات	درصد
رطوبت	۹۲/۰۰±۰/۰۰
ماده جامد محلول	۸/۰۰±۰/۰۰
اسیدیته (براساس اسید سیتریک)	۵/۰۲±۰/۱۷
پروتئین	۱/۰۵±۰/۰۹
خاکستر	۰/۲۰±۰/۰۰

*اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشد.



شکل ۱- منحنی تغییرات غلظت آب نارنج طی تغلیظ در دماهای مختلف

جدول ۲- مقایسه پارامترهای معادله (۱) برای تغییرات غلظت (Bx) آب نارنج در طی فرآیند تغلیظ در دماهای مختلف*

دمای تغلیظ ($^{\circ}C$)	$B_0 \pm SD$	$B_1 \pm SD$	$K \pm SD$	R^2
۵۰	8 ± 0.000	$0.727^C \pm 0.065$	$0.297^C \pm 0.010$	۰/۹۶۷
۶۰	8 ± 0.000	$0.794^B \pm 0.182$	$0.368^B \pm 0.028$	۰/۹۸۲
۷۰	8 ± 0.000	$0.798^D \pm 0.053$	$0.428^A \pm 0.023$	۰/۹۸۲
۸۰	8 ± 0.000	$0.839^A \pm 0.161$	$0.470^A \pm 0.029$	۰/۹۹۸

* اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف بزرگ متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری (در سطح $P < 0.05$) هستند.

بررسی خواص رئولوژیکی کنسانتره آب نارنج

تغییرات تنش برشی در برابر سرعت برشی (0 تا s^{-1}) (۱۶۰) کنسانتره آب نارنج با غلظت‌های ۳۰ و $50^{\circ}Brix$ بررسی شده در گستره دمایی ۵ تا $55^{\circ}C$ در شکل (۲) نشان داده شده است. مقادیر شاخص قوام، k و شاخص رفتار جریان، n که در جدول (۳) ذکر شده است، با ضریب همبستگی، R^2 ، ۰/۹۸ تا ۱/۰۰ از این منحنی‌ها استخراج گردیده است. بررسی شاخص رفتار جریان، n ، نشان داد که کنسانتره آب نارنج رفتار

غیرنیوتنی رقیق شونده با سرعت برشی (سودوپلاستیک) ($n < 1$) از خود نشان داده است و البته در نمونه‌های با غلظت پایین که رفتار رئولوژیکی آنها در دمای بالا بررسی شد، احتمالاً به دلیل ژلاتیناسیون پکتین رفتار به نیوتنی نزدیک بود. همانطور که چین و همکاران (۲۰۰۹) در مورد کنسانتره آب پوملو گزارش کردند، با افزایش غلظت رفتار رقیق شوندگی با برش افزایش یافت، درحالی‌که افزایش دما سبب کاهش رفتار رقیق شوندگی در همه غلظت‌ها بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های مقادیر n و K بدست آمده از کنسانتره آب نارنج در دماها و غلظت‌های مختلف*

غلظت ($^{\circ}Brix$)	دما ($^{\circ}C$)	شاخص قوام، K (mPa.s)	شاخص رفتار جریان، n
۳۰	۵	$45/8^a \pm 2/54$	$0/89^{ab} \pm 0/03$
	۲۲/۵	$29/73^b \pm 2/10$	$0/85^b \pm 0/08$
	۴۰	$15/90^c \pm 0/53$	$0/90^{ab} \pm 0/01$
	۵۵	$4/02^d \pm 0/28$	$1/25^a \pm 0/37$
۵۰	۵	$1040/5^a \pm 120/73$	$0/71^d \pm 0/08$
	۲۲/۵	$433/87^b \pm 4/04$	$0/76^c \pm 0/00$
	۴۰	$145/33^c \pm 4/77$	$0/86^b \pm 0/01$
	۵۵	$37/40^c \pm 0/54$	$1/04^a \pm 0/03$

* اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار می‌باشد.

در هر سطر میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح $P < 0.05$ دارای اختلاف معنی‌دار آماری در دماهای مختلف هستند.

دقیقه به دست آمد و سپس برای نمونه های آب نارنج پیک با زمان ماند مشابه به عنوان ویتامین ث در نظر گرفته شد. پس از تزریق آب نارنج مقدار اولیه ویتامین ث قبل از تغلیظ $193/23 \text{ mg/l}$ محاسبه شد، و پس از تغلیظ در دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰ و 80°C به ترتیب به $183/66$ ، $167/47$ ، $170/98$ و $165/96 \text{ } \mu\text{g/ml}$ کاهش یافت (جدول ۴).

مطابق نتایج بدست آمده از آنالیز آماری (جدول ۴) درصد افت ویتامین ث موجود در آب نارنج بازسازی شده از کنسانتره آب نارنج تغلیظ شده در دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰ و 80°C به ترتیب برابر $4/95$ ، $13/33$ ، $11/51$ و $14/11$ بود. در نتیجه دمای تغلیظ اثر معنی داری بر کاهش ویتامین ث داشت. به طوریکه با افزایش دما میزان ویتامین ث کاهش یافت. این روند با نتایجی که بردرلو و همکاران (۲۰۰۶) و الزوبیدی و خلیل (۲۰۰۷) در مورد سایر مرکبات گزارش کرده بودند مطابقت دارد. مقایسه میزان ویتامین ث آب نارنج تازه و کنسانتره آب نارنج تولید شده در دماهای ۵۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که فرآیند تغلیظ در دماهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش معنی‌دار میزان ویتامین ث نسبت به آب نارنج تازه شده است.

تغییرات رنگ

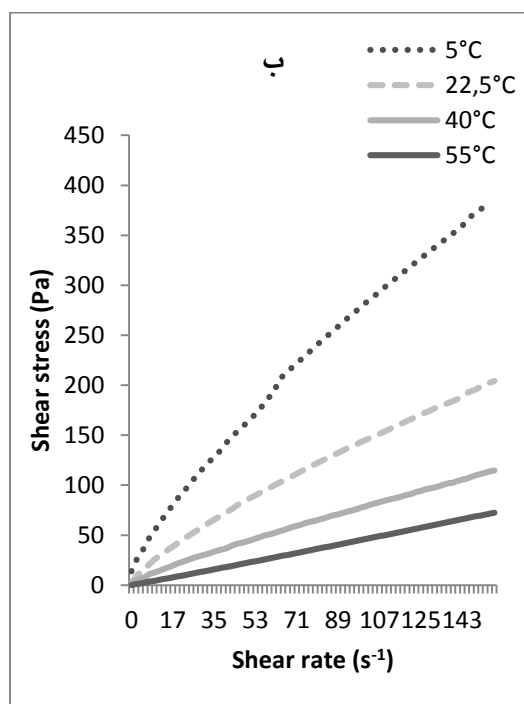
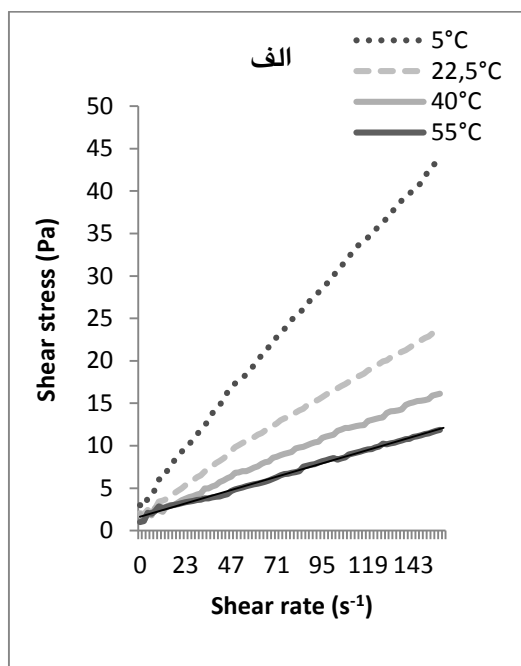
تأثیر دمای تغلیظ (۵۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد) و غلظت (۲۰-۶۰٪) بر پارامتر L رنگ‌سنجی (روشنایی) کنسانتره آب نارنج در شکل (۳) نشان داده شده است. داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار Design Expert 6.0.2 بدست آمد و بهترین مدل برای تبیین ارتباط بین غلظت و دمای تغلیظ بر روشنایی کنسانتره آب نارنج در رابطه (۱) نشان داده شده است.

بررسی‌ها نشان داد که در هر دمایی افزایش غلظت سبب افزایش شاخص قوام، K می‌شود. علاوه بر این هنگام بررسی رفتار رئولوژیکی نمونه‌های با غلظت یکسان، با افزایش دما، افت شاخص قوام قابل مشاهده است. در هر دمایی با افزایش غلظت کنسانتره آب نارنج، شاخص رفتار جریان، n کاهش می‌یابد. همچنین با بررسی شاخص قوام نمونه‌های با غلظت یکسان در دماهای مختلف این نتیجه حاصل شد که کاهش دما از ۵۵ به ۵ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش شاخص رفتار جریان و به عبارتی بروز رفتار رقیق‌شوندگی می‌شود. این پدیده افزایش ویسکوزیته همزمان با افزایش محتوی ماده جامد محلول و کاهش ویسکوزیته منطبق با افزایش دما، توسط مطالعات ایبارز و همکاران (۱۹۹۴) بر روی آب پرتقال، هوبانی (۱۹۹۸) بر روی کنسانتره آب خرما، کابرال و همکاران (۲۰۰۷) بر روی کنسانتره آب بلک‌بری و داک و همکاران (۲۰۰۷) بر روی کنسانتره آب انبه نیز تأیید شد. نتایج حاصل از مطالعات چین و همکاران در سال ۲۰۰۹، نیز رفتار غیرنیوتنی رقیق‌شونده با برش کنسانتره آب پوملو را نشان داد. نتیجه بررسی‌ها حاکی از این مطلب بود که دما و غلظت تأثیر مهمی بر شاخص قوام و ضریب رفتار جریان داشته است؛ بطوریکه ویسکوزیته با افزایش دما، کاهش و با افزایش مواد جامد محلول، افزایش نشان داد.

اثر دمای تغلیظ بر تخریب ویتامین ث

به منظور ارزیابی میزان ویتامین ث مخلوطی از ویتامین ث استاندارد و متافسفریک اسید بعنوان استاندارد تهیه و به دستگاه HPLC تزریق شد. جهت ممانعت از اکسیداسیون خودبخودی ویتامین ث از متافسفریک اسید استفاده شد. پیک ویتامین ث با زمان ماند $3/7$

$$L \text{ value} = +11.071 + 2.138 \times T_e - 1.157 \times C + 0.016 \times T_e^2 + 0.009 \times C^2 + 0.003 \times T_e \times C \quad \text{رابطه (۱)}$$

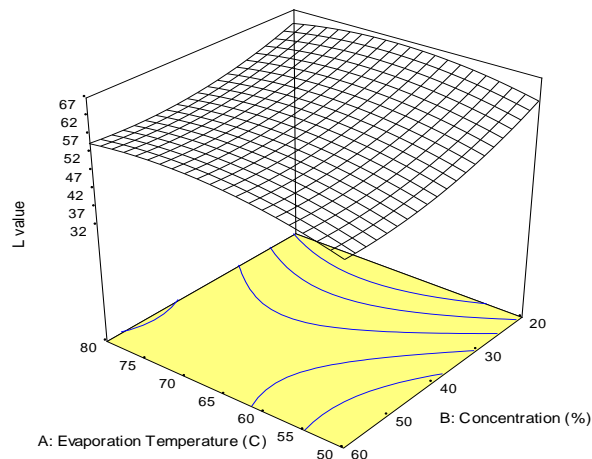


شکل ۲- منحنی‌های تنش برشی در برابر سرعت برشی کنسانتره آب نارنج در دماهای مختلف با غلظت‌های ۳۰ (الف)، ۵۰ (ب)

جدول ۴- تغییرات ویتامین ث (mg/l) موجود در آب نارنج بازسازی شده از کنسانتره آب نارنج تغلیظ شده در دماهای مختلف در مقایسه با آب نارنج تازه*

۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	شاهد	دمای تغلیظ (°C)
۱۶۵/۹۶ ^c	۱۷۰/۹۸ ^{bc}	۱۶۷/۴۷ ^c	۱۸۳/۶۶ ^{ab}	۱۹۳/۲۳ ^a	ویتامین ث (ppm)
±۰/۶۵	±۵/۶۷	±۷/۴۷	±۱۱/۰۵	±۱۱/۷۹	
۲۷/۲۷ ^a	۲۲/۲۵ ^c	۲۵/۷۶ ^b	۹/۵۷ ^d		میزان افت (ppm)
±۱۱/۱۴	±۶/۱۲	±۴/۳۲	±۰/۷۴		
۱۴/۱۱ ^a	۱۱/۵۱ ^c	۱۳/۳۳ ^b	۴/۹۵ ^d		درصد افت

اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می باشد. حروف متفاوت در هر سطر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ است.



شکل ۳- نمودارهای سطح پاسخ بدست آمده از نرم افزار Design Expert
تأثیر دمای تغلیظ و غلظت بر پارامتر L (روشنایی) نمونه‌های کنسانتره آب نارنج

بهترین دمای تغلیظ که سبب تولید روشن‌ترین نمونه می‌شود، حدود ۷۰°C تخمین زده شد. نتایج حاصل از مطالعات ریم و همکاران (۱۹۸۹a و ۱۹۸۹b) در مورد رنگ آب انگور، راتانائالرک و همکاران (۲۰۰۵) هنگام بررسی رنگ آب آناناس و چاتینتراسری و نومهورن (۲۰۰۷) بر روی تغییرات رنگ پوره آناناس مؤید این مطلب بود که حرارت سبب کاهش روشنایی نمونه‌ها می‌شود. نتایج حاصل از تحقیقات جسوس و همکاران (۲۰۰۷) در مورد تغلیظ آب پرتقال با استفاده از روش اسمز معکوس نیز بیانگر این مطلب بود که به دلیل خروج آب از آب‌میوه، روشنایی آب‌میوه کاهش می‌یابد.

در این رابطه T_e دمای تغلیظ برحسب درجه سانتی‌گراد و C غلظت کنسانتره برحسب (%) و ضریب رگرسیون برابر ۰/۸۷۵ می‌باشد. نتایج نشان داد که پارامتر L در کنسانتره آب نارنج به‌طور معنی‌داری در سطح آماری ($P < ۰/۰۵$) متأثر از دما و زمان تغلیظ می‌باشد. همانطور که در شکل (۳) نشان داده شده است، در تمامی دماها، افزایش غلظت سبب کاهش پارامتر L و به عبارتی منجر به تیره شدن کنسانتره آب نارنج می‌شود. در نمونه‌های با غلظت یکسان با افزایش دمای تغلیظ از ۵۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد، پارامتر L ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد و با توجه به شکل (۳) و رابطه (۱)

ارزیابی حسی

شربت‌های نارنج تهیه شده از کنسانتره‌های آب نارنج تهیه شده در دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰°C و نیز شربت نارنج تهیه شده از آب نارنج تازه توسط گروه ارزیابی آموزش‌دیده مورد ارزیابی قرار گرفتند. گروه ارزیابی اختلاف معنی‌داری در سطح (P < ۰/۰۵) از نظر پذیرش کلی بین نمونه‌ها گزارش نکردند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که خواص رئولوژیکی کنسانتره آب نارنج بسیار وابسته به غلظت کنسانتره و دما می‌باشد. بطوریکه با افزایش غلظت ویسکوزیته نمونه‌ها افزایش یافته و نمونه‌ها رفتار رقیق‌شونده با برش از خود نشان می‌دهد و بر عکس در اثر افزایش

دما ویسکوزیته کاهش و شاخص رفتار جریان افزایش می‌یابد. این یافته‌ها برای طراحی مراحل فرآوری شامل پمپ‌کردن، همزدن، انتقال به وسیله خطوط لوله، تغلیظ و سایر مراحل حائز اهمیت می‌باشد. میزان ویتامین ث موجود در آب نارنج در اثر تغلیظ کاهش پیدا کرد. رنگ فرآورده نیز متأثر از غلظت و دمای تغلیظ محصول می‌باشد. در بررسی رنگ کنسانتره آب نارنج، کنسانتره تهیه شده در دمای ۷۰°C در مقایسه با سایر دماها تغییرات رنگ کمتری را نشان داد. از آنجایی که یکی از موارد کاربرد آب نارنج تهیه شربت نارنج می‌باشد، ارزیابی کیفی شربت نارنج تهیه شده از کنسانتره آب نارنج در کنار شربت تهیه شده از آب نارنج تازه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

منابع مورد استفاده

- Afshari Joibari H and Farahnaky A, 2011. Evaluation of photoshop software potential for food colorimetry. *Journal of Food Engineering* 106:170-175.
- Al-Zubaidy MMI and Khalil RA, 2007. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. *Food Chemistry* 101: 254- 259.
- Amiri S and Niakousari M, 2007. Shelf life of unpasteurized sour orange juice in Iran. *J Fruits* 63: 1- 13.
- Bourne M, 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Second edition, Elsevier Science and Technology Books, USA.
- Burdurlu HS Koca N and Karadeniz F, 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering* 74: 211-216.
- Cabral RAF, Orrego-Alzate CE, Gabas AL and Telis-Romero J, 2007. Rheological and thermophysical properties of blackberry juice. *Food Technology* 27:589-595.
- Chin NL, Chan SM, Yusof YA, Chuah TG and Talib RA. 2009. Modeling of rheological behavior of pummelo juice concentrates using master-curve. *Food Engineering* 93:134- 140.
- Chutintrasri B and Noomhorm A, 2007. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *LWT* 40:300-306.
- Cortes C, Esteve MJ and Frigola A, 2008. Color of orange juice treated by High Intensity Pulsed Electric Fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control* 19:151-158.
- Cortes C, Esteve JM, Frigola A and Torregrosa F, 2005. Change in carotenoids including geometrical isomers and ascorbic acid content in orange-carrot juice during frozen storage. *European Food Research Technology* 221:125-131.
- Dak M, Verma RC and Jaaffray SNA, 2007. Effect of temperature and concentration on the rheological properties of "Kesar" mango juice. *J Journal of Food Engineering* 80:1011-1015.
- Farahnaky A and Hill SE, 2007. The effect of salt, water and temperature on wheat dough rheology. *J Texture Studies* 38:499-510.
- Hobani AI, 1998. Rheological behaviour of date-water concentrates. *Journal of Food Engineering* 36: 349-357.

- Hongvaleerat C, Cabral L, Dornier M, Reynes M and Ningsanond S, 2008. Concentration of pineapple juice by osmotic evaporation. *Journal of Food Engineering* 88:548–552.
- Ibarz A, Gonzalez C and Esplugas S, 1994. Rheology of clarified fruit juices. *J Food Engineering* 17:320-323.
- Jesus DF, Leite MF, Silva LFM, Modesta RD, Matta VM and Cabral LMC, 2007. Orange (*Citrus sinensis*) juice concentration by reverse osmosis. *Journal of Food Engineering* 81: 287–291.
- Lee HS and Coates GA, 1999. Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurised, polyethylene-bottled orange juice: a storage study. *Food Chemistry* 65:165–168.
- Maskan M, 2006. Production of pomegranate (*Punica granatum*L.) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics. *Journal of Food Engineering* 72:218–224.
- Rattanathanalerk M, Chiewchan N and Srichumpoung W, 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering* 66:259–265.
- Rhim JW, Nunes RV, Jones VA and Swartzel KR, 1989a. Determination of kinetic parameters using linearly increasing temperature. *Journal of Food Science* 54:446–450.
- Rhim JW, Nunes RV, Jones VA and Swartzel KR, 1989b. Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperature. *Journal of Food Science* 54:776-777.
- Tiwari BK, O' Donnell CP, Muthukumarappan K and Cullen PJ, 2009. Ascorbic acid degradation kinetics of sonicated orange juice during storage and comparison with thermally pasteurised juice, *LWT - Food Science and Technology* 42:700–704.
- Vandresen S, Quadri MGN, Souza JAR and Hotza D, 2009. Temperature effect on the rheological behavior of carrot juices. *Journal of Food Engineering* 92:269-274.
- Watts BM, Ylimaki GL, Jeffery LE and Elias LG, 1989. *Basic Sensory Methods for Food Evaluation*. The International Development Research Center, Ottawa Canada.

Evaluation of processing condition on physicochemical properties and flow behavior of sour orange juice concentrate

M Nasiri^{1*}, A Farahnaky², M Niakousari², M Majzooobi² and Gh Masbahi³

Received: January 26, 2013 Accepted: December 25, 2013

¹Graduated MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz, Iran

²Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz, Iran

³Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz, Iran

*Corresponding author: Email:m.nasiri86@gmail.com

Abstract

In this research, sour orange juice concentrate was produced using a vacuum evaporator at pressure of 55 mm Hg and evaporation temperatures of 50- 80 °C. Rheological properties of the sour orange concentrates were evaluated under different conditions of total soluble solid (30-50 °B) and temperature (5-55 °C) at shear rate range of 0-160 s⁻¹. Viscosity of sour orange concentrates decreased with shear rate and a non-Newtonian behavior was observed. Consistency index decreased with temperature and increased with total soluble solid. Moreover, vitamin C content of the samples before and after evaporation at 50 or 80 C was determined using HPLC. The results indicated that with increasing evaporation temperature the vitamin C loss increased (P<0.05). The lightness of the concentrates was evaluated as a function of evaporation temperature and final concentration. The results showed that the lightness of sour orange concentrate was affected by temperature and time of concentration (P<0.05). However, the sour orange drink prepared from the samples concentrate at 70°C and fresh sour orange was evaluated to be better in the case of flavor and taste, sensory evaluation of the sour orange drinks prepared from the concentrate or fresh sour orange juice did not show any significant differences.

Keyword: Sour orange juice, Concentrate, Physicochemical properties, Rheology, Vitamin C