بررسی تأثیر هموژنیزاسیون بر خواص رئولوژیکی و پایداری نکتار هلو

آرش بنیسی[a]، اسماعیل قنبری شندی[*b]، حامد باقری درویش محمد[c]

[a] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران
[b] استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و دامپزشکی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران
[c] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۲/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۷/۳
DOI: 10.30495/JFTN.2021.19172 https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1400.19.1.1.8

چکیده

مقدمه: امروزه استفاده از محصولات غذایی طبیعی عاری از افزودنی‌ها تبدیل به یک مسئله اساسی و خواست عمومی برای مصرف‌کنندگان شده است. از طرفی ویژگی‌های رئولوژیکی و ویسکوزیته محصولات نوشیدنی، یکی از ویژگی‌های بسیار تأثیرگذار بر مطلوبیت این محصولات می‌باشد. از این رو یافتن راه‌حلی برای بهبود این ویژگی آبمیوه جات، ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تأثیر هموژنیزاسیون با دورهای ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و زمان‌های ۵ و ۱۰ دقیقه بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی نکتار هلو مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: هموژنیزاسیون موجب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در سطح ۵ درصد گردید. به‌طوری‌که از ۱۰/۶ میلی پاسکال ثانیه در نمونه شاهد به ۱۶/۷۶ میلی پاسکال ثانیه در نمونه هموژن شده در دور ۱۰۰۰۰ و زمان ۵ دقیقه رسید. از طرفی دیگر هموژنیزاسیون باعث بهبود ویژگی‌های رنگی و ته‌نشینی نکتار هلو در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علاوه بر این هموژنیزاسیون باعث افزایش pH، بریکس، اندیس فرمالین، کدورت به‌طور معنی‌داری شد. درحالی‌که اسیدیته به‌صورت غیر معنی‌داری افزایش یافت. همچنین اندازه ذرات تحت تأثیر هموژن کردن نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان عنوان کرد که اعمال هموژنیزاسیون موجب بهبود ویسکوزیته و پایداری تیمارها می‌گردد و درنتیجه می‌توان از فرایند هموژنیزاسیون به‌عنوان جانشینی برای مواد افزودنی ویسکوز کننده استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: *بریکس، خواص رئولوژیکی، کدورت، نکتار هلو، هموژنیزاسیون*

[*] نویسنده مسئول مکاتبات email: esmaeilghanbari249@hotmail.com

مقدمه

بیش از ۴۷ هزار هکتار از باغ‌های کشور زیر کشت هلو قرار دارد. سالانه حدود ۷۰۶ هزار تن هلو در کشورمان تولید می‌گردد (Khabbaz, 2017). میوه هلو از ترکیبات فنلی و کارتنوئیدی سرشار می‌باشد که این ترکیبات اثرات بسزایی بر سلامتی انسان دارند. نکتار میوه‌جات محصول غیر تخمیری حاصل از افزودن آب و شکر به آب‌میوه، کنسانتره آب‌میوه، پوره میوه می‌باشد (Sharayee, 2016). آبمیوه، نکتار و نوشیدنی‌های تهیه‌شده از هلو، جزو محبوب‌ترین آب‌میوه‌ها می‌باشند. این آب‌میوه ازنظر تغذیه‌ای نیز به علت دارا بودن ویتامین‌های مختلف ازجمله A و C و همچنین یون پتاسیم از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Yusefi *et al.*, 2015).

یکی از مشکلات اصلی در رابطه با تولید آب‌میوه و نکتارهای میوه، ناپایداری و ته‌نشینی این محصولات بعد از بسته‌بندی می‌باشد. برای حل این مشکل از افزودنی‌های مختلفی مانند صمغ‌ها و کربوهیدرات‌های بلند زنجیر و برخی نمک‌ها استفاده می‌شود؛ اما در سال‌های اخیر با افزایش گرایش مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات عاری از افزودنی و کاملاً طبیعی و برچسب پاک[1]، لزوم یافتن روش‌های جدید برای جلوگیری از ته‌نشینی و ناپایداری آب‌میوه‌ها با ویژگی‌های حسی مطلوب احساس می‌گردد. ازجمله فناوری‌هایی که می‌توان به این منظور به کار برد، هموژنیزاسیون می‌باشد. با توجه به اینکه این تکنیک باعث کاهش اندازه ذرات و افزایش انحلال‌پذیری آن‌ها می‌گردد، انتظار می‌رود، اعمال هموژنیزاسیون باعث افزایش ویسکوزیته[2] و پایداری محصول و همچنین بهبود خواص حسی از جمله احساس دهانی گردد.

در مطالعه‌ای که توسط Augusto و همکاران (۲۰۱۳) انجام‌شده است. تأثیر هموژنیزاسیون با فشار بالا (بالای ۱۵۰ مگا پاسکال) بر روی آب گوجه‌فرنگی بررسی‌شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده طی این تحقیق فرآیند هموژنیزاسیون با فشار بالا موجب افزایش ویسکوزیته و خواص الاستیک آب گوجه شده است که می‌تواند درنتیجه تخریب و شکستن ذرات پراکنده موجود در نمونه‌ها در اثر فرآیند ذکرشده باشد (Augusto *et al.*, 2013).

در مطالعه‌ای دیگر، تأثیر هموژنیزاسیون با فشار بالا بر روی ویژگی‌های فیزیکی و ترکیبات زیست فعال نکتار میوه رز بررسی‌شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه اندازه متوسط ذرات با افزایش فشار هموژنیزاسیون به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش یافت. عکس‌های ریزساختاری نشان می‌دهد که فرآیند هموژنیزاسیون با فشار بالا سبب تخریب سلول‌ها شده است و مواد درون سلول‌ها به درون سرم آب‌میوه آزادشده است. هم‌چنین نمونه‌های تیمار شده طی نگهداری به مدت ۱۵ روز هیچ‌گونه ته‌نشینی نداشته‌اند (Sarcaoglu *et al.*, 2019).

در مطالعه‌ای که توسط Betoret و همکاران (۲۰۰۹) انجام‌شده است، تأثیر هموژنیزاسیون با فشار ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ مگا پاسکال بر روی فاکتورهای توزیع اندازه ذرات، رنگ و حالت ابری آب مرکبات تازه بررسی‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که هموژنیزاسیون توزیع اندازه ذرات و رنگ آب مرکبات را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Betoret *et al.*, 2009). در تحقیقی دیگر، تأثیر فرآیند هموژنیزاسیون را بر روی مرکبات بررسی شده است. در این مطالعه بیان شده است که به‌وسیله هموژنیزاسیون، اندازه ذرات پراکنده کاهش می‌یابد و درنتیجه آن حالت ابری و شدت رنگ افزایش می‌یابد. بر طبق نتایج این مطالعه هموژنیزاسیون با فشار ۲۰ مگا پاسکال، آب‌پرتقالی با پالپ پایین و رنگ مناسب تولید می‌کند. بر طبق نتایج، این محققین گزارش کرده‌اند که اعمال هموژنیزاسیون با فشار بالا سبب بهبود حالت ابری در آب‌میوه کل و آب‌میوه با پالپ پایین می‌شود (Sentandreu *et al.*, 2011).

در مطالعه‌ای اثر هموژنیزاسیون با فشار بالا را بر روی pH، مواد جامد محلول، رنگ، توزیع اندازه ذرات، ریزساختار، پتانسیل زتا، پکتین محلول، ویسکوزیته ظاهری و ویژگی‌های رئولوژیکی دینامیکی آب انبه بررسی شده است. نتایج آنالیز توزیع اندازه ذرات نشان می‌دهد که پیک حجم ذرات در اثر هموژنیزاسیون با فشار بالا از ۱۳۸ تا ۶ میلی‌متر کاهش‌یافته است. بر طبق این نتایج کاهش قطر ذرات معنی‌دار بوده است که بیانگر اثر تخریبی این فرآیند بر روی ذرات آب‌میوه می‌باشد. هم‌چنین طبق نتایج این محققین، هموژنیزاسیون با فشار بالا مقدار پکتین محلول را تغییر داده؛ به‌طوری‌که با افزایش دمای ورودی و مراحل

[1] Clean Label
[2] Viscosity

هموژنیزه کردن، میزان و مقدار پکتین محلول افزایش‌یافته است درحالی‌که تغییری در مورد پتانسیل زتا مشاهده نشده است. ویسکوزیته ظاهری نیز به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) تحت تاثیر فرایند افزایش یافته است (Zhou *et al.*, 2017).

طبق بررسی منابع صورت گرفته تا کنون مطالعه‌ای در مورد تاثیر فرایند هموژنیزاسیون بر روی خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و اندازه ذرات نکتار هلو صورت نگرفته است، که در این مطالعه به بررسی این فاکتورها پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

برای تهیه نمونه‌های نکتار هلو از پوره هلو شرکت تکدانه استفاده شد. همچنین مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش شامل سود ۰/۱ نرمال، بافر ۴ و ۷ و فرمالین ساخت شرکت مرک آلمان بودند.

- آماده‌سازی نمونه‌ها

ابتدا ۱۱۰ گرم پوره هلو با ۹۳ گرم شکر مخلوط و با آب مقطر به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد، سپس نمونه با همزن الکتریکی با دور ۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه به‌خوبی همگن شد. درنهایت نمونه‌ها توسط هموژنایزر در میزان دورها و زمان‌های معین هموژن گردید.

- اندازه گیری pH و اسیدیته

pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر در ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد.

به‌منظور اندازه‌گیری اسیدیته از روش پتانسیومتری مطابق با روش ارائه‌شده در استاندارد ملی شماره ۲۶۸۵ استفاده شد. به‌منظور محاسبه اسیدیته برحسب اسیدسیتریک از فرمول زیر استفاده شد.

$$\text{اسیدیته} = \frac{V \times 0.0064 \times 100}{m}$$

V: حجم مصرفی هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال برحسب میلی‌لیتر

m: وزن نمونه برحسب گرم

- اندازه‌گیری بریکس

بریکس نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (ATAGO، ساخت ژاپن) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، طبق استاندارد ملی شماره ۲۶۸۵ خوانده شد و نتایج برحسب گرم در صد گرم نمونه بیان شد.

- اندازه‌گیری اندیس فرمالین

برای این آزمون نیز از روش استاندارد ملی شماره ۲۶۸۵ استفاده شد. به‌منظور محاسبه اندیس فرمالین از فرمول زیر استفاده شد.

$$\text{میزان اندیس فرمالین} = \frac{V \times N \times 10 \times 100}{V0}$$

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی نکتار هلو تهیه شده (میانگین سه تکرار)

Table 1- Physicochemical properties of prepared peach nectar (average of three repeat)

Parameter	Value
pH	4.11
Acidity (gr/100 ml)	0.121
Brix	12
Reducing sugar (gr/100 ml)	4.4
Sucrose (gr/100 ml)	7.1

جدول ۲- کدهای استفاده شده برای تیمارها

Table 2- Codes used for treatments

Sample	Sample code
Control	1
5000 rounds and 5 minutes time	2
5000 rounds and 10 minutes time	3
5000 rounds and 5 minutes time	4
10000 rounds and 10 minutes time	5

V: حجم مصرفی هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال برحسب میلی‌لیتر

N: نرمالیته هیدروکسید سدیم مصرفی برای خنثی کردن مخلوط آزمونه و فرمالدئید

V0: حجم نمونه مورد آزمون برحسب میلی‌لیتر

- تعیین اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات در دستگاه آنالیز کننده اندازه ذرات (Shimadzu SALD 2110 ساخت ژاپن) بر اساس تفرق نور لیزر اندازه‌گیری شد (Zhou *et al.*, 2009).

- ویسکوزیته ظاهری و رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها

مقدار ویسکوزیته ظاهری و رفتار رئولوژیکی محصول حاصل با استفاده از دستگاه رئومتر (Rheometer Anton Paar,Austria) در سرعت‌های برشی صفرتا ۱۰۰ بر ثانیه در دمای ۲۰ درجه سلسیوس بررسی شد (Saricaoglu *et al.*, 2019).

- تست سدیمانتاسیون

برای این آزمون هر یک از نمونه‌ها به‌صورت هم‌زمان به استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شدند و میزان فاز پایینی آبمیوه‌ها برحسب میلی‌لیتر در روزهای دوم، ششم و دهم گزارش شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق از طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور، در سه سطح و با سه تکرار استفاده شد. فاکتور اول میزان دور هموژنایزر در ۳ سطح صفر، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و فاکتور دوم زمان هموژنیزاسیون در ۳ سطح صفر، ۵ و ۱۰ دقیقه بود. آنالیز واریانس (One way-ANOVA) داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 25.0 انجام گردید. مقایسه میانگین تیمارها با به‌کارگیری روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها

- pH

طبق نتایج ارائه‌شده در جدول ۳، مشاهده می‌شود که اعمال هموژنیزاسیون باعث افزایش معنی‌دار میزان pH نمونه‌ها شده است (P<۰/۰۵). طبق نتایج با افزایش زمان اعمال هموژنیزاسیون میزان pH نیز افزایش‌یافته است؛ و بیشترین میزان pH مربوط به تیمار ۵ بوده است که ۴/۱۸ می‌باشد و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد با میزان ۴/۱۱ می‌باشد.

- اسیدیته

نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه تیمارهای اعمال‌شده بر روی نکتار هلو شامل سرعت و زمان هموژنیزاسیون بر روی اسیدیته نمونه‌های نکتار هلو در جدول ۳ ارائه‌شده است. طبق نتایج به دست آمده، اعمال فرآیند هموژنیزاسیون باعث افزایش غیر معنی‌دار اسیدیته تیمارها نسبت به تیمار شاهد شده است.

- بریکس

در جدول ۳ نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه تیمارهای اعمال‌شده بر روی نکتار هلو شامل سرعت و زمان هموژنیزاسیون بر روی بریکس نمونه‌های نکتار هلو آورده شده است. با توجه به نتایج روند افزایش بریکس

جدول ۳- تاثیر هموژنیزاسیون بر روی pH، اسیدیته، بریکس، اندیس فرمالین، اندازه ذرات و ویسکوزیته ظاهری نکتار هلو

Table 3 - Effect of homogenization on the pH, acidity, brix, formalin index, particle size and apparent viscosity of peach nectar

	1	2	3	4	5
pH	4.11±0.01^{a}	4.14±0.01^{b}	4.156±0.005^{c}	4.176±0.050^{d}	4.18±0.01^{d}
Acidity	0.121±0.005^{a}	0.121±0.005^{a}	0.122±0.001^{ab}	0.122±0.000^{ab}	0.122±0.000^{ab}
Brix	12.00±0.00^{a}	12.00±0.00^{a}	12.03±0.05^{ab}	12.03±0.05^{ab}	12.10±0.00^{b}
Formalin Index	4.53±0.11^{a}	4.80±0.00^{b}	4.80±0.00^{b}	4.73±0.11^{b}	4.80±0.00^{b}
Particle size	3.452±0.012^{d}	3.161±0.003^{c}	2.956±0.005^{a}	3.577±0.013^{e}	3.008±0.012^{b}
Apparent Viscosity	10.60±0.10^{a}	15.66±0.11^{b}	16.73±0.05^{d}	16.76±0.05^{d}	16.46±0.05^{c}

* Different letters indicate a significant difference between treatments (p<0.05)

* حروف کوچک متفاوت در هر سطر نشاندهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۹۵ ٪ می‌باشد.

نمونه‌ها با افزایش قدرت و زمان فرآیند هموژنیزاسیون مشهود است، اما از بین نمونه‌ها تنها نمونه هموژن شده در دور ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه، به‌طور معنی‌داری بریکس بیشتری نسبت به نمونه شاهد و سایر تیمارها داشته است.

- اندیس فرمالین

جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه تأثیر تیمارهای اعمال‌شده بر روی میزان عدد فرمالین نکتارهای هلو را نشان می‌دهد. همان‌گونه مشاهده می‌شود، اعمال تیمار هموژنیزاسیون به‌طور معنی‌داری باعث افزایش میزان عدد فرمالین شده است. به‌طوری‌که میزان عدد فرمالین برای نمونه شاهد ۴/۵ میلی‌گرم بر صد میلی‌لیتر و برای تیمار ۴، ۴/۷۳ میلی‌گرم بر صد میلی‌لیتر و در مورد سایر تیمارها ۴/۸ میلی‌گرم بر صد میلی‌لیتر بوده است.

- توزیع اندازه ذرات

جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه داده‌های توزیع اندازه ذرات تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. طبق نتایج توزیع اندازه ذرات نمونه به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) با یکدیگر متفاوت است. بیشترین اندازه ذرات مربوط به تیمار ۴ با میزان ۳/۵۷۷ واحد می‌باشد و کمترین میزان با ۲/۹۵۶ واحد مربوط به تیمار ۳ می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان گفت که اعمال هموژنیزاسیون با صرف‌نظر کردن از تیمار ۴، موجب کاهش اندازه ذرات نمونه‌ها گشته است.

- ویسکوزیته

با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۳، تیمارهای اعمال‌شده بر روی نکتار هلو شامل سرعت و زمان هم زدن آن به‌وسیله هموژنایزر بر روی ویسکوزیته اثری معنی‌داری داشته‌اند ($P<۰/۰۵$). به‌طوری‌که ویسکوزیته از ۱۰/۶ در نمونه شاهد به ۱۵/۶ میلی پاسکال ثانیه در تیمار شماره ۲ رسیده است که نشان‌دهنده اثر معنی‌دار هموژنیزاسیون نکتار هلو بر روی ویسکوزیته آن می‌باشد. چنان چه در شکل ۱ نیز دیده می‌شود و بیشترین ویسکوزیته زمانی حاصل‌شده است که سرعت ۵۰۰۰ و زمان ۱۰ دقیقه و یا سرعت ۱۰۰۰۰ و زمان ۵ دقیقه بوده است. حال‌آنکه با افزایش زمان و سرعت بر ۱۰۰۰۰ و ۱۰ دقیقه، ویسکوزیته روند کاهشی پیداکرده است.

- تغییرات دو فاز شدن

جدول ۴ نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه داده‌های مربوط به دو فاز شدن تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. در این آزمون، میزان فاز پایینی که مربوط به فاز ته‌نشین شده است ازلحاظ آماری مقایسه شده است و هرچه میزان این عدد بیشتر باشد آن تیمار مقبولیت بیشتری دارد. در جدول ۴ مشاهده می‌شود اعمال تیمارها موجب تغییر معنی‌داری در سطح ۵ درصد در میزان فاز پایینی نمونه‌ها شده است. به‌طوری‌که ازنظر میزان فاز پاییینی، نمونه شاهد کمترین میزان مقبولیت به مقدار ۶۰/۳۳ ml داشت و تیمار ۳ با میزان ۸۱/۳۳ ml بیشترین مقبولیت را بین نمونه‌ها داشته است.

بحث

- pH

همان‌گونه که بیان شد اعمال فرآیند هموژنیزاسیون موجب افزایش pH نمونه‌ها شده است، به‌طوری‌که pH از ۴/۱۱ برای نمونه شاهد به ۴/۱۸ در نمونه ۵ (۱۰۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه) افزایش‌یافته است. این نتایج با گزارشات Suárez-Jacobo و همکاران (۲۰۱۰) Saricaoglu و همکاران (۲۰۱۹)Zhou و همکاران (۲۰۱۷) که تأثیر هموژنیزاسیون با فشار بالا را بر روی خواص آب سیب و آب انبه بررسی کرده‌اند، همخوانی دارد. این محققین گزارش کرده‌اند که اعمال هموژنیزاسیون موجب افزایش pH نمونه‌های آب سیب و آب انبه می‌گردد. محققین علت تغییرات pH درنتیجه هموژنیزاسیون را به تغییرات و شکستگی‌های دیواره‌های سلولی و درنتیجه آزاد شدن ترکیبات و مواد مختلف از بافت‌های دیواره سلولی نسبت داده‌اند (Saricaoglu *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2017; Suarez-Jacobo *et al.*, 2010).

- اسیدیته

مقدار اسیدیته قابل تیتر نکتار هلو برحسب اسیدسیتریک که اسید غالب میوه هلو می‌باشد، گزارش می‌گردد. طبق نتایج این مطالعه، با اعمال هموژنیزاسیون اسیدیته قابل تیتر نکتار هلو به‌طور غیرمعنی‌داری افزایش‌یافته است و از

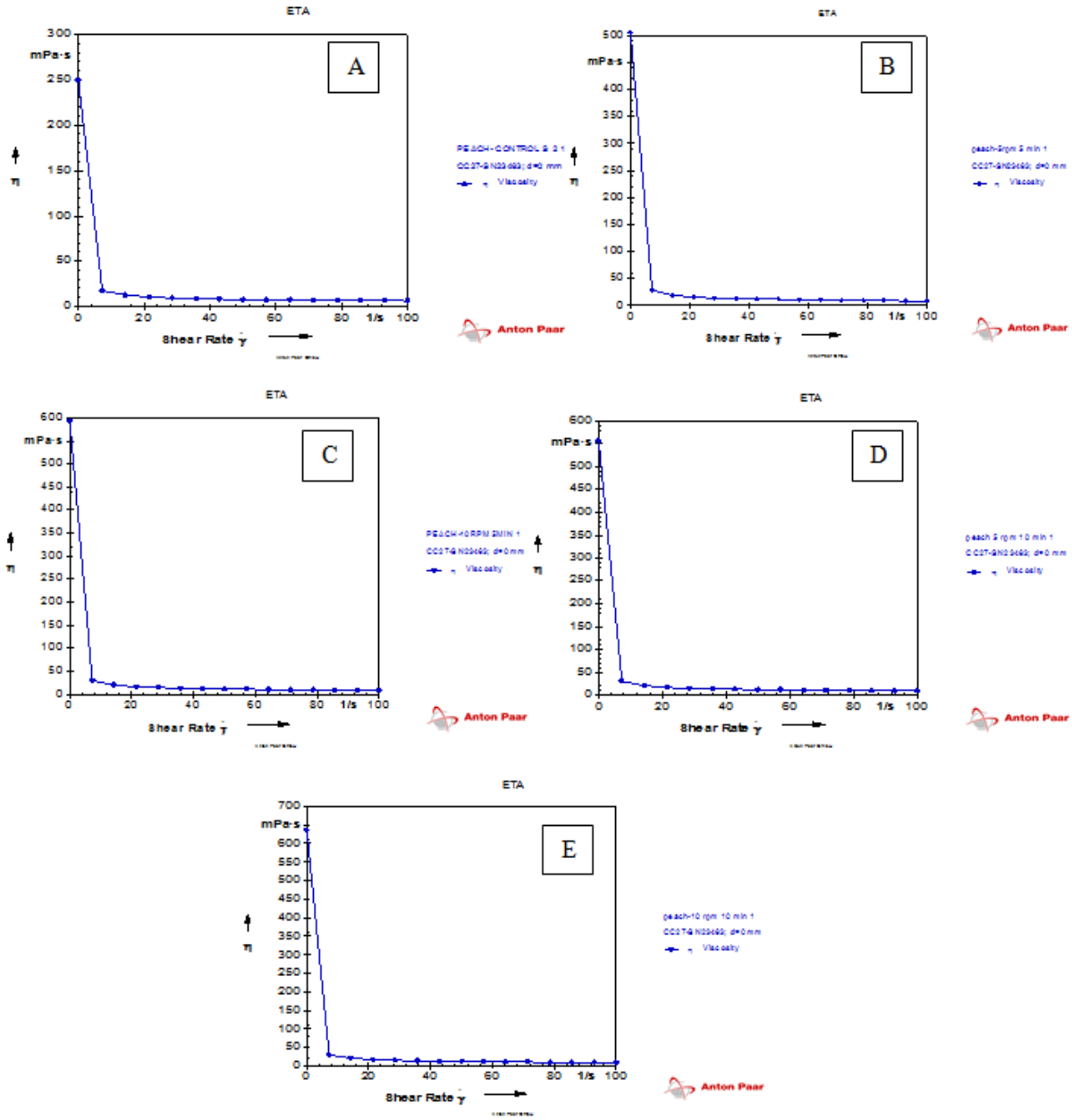

Figure 1- Apparent viscosity against shear rate A) Sample 1 B) Sample 2 C) Sample 3 D) Sample 4 E) Sample 5

شکل ۱- ویسکوزیته ظاهری نسبت به سرعت برشی A)، شاهد B)، دور ۵۰۰۰ و زمان ۵ دقیقه، C) دور ۵۰۰۰ و زمان ۱۰ دقیقه، D) دور ۱۰۰۰۰ و زمان ۵ دقیقه، E) دور ۱۰۰۰۰ و زمان ۱۰ دقیقه

جدول ۳- اثر زمان و سرعت‌های مختلف هموژنیزاسیون بر دوفاز شدن نکتار هلو (میلی لیتر)

Table 4- Effect of time and different homogenization rates on two-phase peach nectar

	Day 2	Day 6	Day 10
1	75.33±0.50^{a}	66.00±1.00^{a}	60.33±0.60^{a}
2	84.66±1.10^{b}	79.66±1.50^{c}	76.66±1.10^{c}
3	87.66±0.50^{c}	84.00±1.00^{d}	81.33±0.60^{d}
4	84.66±0.50^{b}	80.00±1.00^{c}	77.33±0.60^{c}
5	77.66±1.10^{a}	71.33±0.50^{b}	68.66±0.60^{b}

* Different letters indicate a significant difference between treatments ($p<0.05$)

* حروف کوچک متفاوت در هر سطر نشاندهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۹۵ ٪ می‌باشد.

۰/۱۲۱۳ در نمونه شاهد به ۰/۱۲۲۰ در نمونه ۵ رسیده است؛ که مشابه نتایج ارائه‌شده توسط Suárez - Jacobo و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد در مورد افزایش اسیدیته نیز می‌توان این تغییرات را به آزاد شدن ترکیبات سلولی در اثر شکستگی دیواره‌های سلولی نسبت داد (Suarez-Jacobo *et al.*, 2010).

- بریکس

طبق نتایج به‌دست‌آمده، بریکس نمونه‌ها تحت تأثیر هموژنیزاسیون به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است؛ این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تأثیر هموژنیزاسیون با فشار بالا بر روی بریکس نکتار میوه رز مطابقت دارد. طبق نتایج مطالعه مذکور تا فشار ۱۰۰ مگا پاسکال هموژنیزاسیون مقدار بریکس را به‌طور غیر معنی‌داری افزایش داده است. درحالی‌که با افزایش بیشتر فشار مقدار افزایش بریکس معنی‌دار بوده است. این محققین علت افزایش بریکس را به استرس‌های مکانیکی حاصل از تیمار هموژنیزاسیون و درنتیجه آن آزاد شدن و رها شدن ترکیبات سلولی، مرتبط دانسته‌اند (Saricaoglu *et al.*, 2019).

- اندیس فرمالین

همان‌طور که در بخش نتایج اشاره شد با اعمال تأثیر هموژنیزاسیون میزان اندیس فرمالین نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است. افزایش میزان اندیس فرمالین در اثر فرآیند هموژنیزاسیون می‌تواند درنتیجه شکستن سلول‌ها و آزاد شدن مواد درون‌سلولی که احتمالاً شامل پروتئین‌ها و ترکیبات آمینواسیدی هستند، باشد.

- تغییرات اندازه ذرات

طبق نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه اعمال هموژنیزاسیون به‌جز در مورد نمونه ۴ که با افزایش اندازه ذرات همراه بوده است، در مورد نمونه‌های دیگر باعث کاهش معنی‌دار اندازه ذرات نسبت به نمونه شاهد شده است. از طرفی اختلاف بین نمونه‌ها نیز معنی‌دار بوده است و نمونه ۳ با ۲/۹۵۶ کوچک‌ترین اندازه ذرات را داشته است. این نتایج با نتایج گزارش‌شده توسط Sentandreu و همکاران (۲۰۱۱)، Kubo و همکاران (۲۰۱۳)، Augusto و همکاران (۲۰۱۳)، Zhou و همکاران (۲۰۱۷) و Saricaoglu و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. Sentandreu و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرده‌اند که اعمال هموژنیزاسیون در آب‌پرتقال با پالپ کم، اندازه متوسط ذرات به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش‌یافته است. در مطالعه‌ی دیگری، Kubo و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کرده‌اند که همان‌طور که انتظار داشته‌اند اعمال هموژنیزاسیون به‌طور معنی‌داری اندازه میانگین ذرات را کاهش داده است. Augusto و همکاران (۲۰۱۳) نیز به این نتیجه رسیدند که با افزایش فشار هموژنیزاسیون، اندازه ذرات به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. Zhou و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کرده‌اند که اندازه ذرات نمونه‌های آب انبه با اعمال تیمار هموژنیزاسیون با فشار بالا به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته است. به‌طوری‌که با افزایش فشار، ذرات بزرگ‌تر به ذرات کوچک‌تر شکسته می‌شوند. Saricaoglu وهمکاران (۲۰۱۹) بیان کرده‌اند که اعمال هموژنیزاسیون موجب کاهش معنی‌دار اندازه میانگین ذرات در مقایسه با نمونه شاهد شده است. این محققین ذکر کرده‌اند که فرآیند هموژنیزاسیون موجب شکستن سلول‌ها و ذرات به اجزای کوچک‌تر می‌شود که به‌صورت ذرات پراکنده در آب‌میوه درمی‌آیند.

- ویسکوزیته

با توجه به نتایج ارائه‌شده در بخش نتایج، ویسکوزیته نمونه‌ها با اعمال تیمار هموژنیزاسیون به شکل معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. به‌طوری‌که ویسکوزیته نمونه شاهد ۱۰/۶ میلی پاسکال ثانیه بود، درحالی‌که بیشترین ویسکوزیته با مقدار ۱۶/۷۶ میلی پاسکال ثانیه مربوط به نمونه ۴ بوده است که این نتایج با نتایج گزارش‌شده توسط Zhou و همکاران (۲۰۱۷)، Saricaoglu و همکاران (۲۰۱۹)، Calligaris و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد.

همچنین در این مطالعه ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی ۰ تا ۱۰۰ یک بر ثانیه موردبررسی قرار گرفت. طبق شکل ۱ ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی کاهش یافت که نشان‌دهنده رفتار رقیق شونده با برش می‌باشد که این نتایج نیز با نتایج ارائه‌شده توسط

Saricaoglu و همکاران (۲۰۱۹)، Zhou و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. در مطالعه‌ای که توسط Saricaoglu و همکاران (۲۰۱۹) در مورد تأثیر هموژنیزاسیون بر روی خصوصیات نکتار رز صورت گرفته، نتایج حاصله نشان می‌دهد اعمال هموژنیزاسیون موجب افزایش ویسکوزیته ظاهری در نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد می‌شود. این محققین با اشاره به این موضوع که نمونه شاهد بزرگ‌ترین اندازه ذرات را داراست، عنوان کرده‌اند که اعمال هموژنیزاسیون موجب کاهش اندازه ذرات سوسپانسه می‌گردد و ازاین‌رو، نیروهای برهم‌کنش بین ذرات با افزایش فشار و قدرت هموژنیزاسیون افزایش می‌یابد. هم‌چنین، نیروهای مکانیکی مانند هموژنیزاسیون می‌توانند سبب آسیب و شکستگی سلولی و درنتیجه آزاد شدن مواد درون‌سلولی به درون سرم و افزایش بریکس می‌گردد و درنتیجه ویسکوزیته ظاهری افزایش می‌یابد. تغییر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی تحت تأثیر اعمال هموژنیزاسیون می‌تواند در ارتباط با محلول شدن ذرات بزرگ مانند نشاسته و پکتین باشد. کاهش اندازه ذرات نه‌تنها باعث افزایش سطح ذرّات سوسپانسه می‌گردد، بلکه باعث افزایش و قدرتمندتر شدن نیروهای بین‌ذره‌ای و بین ذرات و آب می‌گردد. افزایش نیروهای بین‌مولکولی بین آب و ذرات نیز می‌تواند منجر به پراکنده شدن توده‌های ماکرومولکولی به‌صورت یکنواخت و منفرد گردد. برهم‌کنش‌های بین سلولی درنتیجه نیروهای واندروالسی و الکتروستاتیکی حاصل از پکتین ها با بار منفی و پروتئین‌ها با بار مثبت است. تیمار هموژنیزاسیون موجب شکستن سلول‌ها و خرد شدن دیواره سلولی شده و آزاد شدن پکتین ها و پروتئین‌ها به فاز سرم می‌گردد که نتیجه آن بهبود و قوی‌تر شدن نیروهای بین‌ذره‌ای و سرم می‌باشد (Saricaoglu *et al.*, 2019).

Zhou و همکاران (۲۰۱۷) نیز تأثیر هموژنیزاسیون را بر روی خواص فیزیکوشیمیایی آب انبه بررسی کرده‌اند. طبق نتایج این مطالعه ویسکوزیته ظاهری با افزایش نرخ برشی به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته است که نشان‌دهنده ماهیت سودوپلاستیک آن می‌باشد. بااین‌وجود ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های هموژن شده بیشتر از نمونه شاهد بوده است؛ که نشان‌دهنده تغییر در ویژگی‌های رئولوژیکی آب انبه می‌باشد. این محققین نیز تغییرات در ویژگی‌های رئولوژیکی تحت تأثیر فرآیند هموژنیزاسیون را به افزایش انحلال‌پذیری کربوهیدرات‌های بزرگ مولکول مانند پکتین و نشاسته در اثر شکسته شدن آن‌ها مرتبط دانسته‌اند. از طرفی برهم‌کنش‌های بین‌ذره‌ای و اندازه ذرات نقش اساسی در ویژگی‌های رئولوژیکی دارند. کاهش اندازه ذرات منجر به افزایش سطح در دسترس برای نیروهای بین‌ذره‌ای و کاهش فاصله بین ذرات می‌شود که نتیجه آن قدرتمندتر شدن نیروهای بین‌ذره‌ای و توزیع بهتر ذرات کوچک‌تر در سرم که نهایتا نتیجه آن افزایش ویسکوزیته می‌باشد (Zhou *et al.*, 2017).

- تغییرات دو فاز شدن

اعمال تیمار هموژنیزاسیون به‌طور معنی‌داری باعث بهبود نمونه‌های نکتار هلو ازنظر میزان دو فاز شدن شده است، هرچند تفاوت بین نمونه‌های تیمار شده با هموژنیزاسیون نیز معنی‌دار بوده است و با افزایش بیشتر دور هموژنیزاسیون میزان دو فاز شدن افزایش‌یافته است و بهترین نتیجه در دور ۵۰۰۰ دور بر دقیقه و زمان ۱۰ دقیقه به‌دست‌آمده است؛ که این نتایج با نتایج ارائه‌شده توسط Kubo و همکاران (۲۰۱۳) و Saricaoglu و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

Kubo و همکاران (۲۰۱۳) ذکر کرده‌اند که سرعت ته‌نشینی ذرات کروی درنتیجه ویژگی‌های اجزاء و فاز به‌هم‌پیوسته توسط قانون استوکس قابل توجیه است. طبق قانون استوکس سرعت ته‌نشینی ذرات به‌طور مستقیم با اندازه ذرات (قطر) و اختلاف دانسیته ذرات و محیط به‌هم‌پیوسته و همچنین به‌طور معکوس با ویسکوزیته فاز به‌هم‌پیوسته در ارتباط است؛ بنابراین با توجه به کاهش اندازه ذرات در اثر هموژنیزاسیون و هم‌چنین افزایش ویسکوزیته کاهش ته‌نشینی در نمونه‌های هموژن شده را توجیه می‌کند.

از طرفی Saricaoglu و همکاران (۲۰۱۹). علاوه بر اشاره به قانون استوکس، ذکر کرده‌اند که افزایش بریکس نیز می‌تواند باعث بهبود و افزایش پایداری در نمونه‌های نکتار میوه رز گردد. چراکه با افزایش بریکس، مواد جامد محلول می‌توانند آب را در ساختار خود محبوس نگه‌دارند و ته‌نشینی ذرات را به تأخیر بیندازند (Saricaoglu *et al.*, 2019).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تأثیر هموژنیزاسیون بر روی خواص فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی نکتار هلو موردبررسی قرار گرفت. طبق نتایجی که در این مطالعه به دست آمد اعمال هموژنیزاسیون بر روی نکتار هلو به‌طور معنی‌داری، با افزایش در مقدار ویسکوزیته ظاهری همراه بود که علت اصلی آن می‌تواند ایجاد نیروهای برهم‌کنش قوی‌تر بین ذرات کوچک‌تر حاصل از هموژن کردن نکتار هلو نسبت به نمونه شاهد باشد. هم‌چنین نتایج حاصله از مطالعه و بررسی ویژگی‌های دیگر اعم از pH، اسیدیته، بریکس و اندیس فرمالین نشان داد که اعمال هموژنیزاسیون باعث افزایش این فاکتورها شده است؛ هرچند افزایش اسیدیته غیر معنی‌دار بوده است. همچنین داده‌های حاصل از اندازه ذرات، حاکی از کاهش معنی‌دار اندازه ذرات بوده است که شکستن و تخریب ذرات بزرگ‌تر درنتیجه اعمال هموژنیزاسیون را می‌رساند؛ که این امر متعاقباً باعث ایجاد تغییرات ذکرشده در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ویسکوزیته محصول می‌باشد.

منابع

Anon. (2007). Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Test methods for juices, nectars and concentrates. ISIRI no 2685. 3rd revision, Karaj: ISIRI; [in Persian].

Augusto, P. E., Ibarz, A. & Cristianini, M. (2013). Effect of high pressure homogenization (HPH) on the rheological properties of tomato juice: Creep and recovery behaviours. Food Research International, 54(1),169-176.

Betoret, E., Betoret, N., Carbonell, J. & Fito, P. (2009). Effects of pressure homogenization on particle size and the functional properties of citrus juices. Journal of Food Engineering, 92(1),18-23.

Calligaris, S., Foschia, M., Bartolomeoli, I., Maifreni, M. & Manzocco, L. (2012). Study on the applicability of high-pressure homogenization for the production of banana juices. LWT-Food Science and Technology, 45(1),117-121.

Khabbaz J. H. (2017). Identification and management of peach and nectarine leaf disease complex. Extension Journal of the Ministry of Jihad Agriculture Agricultural Education and Extension Research Organization of Iran Plant Protection Research Institute [in Persian].

Kubo, M. T. K., Augusto, P. E. & Cristianini, M. (2013). Effect of high pressure homogenization (HPH) on the physical stability of tomato juice. Food Research International, 51(1),170-179.

Sharayee, P. (2016). Technical tips in harvesting, packing and storing peach and nectarine fruits. Extension Journal of the Ministry of Jihad Agriculture Agricultural Education and Extension Research Organization of Iran Plant Protection Research Institute, 86 [in Persian].

Saricaoglu, F. T., Atalar, I., Yilmaz, V. A., Odabas, H. I. & Gul, O. (2019). Application of multi pass high pressure homogenization to improve stability, physical and bioactive properties of rosehip (Rosa canina L.) nectar. Food Chemistry, 282, 67-75.

Sentandreu, E., Carmen, G. M., Betoret, N. & Navarro, J. L. (2011). Changes in orange juice characteristics due to homogenization and centrifugation. Journal of Food Engineering, 105(2), 241-245.

Silva, D., Braga, A., Lourenço, L., Rodrigues, A. & Joele, P. M. (2017). Rheological behavior of mixed nectars of pineapple skin juice and tropical fruit pulp. International Food Research Journal, 24(4), 1713-1719.

Suárez-Jacobo, Á., Gervilla, R., Guamis, B., Roig-Sagués, A. X. & Saldo, J. (2010). Effect of UHPH on indigenous microbiota of apple juice: a preliminary study of microbial shelf-life. International Journal of Food Microbiology, 136(3), 261-267.

Yusefi, A., Shahi, F. & Sheykhluee, H. (2015). Investigation of stable shear flow behavior of Iranian peach juice: effect of concentration and temperature. Quarterly Journal of New Food Technologies, 10, 11-22 [in Persian].

Zhou, L., Guan, Y., Bi, J., Liu, X., Yi, J. & Chen, Q. (2017). Change of the rheological properties of mango juice by high pressure homogenization. LWT-Food Science and Technology, 82, 121-130.

of Innovation Food Science and Emerging Technology, 1-7.

Zhou, L., Wang, W., Hu, X., Wu, J. & Liao, X. (2009). Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juice. Journal

Evaluation of Homogenization Effect on Rheological Properties and Stability of Peach Nectar

A. Benisi [a], E. Ghanbari Shendi [b*], H. Bagheri Darvishmohammad [c]

[a] MSc Student of the Department of Food Science and Technology, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.
[b] Professor of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.
[c] MSc Student of the Department of Food Science and Technology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Received: 9 May 2021 Accepted: 25 September 2021

Abstract

Introduction: Nowadays, use of non-additive food products has become a fundamental issue and a general demand for consumers. On the other hand, the rheological properties and viscosity of beverage products are one of the important factors that impacts acceptability of these products. Hence, it is essential to find a way to solve this problem and improve the quality properties of juices.
Materials and Methods: In this study, the effect of homogenization with 5,000 and 10,000 rpm at 5 and 10 minutes was studied on the physico-chemical and rheological properties of peach nectar.
Results: Homogenization significantly increased the apparent viscosity of the samples by 5% level, therefor from 10.6 mPa in the control sample, it was 16.67 mPa in the homogenized sample at 10,000 rpm and 5 min. On the other hand, homogenization improved color characteristics and peach nectar sedimentation as compared to the control sample. In addition, homogenization increased pH, brix, formalin index, and turbidity significantly. However, acidity of the samples increased insignificantly. Besides that, the particle size decreased significantly by the homogenization procedure.
Conclusion: According to the results of this study, it might be concluded that the application of homogenization improves the viscosity and stability of treatments and therefore the homogenization process can be used as a substitute for viscous additives.

Keywords: *Brix, Homogenization, Peach Nectar, Rheological Properties, Turbidity.*

* Corresponding Author: esmaeilghanbari249@hotmail.com