

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی کنسانتره ازگیل وحشی

فخرالدین صالحی^{۱*}، مهدی کاشانی نژاد^۲

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

۲- دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۱)

چکیده

میوه ازگیل وحشی (*Mespilus germanica*) سرشار از قندها و اسیدهای آلی می باشد. در این پژوهش، کنسانتره ازگیل وحشی در چهار غلظت ۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ درصد (درجه بریکس) تهیه و خواص فیزیکوشیمیایی شامل pH، اسیدیته، چگالی و رنگ، و خواص رئولوژیکی (در دماهای ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد) آن مورد مطالعه قرار گرفت. pH نمونه ها در محدوده ۳/۳۷ تا ۳/۶۲ و اسیدیته آنها بر حسب اسید سیتریک در محدوده ۱/۰۵ تا ۳/۹۰ درصد تعیین گردید. چگالی نمونه غلیظ (۵۶٪) برابر 1277 kg/m^3 بدست آمد. رنگ نمونه ها با روش پردازش تصویر آنالیز و شاخص های تصویر شامل L^* ، a^* و b^* برای نمونه با غلظت ۵۶٪ به ترتیب برابر ۲۰/۵۴، ۱/۶۹ و ۱/۳۶ بدست آمد. با افزایش غلظت، نمونه ها تیره تر شده و شاخص L^* کاهش یافت. کنسانتره مورد نظر در تمامی غلظت ها رفتار نیوتنی از خود نشان داد و با افزایش غلظت ویسکوزیته افزایش یافت. همچنین با افزایش دما از ۲۰ به ۷۰ درجه سانتی گراد، ویسکوزیته کنسانتره (۵۶٪)، از ۲۵۱۷ به ۲۲۳ میلی پاسکال ثانیه کاهش یافت. همچنین مقدار انرژی فعال سازی در محدوده ۹/۵۹ تا ۴۳/۳۹ kJ/mol K بدست آمد.

کلید واژگان: ازگیل، انرژی فعال سازی، چگالی، رئولوژی، ویسکوزیته.

۱- مقدمه

ازگیل^۱ (*Mespilus germanica*) از تیره گلسرخیان^۲ بوده و در ایران کنس و کندس نیز نامیده می شود. گسترش کاشت ازگیل عمدتاً در استرالیا، فرانسه و قفقاز شمالی بوده و مقدار برداشت این محصول در این مناطق از ۱ تا ۶ تن در هکتار گزارش شده است. ازگیل در مناطق شمالی ایران و به طور وحشی در جنگل ها میروید. ازگیل درختچه کوچکی است که ارتفاع آن تا حدود ۶ متر هم می رسد و دارای شاخه های خاردار می باشد. ابعاد میوه آن در حد گیلان تا گردو می باشد. قطر میوه در گونه های وحشی حدود ۲/۵ سانتی متر و در ارقام پرورشی به ۵/۵ سانتی متر هم می رسد [۱ و ۲]. ازگیل در ایران در اواخر پاییز و اوایل زمستان می رسد و به طور معمول به صورت خام، کنسانتره یا رب، کنسرو، مربا، ژله و ترشی مصرف می شود.

در طب سنتی از میوه ازگیل در تقویت اعصاب، معالجه اسهال (به خصوص میوه نارس)، خون ریزی رحمی، ورم روده، زخم دهان، تورم مخاط گلو (به ویژه عصاره برگ) و تقویت پوست های حساس استفاده می شود و برای رفع ترشی معده و نفخ معده مناسب دانسته اند. خواص دارویی جوشانده برگ ازگیل شامل درمان آبسه دهان و گلو، درمان آنژین، درمان برفک، درمان اسهال بچه ها، منظم کننده کار روده ها و ورم گلو و ناراحتی های حلق می باشد [۳]. محققان گزارش کرده اند که عصاره اتانولی ازگیل در غلظت ۴۰ درصد تاثیر فوق العاده ای در کاهش قطر زخم ها و تعداد انگل ها در ضایعات لیسمانیوزی دارد [۴].

اسیدهای چرب اصلی موجود در مزوکارپ میوه ازگیل شامل پالمیتیک اسید، آلفالینولنیک اسید و لینولنیک اسید می باشند اما مقادیری اولئیک اسید و استئاریک اسید نیز در آن وجود دارد. از جمله ویتامین های موجود در این میوه می توان به ویتامین ث و ویتامین های گروه ب اشاره کرد [۱ و ۲]. همچنین این میوه سرشار از ترکیبات آلی، ترکیبات فنولی، اسیدهای آمینه، آسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید، اسید استیک و ترکیبات مغذی است [۵]. میوه ازگیل دارای مقادیر قابل توجهی از ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها است که این ترکیبات دارای خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی قابل توجهی می باشند

[۸-۶]. کین و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که میوه و برگ ازگیل سرشار از فلاونوئیدها می باشد که توانایی بالایی در مهار رادیکال های آزاد DPPH^۳ دارند [۹].

میوه ازگیل سرشار از قند، آمینو اسید، اسیدهای آلی و تانن می باشد. فروکتوز، گلوکز و ساکاروز به عنوان قندهای اصلی و اسید سیتریک، اسید مالیک و اسید تارتاریک به عنوان اسیدهای آلی اصلی در میوه ازگیل می باشند [۱۰ و ۱]. گلو و همکاران (۲۰۰۳) تغییر مقدار قندها و اسیدهای آلی در طی رسیدن میوه ازگیل (*Mespilus germanica*) را مورد بررسی قرار داده اند. میزان ترکیبات قندی میوه (شامل ساکاروز، فروکتوز و گلوکز) در طی رسیدن از ۶۵۴ به ۲۱۰۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه افزایش و همچنین مقدار اسیدهای آلی کل آن (شامل اسید سیتریک، مالیک و آسکوربیک) از ۶۹۲ به ۸۴۱ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه افزایش می یابند. مقدار ترکیبات قندی در میوه رسیده شامل ساکاروز، فروکتوز و گلوکز به ترتیب برابر ۲۱۹، ۱۲۰۰ و ۶۸۶ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه است. مقدار اسید سیتریک، مالیک و آسکوربیک در میوه رسیده نیز به ترتیب برابر ۴۰۴، ۴۲۸ و ۸/۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم گزارش شده است [۱۰].

چگالی یکی از خصوصیات مهم کیفی آب میوه و کنسانتره آنهاست که در تعیین ظرفیت مخازن نگهداری و سیستم های انتقال، و همچنین محاسبه ضرایب انتقال حرارت و انرژی لازم جهت پمپ کردن سیالات مورد استفاده قرار می گیرد [۱۱]. برای مثال خواص فیزیکیوشیمیایی شیره انگور در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و بریکس ۷۶ توسط توکلی پور و کلباسی (۲۰۱۳) بررسی شده است. وزن مخصوص، pH و اسیدیته (درصد اسید تارتاریک) نمونه ها به ترتیب برابر ۱/۳۸۹، ۴/۷۵۵ و ۰/۴۴۰ گزارش شده است [۱۱].

بررسی خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته مواد و کنسانتره میوه ها قبل از طراحی فرآیندهایی شامل انتقال سیالات، پمپ ها، استخراج، فیلتراسیون، پاستوریزاسیون، تبخیر و خشک کردن ضروری می باشد [۱۲]. خصوصیات رئولوژیکی کنسانتره محصولاتی مانند رب [۱۳]، کنسانتره انبه [۱۴]، کنسانتره انگور [۱۵]، پوملو [۱۶] و آب انار [۱۷] به عنوان تابعی از غلظت و دما توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است. شی و همکاران (۱۹۸۶)، خواص رئولوژیکی و ساختار

3. 1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl
4. Pomelo

1. Medlar
2. Rosaceae

اندازه گیری خواص فیزیکوشیمیایی

در این پژوهش خواص فیزیکوشیمیایی شامل مواد جامد محلول، pH، اسیدیته و چگالی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد اندازه گیری شدند.

مواد جامد محلول (بریکس) کنسانتره ها با استفاده از دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی رومیزی (CETI, ABBE, Belgium) اندازه گیری و کنترل شد.

pH کنسانتره از گیل توسط pH متر Knick-766 ساخت آلمان اندازه گیری گردید.

اندازه گیری اسیدیته کل به روش تیتراسیون توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH کنسانتره به ۸/۲ انجام گرفت. کنترل pH حین تیتراسیون توسط دستگاه pH متر انجام شد. مقدار اسیدیته بر مبنای اسید سیتریک و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

(۱)

$$A = \frac{V \times 0.1 \times 0.064 \times 100}{m}$$

در این رابطه؛ A درصد اسیدیته کل بر حسب اسید سیتریک، V حجم مصرفی محلول سود ۰/۱ نرمال (ml) و m وزن نمونه (g) است [۱۸].

چگالی طبق تعریف مقدار جرم بر واحد حجم می باشد. در این روش جرم حجم معینی از نمونه در دمای خاص به کمک پیکنومتر با حجم معین اندازه گیری می شود. در این تحقیق از پیکنومتری با حجم ۵۰ میلی لیتر در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد برای اندازه گیری چگالی نمونه ها استفاده شد.

جهت بررسی رنگ نمونه های کنسانتره از گیل وحشی از روش پردازش تصویر استفاده شد. در این روش از یک جعبه با ابعاد ۰/۵ × ۰/۵ × ۰/۵ متر به عنوان سکوی تصویر برداری استفاده شد. نمونه در وسط جعبه قرار گرفت و یک دوربین دیجیتال (HTC، ۸ مگاپیکسل) در دیواره بالای جعبه روبروی نمونه ها مستقر بود. سیستم نورپردازی از دو لامپ فلورسنت (۱۰ وات) به طول ۴۰ سانتی متر) تشکیل شده بود که در وسط اتاقک عکس برداری قرار داشتند. تصویرگیری با دوربین دیجیتالی در فاصله ۲۰ سانتیمتری نمونه انجام شد. تصاویر با فرمت jpg و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. تصاویر گرفته شده توسط نرم افزار Image J و برنامه آن (Space-Color-

میکروسکوپی آب گوجه فرنگی کنسرو شده و رب گوجه فرنگی تهیه شده از ۴ گونه مختلف گوجه فرنگی را در سه دمای ۸۵، ۹۶ و ۱۰۷ درجه سانتی گراد مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند ویسکوزیته ی ظاهری آب گوجه فرنگی و رب گوجه فرنگی در سرعت برشی ثابت با توجه به گونه های مختلف و شرایط فرآیند متفاوت است و بررسی رفتار رئولوژیکی آب گوجه فرنگی و رب گوجه فرنگی نتیجه گیری کردند که این مواد مشابه سیالات شبه پلاستیک عمل می کنند و قانون توان برای این گونه سیالات برای بررسی رفتار آنها مناسب می باشد [۱۳].

بررسی منابع علمی حاکی از آن است که تا کنون هیچ مطالعه ای در خصوص بررسی خصوصیات کنسانتره از گیل وحشی انجام نشده است. لذا هدف از این پژوهش بررسی خصوصیات کنسانتره از گیل وحشی در غلظت های مختلف (۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ درصد) و تعیین خواص فیزیکوشیمیایی (شامل مواد جامد محلول، pH، اسیدیته، چگالی، رنگ)، و رئولوژیکی (در دماهای ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد) می باشد.

۲- مواد و روش ها

تهیه کنسانتره

جهت تهیه کنسانتره میوه از گیل وحشی، ابتدا میوه ها شسته شده و درون دیگ های پخت از جنس چدن و در فشار اتمسفر و دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد تا نرم شدن کامل و استخراج کامل مواد قندی و اسیدی، تحت حرارت و همزدن مداوم قرار گرفت. سپس توسط پارچه صافی، در طی چندین مرحله مواد نامحلول و معلق حذف شدند. محلول صاف شده درون دیگ پخت تا رسیدن به غلظت و قوام مورد نظر حرارت داده و جهت جلوگیری از رسوب محصول بر روی دیواره و سوختگی آن، به طور مداوم همزده می شد. در نهایت نمونه های کنسانتره در چهار غلظت ۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ درصد (وزنی/وزنی) بر اساس مواد جامد محلول (بریکس) تهیه و جهت بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی مورد استفاده قرار گرفتند.

کنسانتره، pH نمونه ها کاهش یافته است. کمترین pH مربوط به کنسانتره با غلظت ۵۶ درصد و برابر ۳/۳۷ می باشد. pH کنسانتره ازگیل وحشی پایین و اسیدی بوده و می بایست به مباحث خوردگی در طراحی مخازن نگهداری و انتقال این محصول توجه نمود. همچنین pH اسیدی این محصول در افزایش زمان ماندگاری آن تاثیر بسزایی دارد [۱۰].

اسیدیته و قندها اجزاء اصلی تشکیل دهنده کنسانتره ازگیل وحشی می باشند. اسیدیته به عنوان شاخصی از اسیدهای آلی موجود در آب میوه و کنسانتره آنهاست. این اسیدها به میوه و فرآورده های آن طعم اسیدی تند داده و از فساد باکتریایی آن جلوگیری می کند. با توجه به اینکه اسید غالب در میوه ازگیل وحشی اسید سیتریک می باشد [۱۰]، اسیدیته کنسانتره ها بر حسب اسید سیتریک محاسبه و در جدول ۱ به نمایش در آمده است. همانطور که ملاحظه می شود افزایش غلظت کنسانتره اثر معنی داری بر تغیر اسیدیته دارد و با افزایش غلظت کنسانتره ها، اسیدیته نیز افزایش یافته است. اسیدیته نمونه با مواد جامد محلول ۵۶ درصد، برابر ۳/۹ درصد بدست آمده است.

چگالی نمونه ها در غلظت های مختلف و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با استفاده از پیکنومتر اندازه گیری و در جدول ۱ گزارش شده است. افزایش غلظت کنسانتره اثر معنی داری بر تغیر چگالی نمونه ها دارد و با افزایش غلظت کنسانتره از ۱۴ به ۵۶ درصد در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، چگالی نمونه ها از ۱۰۶۹ به ۱۲۷۷ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یافت. اعداد بدست آمده در این قسمت می تواند در طراحی مخازن نگهداری کنسانتره و محاسبه توان پمپ های مورد نیاز جهت انتقال کنسانتره ازگیل و همچنین محاسبه ضرایب انتقال حرارت مورد استفاده قرار گیرند [۱۱].

جدول ۱ pH، اسیدیته و چگالی کنسانتره ازگیل وحشی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد

غلظت کنسانتره	pH	اسیدیته (%)	چگالی (kg/m ³)
۱۴ درصد	۳/۶۲±۰/۰۵ ^a	۱/۰۵±۰/۱۲ ^a	۱۰۶۹±۵/۱۲ ^a
۲۸ درصد	۳/۵۴±۰/۰۶ ^a	۲/۰۶±۰/۱۵ ^b	۱۱۳۸±۴/۳۵ ^b
۴۲ درصد	۳/۴۸±۰/۰۷ ^{ab}	۲/۹۸±۰/۱۴ ^c	۱۲۰۸±۶/۱۲ ^c
۵۶ درصد	۳/۳۷±۰/۰۴ ^b	۳/۹۰±۰/۱۶ ^d	۱۲۷۷±۵/۶۵ ^d

(اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطح نشان دهنده معنی داری در سطح <math>p < 0.05</math> می باشند.)

(Converter) از فضای رنگی RGB به $L^* a^* b^*$ تبدیل گردیدند [۱۹].

اندازه گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی در غلظت های مختلف و در دماهای ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد با استفاده از یک دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, model RVDV- II+ pro, USA) در سرعت برشی ۱۰۰ بر ثانیه و با استفاده از اسپیندل شماره S03 اندازه گیری شد.

در این پژوهش جهت مدلسازی رابطه اثر دما بر ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی از معادله آرنیوس (رابطه ۲) جهت بررسی وابستگی ویسکوزیته کنسانتره ازگیل به غلظت از معادله توانی غلظت (رابطه ۳) استفاده گردید [۱۴].

(۲)

$$\mu = A_0 e^{\left(\frac{Ea}{RT}\right)}$$

در این رابطه؛ μ ویسکوزیته، A_0 ثابت معادله، Ea انرژی فعال سازی (kJ/mol K)، R ثابت جهانی گاز (8.314 J/mol K) و T دمای مطلق (K) می باشد.

(۳)

$$\mu = aC^b$$

در این رابطه؛ a و b ثابت های معادله و C غلظت می باشد. به منظور مدل کردن داده های تجربی و بدست آوردن ثابت های معادله های آرنیوس و غلظت، از نرم افزار Curve Expert ویرایش ۱/۳۴ استفاده شد.

آزمایش ها در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای رسم نمودارها از برنامه (۲۰۰۷) SAS Excel و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SAS 9.1.3 در سطح معنی داری ۰/۰۵ استفاده شد. مقایسه میانگین ها نیز به روش آزمون چند دامنه ای دانکن صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

خواص فیزیکوشیمیایی

نتایج اندازه گیری pH کنسانتره ازگیل وحشی در غلظت های مختلف و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در جدول ۱ گزارش شده است. همانطور که ملاحظه می گردد، با افزایش غلظت

پردازش تصویر

مدل رنگی Lab مرکب از جزء روشنایی (مقدار L که دامنه ای از صفر تا ۱۰۰ را دارد) و دو جزء رنگی (دامنه ای از ۱۲۰- تا ۱۲۰+) که شامل جزء a^* (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b^* (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) می باشد. در جدول ۲ نتایج مربوط به آنالیز رنگ کنسانتره های ازگیل وحشی مشاهده می شود. همانطور که در جدول مشاهده می شود با افزایش غلظت کنسانتره میزان روشنایی کاهش یافته و نمونه ها تیره تر شده اند. شاخص های a^* و b^* مثبت می باشند، که به ترتیب نشان دهنده گرایش نمونه ها به سمت قرمزی و زردی است و با افزایش غلظت، از قرمزی و زردی نمونه ها کاسته شده است.

جدول ۲ نتایج پردازش تصویر کنسانتره های ازگیل وحشی

غلظت کنسانتره	L	a^*	b^*
۱۴ درصد	$25/33 \pm 0/25^a$	$4/36 \pm 0/39^a$	$3/08 \pm 0/13^a$
۲۸ درصد	$24/29 \pm 0/36^a$	$3/23 \pm 0/35^a$	$2/56 \pm 0/14^b$
۴۲ درصد	$23/36 \pm 0/12^b$	$2/10 \pm 0/17^b$	$1/69 \pm 0/07^c$
۵۶ درصد	$20/54 \pm 0/45^c$	$1/69 \pm 0/32^b$	$1/36 \pm 0/11^c$

(اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطح نشان دهنده معنی داری در سطح $p < 0/05$ می باشند).

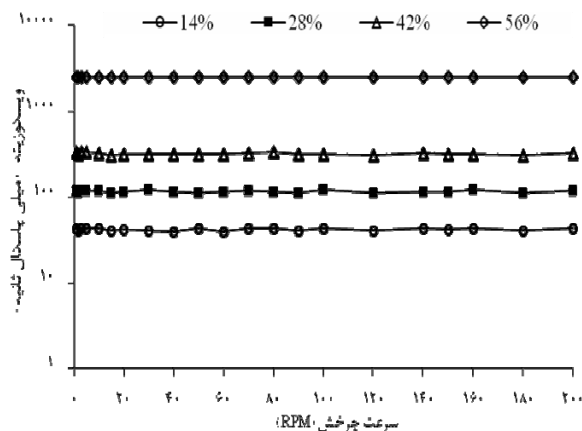
ویسکوزیته

ویسکوزیته مبین مقاومت یک سیال در برابر حرکت است. عوامل متعددی چون دما، غلظت، وزن مولکولی اجزاء محلول، مواد جامد معلق، درجه برش و زمان برش بر ویسکوزیته با توجه به نوع سیال (نیوتنی یا غیر نیوتنی) تاثیر می گذارند. در سیالات نیوتنی، درجه برش مستقیماً متناسب با تنش برشی بوده و ویسکوزیته همان شیب منحنی تنش برشی در مقابل درجه برش خواهی بود [۲۰]. همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می شود، در تمامی غلظت ها با افزایش سرعت چرخش اسپیندل، ویسکوزیته تغییری نمی کند که این نشان دهنده نیوتنی بودن سیال مورد نظر می باشد.

کایا و همکاران (۲۰۰۲) ویژگی های رئولوژیک شیره انگور بیدانه^۱ با بریکس های ۵۲/۱، ۵۷/۲، ۶۶/۸، ۷۲/۹ و ۸۲/۱ و در دماهای ۱۰ الی ۵۰ درجه سانتی گراد را بررسی و گزارش نمودند که تمامی نمونه ها رفتار نیوتنی از خود نشان دادند،

بجز نمونه با غلظت ۸۲/۱ درصد که رفتار غیر نیوتنی داشت [۲۱].

بدبک و همکاران (۲۰۱۳) ویژگی های رئولوژیکی آب انار واریته ملس را در دماهای ۱۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد و غلظت های ۱۲ تا ۵۲ درجه بریکس بررسی کردند. ویسکوزیته آب انار تازه در ۲۵ درجه سانتی گراد برابر ۲/۱۵ میلی پاسکال ثانیه گزارش شده است. محققان گزارش کردند که با افزایش دما ویسکوزیته کنسانتره آب انار کاهش می یابد. با افزایش غلظت کنسانتره نیز مقاومت به جاری شدن افزایش یافته و ویسکوزیته نمونه ها افزایش می یابد. همچنین مدل هرشل بالکلی جهت بررسی رفتار رئولوژیکی کنسانتره آب انار توصیه شده است [۱۷].



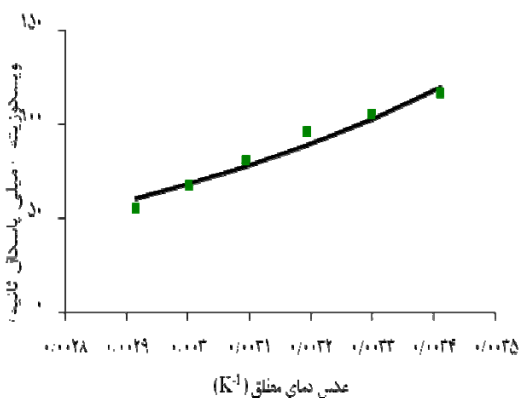
شکل ۱ ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی در غلظت های مختلف و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد.

در جدول ۳ اثر غلظت و دما بر ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی گزارش شده است. با افزایش غلظت کنسانتره از ۱۴ به ۵۶ درصد در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، ویسکوزیته از ۴۲ به ۲۵۱۷ میلی پاسکال ثانیه افزایش می یابد که نشان دهنده وابستگی شدید ویسکوزیته نمونه ها به غلظت می باشد لذا جهت انتقال این محصول توسط پمپ در فواصل طولانی، توصیه می شود از غلظت های پایین آن که دارای ویسکوزیته کمتری است، استفاده گردد [۱۲]. دما یکی از عوامل تاثیر گذار بر کاهش ویسکوزیته و افزایش سیالیت محلول ها می باشد. همانگونه که ملاحظه می شود در تمامی غلظت ها، با افزایش دما، ویسکوزیته کاهش یافته است. وابستگی شدید ویسکوزیته به دما در غلظت ۵۶ درصد مشاهده می شود. در این مورد با افزایش دما از ۲۰ به ۷۰ درجه سانتی گراد، ویسکوزیته از

مقدار انرژی فعال سازی در محدوده ۹/۵۹ تا ۴۳/۳۹ kJ/mol K بدست آمد.

جدول ۴ ضرایب مربوط به معادله آرنیوس

غلظت کنسانتره	A_0	E_a (kJ/mol K)	r
۱۴ درصد	۰/۸۵	۹/۵۹	۰/۹۸۳
۲۸ درصد	۱/۱۱	۱۱/۴۴	۰/۹۸۵
۴۲ درصد	۰/۰۲	۲۳/۷۷	۰/۹۸۴
۵۶ درصد	$۵/۰۷ \times 10^{-۵}$	۴۳/۳۹	۰/۹۸۱



شکل ۲ مقادیر آزمایشگاهی در برابر مقادیر محاسبه شده توسط معادله آرنیوس (غلظت ۲۸٪).

داک و همکاران (۲۰۰۷) اثر دما (۲۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد) و غلظت (۷/۶ تا ۲۶ درصد) بر خصوصیات رئولوژیکی آب انبه مورد بررسی قرار دادند. مدل قانون توان برای بررسی خصوصیات رئولوژیکی کنسانتره انبه توصیه شده و شاخص رفتار جریان و ضریب قوام مربوطه به ترتیب برابر ۰/۳۳-۰/۲۰ و ۸۹/۰۹-۰/۳۲ می باشد. کنسانتره در تمامی دماها و غلظت رفتار شل شوندگی از خود نشان داده و مقدار انرژی فعال سازی گزارش شده برای این کنسانتره در محدوده ۳/۸ تا ۱۳/۷ kJ/mol K می باشد [۱۴].

پانتس و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی خصوصیات رئولوژیکی کنسانتره انگور در دامنه بریکس ۲۲/۹ تا ۷۰/۶ و محدوده دمایی ۲۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد پرداختند. نتایج این محققان حاکی از رفتار نیوتنی کنسانتره مورد نظر و تاثیر دما بر کاهش ویسکوزیته آن می باشد. نتایج گزارش شده در این پژوهش حاکی از افزایش انرژی فعال سازی کنسانتره انگور از ۱۶/۳ به ۵۲ kJ/mol K با افزایش غلظت می باشد [۱۵].

۲۵۱۷ به ۲۲۳ میلی پاسکال ثانیه کاهش یافته است. لذا با توجه به سیالیت کم کنسانتره ازگیل وحشی در غلظت های بالا، با افزایش دمای آن می توان انتقال را تسهیل نموده و باعث کاهش هزینه انرژی مصرفی برای پمپ کردن آن به سایر قسمت های فرآوری شد.

اثر دما (۲۳ تا ۶۰ درجه سانتی گراد) و غلظت (۲۰ تا ۶۰/۴ درصد) بر خصوصیات رئولوژیکی کنسانتره پوملو توسط کاشانی و همکاران در سال ۲۰۱۲ بررسی شده است. کنسانتره پوملو برای غلظت های کم رفتار نیوتنی و برای نمونه های غلیظ رفتار غیر نیوتنی از خود نشان داد. در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد، با تغییر سرعت برشی از 1 s^{-1} به 1000 s^{-1} ویسکوزیته ظاهری پوملو در محدوده ۰/۱۳ تا ۰/۰۰۳۹۴ پاسکال ثانیه گزارش شده است [۱۴].

جدول ۳ ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی در دماها و غلظت های مختلف

غلظت کنسانتره	ویسکوزیته (میلی پاسکال ثانیه)					
	۲۰°C	۳۰°C	۴۰°C	۵۰°C	۶۰°C	۷۰°C
۱۴ درصد	۴۲	۴۰	۳۶	۲۹	۲۷	۲۴
۲۸ درصد	۱۱۶/۵	۱۰۵	۹۶	۸۱	۶۷/۵	۵۵
۴۲ درصد	۳۲۰	۲۲۳	۲۱۳	۱۴۰	۱۰۳	۷۵
۵۶ درصد	۲۵۱۷	۱۴۵۰	۱۱۳۰	۵۷۶	۲۴۰	۲۲۳

خصوصیات رئولوژیکی کنسانتره ها تحت تاثیر درجه ی حرارت و غلظت است که وابستگی به دما معمولا با رابطه ی آرنیوس و تابعیت غلظت با معادلات نمایی بیان می شود. در این مطالعه از معادله آرنیوس جهت مدل کردن اثر دما بر ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی استفاده و ضرایب بدست آمده در جدول ۴ گزارش شدند. در شکل ۲ نیز مقادیر آزمایشگاهی ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی در غلظت ۲۸ درصد در برابر مقادیر بدست آمده از برازش داده ها با معادله آرنیوس (جدول ۴) به نمایش در آمده است. همانطور که ملاحظه می شود، معادله آرنیوس به خوبی قادر به مدل کردن اثر دما بر ویسکوزیته کنسانتره ها می باشد. در این پژوهش

۶- منابع

- [1] abavi, F., Nabavi, M., Ebrahimzadeh, M.A., & Asgarirad, H. 2011. The antioxidant activity of wild medlar (*Mespilus germanica L.*) fruit, stem bark & leaf. *African Journal of Biotechnology*, 10 (2):283-289.
- [2] Khoshtakht, K., & Hammer, K. 2005. Notes on neglected & underutilized crops. *Genetic Resources & Crop Evolution*. 52, 249-265.
- [3] Phipps, J.B., O'Kennon, R., & Lance, R.W. 2003. Hawthorns and medlars: Timber Press.
- [4] Zhang Z-p, Liao G-l, Li H-w. 2008. HPLC fingerprint of flavonoids from *Lycium barbarum*. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 39(1):103-5.
- [5] Sadat Tabatabaei, N., Mazandarane, M., 2008. Autocology and ethnopharmacology of *Mespilus germanica L.* in the North of Iran. *AIP Conference Proceedings (in Persian)*.
- [6] Ayaz, F., Demir, O., Torun, H., Kolcuoglu, Y., & Colak, A. 2008. Characterization of polyphenoloxidase (PPO) and total phenolic contents in medlar (*Mespilus germanica L.*) fruit during ripening and over ripening. *Food Chemistry*, 106(1):291-298.
- [7] Zhou, C., Chen, K., Sun, C., Chen, Q., Zhang, W., & Li, X. 2007. Determination of oleanolic acid, ursolic acid and amygdalin in the flower of *Eriobotrya japonica Lindl.* By HPLC. *Biomed Chromatogr*, 21(7): 755-61.
- [8] Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., Soobrattee, M.A., & Aruoma, O.I. 2002. Antioxidant activities of phenolic, proanthocyanidin, and flavonoid components in extracts of *Cassia fistula*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 18:5042-7.
- [9] Qin, L., Kang W., Zhang, Z., Qi Y., Wang, F. 2012. Ultrasonic-assisted extraction flavonoids and ability to scavenge 1, 1-diphenyl 2-picrylhydrazyl (DPPH) radicals from medlar (a Miller) leaves and fruits. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3295-300.
- [10] Glew, R.H., Ayaz, F.A., Sanz, C., VanderJagt, D.J., Huang, H.S., Chuang, L.T., & Strnad, M. 2003. Changes in sugars, organic acids and amino acids in medlar (*Mespilus germanica L.*) during fruit development and maturation. *Food Chemistry*, 83:363-369.

در این پژوهش همچنین از یک معادله توانی جهت مدل کردن اثر غلظت بر ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی استفاده و ضرایب بدست آمده در جدول ۵ گزارش شدند. مقادیر بالای ضریب تبیین محاسبه شده با استفاده از این معادله، حاکی از مناسب بودن این رابطه جهت مدلسازی اثر غلظت بر ویسکوزیته کنسانتره ازگیل وحشی می باشد.

جدول ۵ ضرایب مربوط به معادله غلظت

دما (°C)	a	b	r
۲۰	$۳/۵۳ \times 10^{-۵}$	۴/۴۸	۰/۹۸
۳۰	$۶/۰۵ \times 10^{-۶}$	۴/۷۹	۰/۹۹
۴۰	$۱/۵۸ \times 10^{-۵}$	۴/۴۹	۰/۹۹
۵۰	$۱/۰۴ \times 10^{-۴}$	۳/۸۵	۰/۹۸
۶۰	$۴/۰۶ \times 10^{-۲}$	۲/۱۵	۰/۹۸
۷۰	$۳/۱۲ \times 10^{-۵}$	۲/۷۷	۰/۹۷

۵- نتیجه گیری

میوه ازگیل سرشار از قند، آمینواسید، اسیدهای آلی و تانن می باشد. فروکتوز، گلوکز و ساکاروز به عنوان قندهای اصلی و اسید سیتریک، اسید مالیک و اسید تارتاریک به عنوان اسیدهای آلی اصلی در میوه ازگیل می باشند. کوتاه بودن عمر انباری میوه و حساسیت بالا به فساد و تخریب مواد مغذی، از عوامل اصلی محدودیت عرضه میوه ها به بازارهای دورتر است. لذا تهیه کنسانتره از این میوه، به عنوان یک روش فراوری مناسب جهت نگهداری بلند مدت آن می باشد. نتایج بررسی خصوصیات رئولوژیکی کنسانتره ازگیل حاکی از این بود که نسبت نیروی برشی به سرعت برشی در تمامی سرعت های برشی مقدار ثابتی است که نشان دهنده نیوتنی بودن کنسانتره ازگیل در دماهای مختلف است. در سایر غلظت های کنسانتره ازگیل نیز رفتار مشابهی مشاهده گردید. جهت بررسی اثر دما بر ویسکوزیته کنسانتره ازگیل معادله آرنیوس و جهت بررسی وابستگی ویسکوزیته کنسانتره به غلظت، معادله توانی غلظت مناسب می باشد. با استفاده از نتایج این پژوهش می توان ضمن طراحی و انتخاب تجهیزات و ماشین آلات، شرایط مورد نیاز برای فرآوری و تولید صنعتی این محصول را بهینه سازی کرد.

- pomelo juice concentrates. *International Food Research Journal*, 19(2):553-562.
- [17] Bodbodak, S., Kashaninejad, M., Hesari, J., & Razavi, S.M.A. 2013. Modeling of rheological characteristics of "Malas Yazdi" pomegranate juice, *Journal of Agricultural sciences and Technology*, (in press).
- [18] Lozano, J. E., & Barbosa-Cañovas, G. V. 2006. *Fruit manufacturing, Scientific Basis, Engineering Properties, and Deteriorative Reactions of Technological Importance*. New York, USA. Springer Science, Business Media, LLC. P: 21-51.
- [19] Salehi, F. & Kashaninejad, M. 2014. Effect of different drying methods on rheological and textural properties of Balangu seed gum. *Drying Technology*, 32(6): 720-727.
- [20] Rao, M.A. & Kenny, J.F. 1975. Flow properties of selected food gums. *Canadian Institute Food Science Technology Journal*, 8 (3):142-148.
- [21] Kaya, A. & Belibagli, K.B. 2002. Rheology of solid Gaziantep pekmez. *Journal of Food Engineering*, 54:221-226.
- [11] Tavakolipour, H., & Kalbasi Ashtari, A. 2013. Determination of rheological properties of grape molasses. *JFST No. 40:10*.
- [12] Marcotte, M., Taherian Hoshahili, A.R., & Ramaswamy, H.S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34: 695-703.
- [13] Shi-Ying Xu, C. F. Shoemaker, and B. S. Luh. 1986. Effect of break temperature on rheological properties and microstructure of tomato juices and pastes. *Journal of food science*.
- [14] Dak, M., Verma, R.C., & Jaaffrey, S.N.A. 2007. Effect of temperature and concentration on Rheological properties of "Kesar" mango juice. *Journal of Food Engineering*, 80:1011-1015.
- [15] Puntos, E.M., Rubio, L.A., Carullo, C.A., Chernikoff, R.E. 2004. Density, viscosity and coefficient of thermal expansion of clear grape juice. *Journal of Food Engineering*.
- [16] Keshani, S., Luqman Chuah, A., & Russly, A.R. 2012. Effect of temperature and concentration on rheological properties

Physicochemical and Rheological Properties of Wild Medlar Concentrate

Salehi, F. ^{1*}, Kashaninejad, M. ²

1. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2. Associate Prof., Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

(Received: 92/12/17 Accepted: 93/8/21)

Wild medlar fruit (*Mespilus germanica*) is rich in sugars and organic acids. In this study, wild medlar concentrates in four concentrations of 14, 28, 42 and 56 % (°Brix), preparation and physicochemical properties including pH, acidity, density and color, and rheological properties (at 20, 30, 40, 50, 60 and 70 ° C) were studied. The pH was in the range from 3.37 to 3.62 and acidity according to citric acid was in the range of 1.05 to 3.90 %. Density of concentrated sample (56 %) was 1277 kg/m³. Color of samples was analyzed using image processing technique and image parameters including L*, a* and b* for the sample with a concentration of 56% was 20.54, 1.69 and 1.36, respectively. With increasing in concentration, the sample was darker and L* index decreased. Concentrate used in all concentrations showed Newtonian behavior and viscosity increases with increasing concentration. With increasing in temperature from 20 to 70 ° C, the viscosity of the concentrate (56 %), decreased from 2517 to 223 mPa.s. The magnitude of activation energy was found in the range of 9.59–43.39 kJ/mol K.

Keywords: Activation energy, Density; Medlar; Rheology; Viscosity.

* Corresponding Author E-Mail Address: fs1446@yahoo.com