

## بررسی تاثیر آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک در بهبود فرایند قندگیری از خرما

فاطمه زارع<sup>۱</sup>، دکتر مهرداد آذین<sup>۲</sup>، دکتر هوشنگ نیکوپور<sup>۳</sup>، محمد تقی مظلومی<sup>۴</sup>

۱- نویسنده مسئول: کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، دفتر بهبود تغذیه جامعه، معاونت سلامت وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

پست الکترونیکی: fatemehzare@yahoo.com

۲- استادیار، عضو هیات علمی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۴- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۲/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۲/۳۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** خرما یک میوه هسته دار است که از درخت نخل از خانواده *Palmaceae* به دست می‌آید و در مقایسه با بسیاری از میوه‌ها در وزن مساوی، مقادیر بیشتری انرژی، املاح و ویتامین‌های ضروری بدن را تامین می‌کند. بر اساس آمار و اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO) در سال ۲۰۰۳ از نظر میزان تولید خرما، ایران رتبه سوم در جهان را به خود اختصاص داد. با وجود سطح وسیع کشت خرما در ایران تنها ۱۱ تا ۱۲ درصد خرمای تولیدی، جذب صنایع فراوری و بسته بندی می‌شود. بنا براین، بهبود فرایندهای تولید شیر خرما و قند مایع خرما با هدف افزایش تولید این فرآورده‌ها و رونق بیشتر اقتصاد کشور در خور توجه است. در این مطالعه، تیمار آنزیمی توسط آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک بر بهبود فرایند قندگیری از خرمای مضافتی درجه ۳ مورد بررسی قرار گرفت.

**مواد و روشها:** از روشهای آزمایشگاهی مطابق استانداردهای ملی و بین‌المللی استفاده شد. برخی ویژگیهای ماده اولیه و همچنین عصاره خرما اندازه‌گیری شد. برای تعیین بهینه شرایط عملکرد آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک و مخلوط آنها از روشهای R.S.M و Taguchi جهت طراحی آزمون و پیش بینی نتایج استفاده شد. پس از تعیین بهینه شرایط عملکرد آنزیم‌های مذکور، تاثیر آنزیم‌های پکتولیتیک، سلولیتیک و مخلوط آنها بر میزان قند کل، قندهای احیا کننده، شفافیت، مواد جامد محلول و بهره تولید فرایند قندگیری از خرما، مورد مقایسه قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که با استفاده از مخلوط آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک به نسبت ۲ به ۱ و به میزان ۰/۱۷ درصد تحت دمای ۶۲ °C و pH = ۷/۵ میزان قند کل، قند های احیا کننده، مواد جامد محلول و بهره تولید در مقایسه با هر یک از آنزیم‌ها به تنهایی و نمونه شاهد فاقد آنزیم به طور معنی داری افزایش داشته است. نتایج نشان داد که تیمار آنزیمی، مقدار قند کل عصاره را ۳/۳۳ درصد افزایش داده است. به همین ترتیب، مقدار قند های احیا کننده، مواد جامد محلول و بهره تولید بر اساس مواد جامد محلول به ترتیب ۳/۲۲، ۳/۶ و ۱۵/۰۵ درصد بهبود یافت که بسیار قابل توجه است. ضمناً در مورد شفافیت، تفاوت معنی داری بین تیمارهای آنزیمی و نمونه شاهد فاقد آنزیم مشاهده نشد. نتایج ارزیابی حسی (مقایسه جفتی) توسط ارزیابهای خانگی معلوم کرد که در این فرایند با استفاده از مخلوط آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک، فاکتور طعم شیرین در عصاره خرما در مقایسه با نمونه شاهد فاقد آنزیم به طرز معنی داری افزایش می‌یابد.

**واژگان کلیدی:** خرما، قند گیری، تیمار آنزیمی، پکتولیتیک، سلولیتیک، R.S.M

### • مقدمه

و عدم مرغوبیت خرما، به ناچار بخش زیادی از خرمای تولید شده به مصرف خوراک دام می‌رسد. تاکنون در خصوص استفاده از آنزیم در فرایند صنعتی تولید شیر خرما و قند مایع در داخل کشور، مطالعه‌ای

خرما یک میوه هسته دار است که از درخت نخل از خانواده *Palmaceae* به دست می‌آید. در سال ۲۰۰۳ میزان تولید خرما در ایران ۸۷۵۰۰۰ تن بود که رتبه سوم در جهان محسوب می‌شد (۱). ولی به دلیل میزان بالای ضایعات

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تیمار آنزیمی در افزایش بهره‌فندی از خرما انجام شد. ماده اولیه مورد استفاده، خرماي مضافتي درجه ۳ بود و از آنزيم‌های سلوليتيک و پکتوليتيک در مرحله استخراج عصاره از خرما استفاده شد.

#### • مواد و روشها

تهيه، آماده‌سازی نمونه و آزمایش‌های اولیه  
۴۰ کیلوگرم خرماي مضافتي درجه ۳ از شرکت صنايع غذايي سلوی در کرمان تهيه و به آزمایشگاه پاپولوت مرکز تحقيقات بيوتکنولوژی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ايران (در تهران) منتقل شد. خرماي مذکور شسته و آبگیری شد. سپس هسته‌ها جدا و توسط چرخ گوشت خانگی معمولی (National، ساخت ژاپن) پالپ خرماي بدون هسته تبدیل به خمير خرماي نرم شد. وزن خرما و وزن هسته توسط ترازوی آناليتيکال (Metler - AE-240) اندازه‌گیری شد.

PH خمير خرما توسط pH متر (Hanna، ساخت ایتالیا) اندازه‌گیری شد. برای تعیین فاکتور رطوبت از روش تقطير، مطابق استاندارد ملی ايران شماره ۶۷۲، خاکستر از روش AOAC شماره ۹۰۰۲/۲، فیبر از روش وزنی غير آنزيمي و روش AOAC شماره ۹۹۳/۲۱ و پکتين از روش تخمين پکتات کلسيم استفاده شد.

برای اندازه‌گیری قندهای احيا کننده و قند کل، ۱۰۰ گرم خمير خرما با سه برابر وزن آن آب (حدود ۳۰۰ میلی لیتر) مخلوط و کاملاً به هم زده شد. سپس مطابق روش Lane-Eynon (فهلينگ) و روش AOAC شماره ۹۲۳/۰۹ فاکتورهای مذکور در این محلول اندازه‌گیری شد. بهره‌توليد بر اساس مواد جامد محلول در ۱۰۰ گرم پالپ خرما طبق فرمول زیر محاسبه شد: (۶-۸)

درصد مواد جامد محلول × وزن عصاره استخراجی

$$100 \times \frac{\text{بهره بازياقت مواد جامد محلول}}{\text{وزن پالپ خرما}} = \text{R.S.S\%}$$

آنزيم‌های تجارتي مورد مصرف عبارت بودند از Pectinex Smash و Cellubrix که از شرکت Novo Enzyme سوئيس تهيه شده بودند. این آنزيم‌ها به شکل مایع بودند. ساير مواد شيميایی مورد استفاده، ساخت شرکت Merck آلمان بودند.

صورت نگرفته است. شيره خرما در واقع کنسانتره حاصل از استخراج و تغليظ عصاره خرماست که رنگش قهوه‌ای تيره و بريکس آن حدود ۷۵ است (۲). قند مایع خرما، ظاهري شبیه عسل دارد و پس از رنگبری و شفاف‌سازی و تغليظ، از عصاره خرما به دست می‌آید (۳).

مرکز تحقیق و توسعه شرکت Novo Nordisk در سال ۲۰۰۰ اقدام به انتشار یک راهنما برای استفاده از انواع آنزيم‌های توليدي خود در فرايند توليد شيره خرما کرد. در این راهنما آمده است که استفاده از آنزيم پکتوليتيک در تانک استخراج یعنی در مرحله اختلاط پالپ خرما و آب در دمای ۴۵°C موجب افزایش بهره‌توليد عصاره خرما می‌شود. همچنين توصیه شده است که برای افزایش بازياقت عصاره خرما از باقیمانده پرس، با استفاده از آب ۵۵-۵۰°C و آنزيم پکتيناز، عمل استخراج عصاره دوباره تکرار شود که موجب شفافيت بیشتر و سهولت فيلتراسيون خواهد شد (۴).

در یک مطالعه، روش آنزيماتیک با روش شيميایی در شفاف‌سازی عصاره خرما مقایسه شد. آنزيم‌های مورد استفاده پکتيناز، سلولاز، آمیلاز و مخلوط آنها بود و برای شفاف‌سازی از آهک استفاده شد. در این بررسی، معلوم شد که استفاده از مخلوط سه آنزيم به طرز معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد فاقد آنزيم یا نمونه حاوی هر یک از آنزيم‌ها به تهیایی، بهره‌توليد را افزایش می‌دهد. دمای ۴۰°C، pH= ۴/۵ و زمان انکوباسيون ۱ ساعت، بهترین بازده را در شفافيت ماده جامد کل، قند کل و قند احيا کننده داشت. به طوری که در نمونه شاهد بدون آنزيم ۹۵/۷۶ درصد و با استفاده از مخلوط سه آنزيم این فاکتور ۸۲/۴۵ درصد بود همچنين، مقدار قند کل در نمونه شاهد ۱۷/۱۵ درصد و در نمونه به دست آمده استفاده از مخلوط سه آنزيم ۲۲/۳ درصد بود (۵).

در مطالعه دیگری که در سال ۲۰۰۲ در کشور کویت بر روی دو واریته خرما (Safri و Birhri) انجام شد، ترکیب شيميایی و خصوصيات کیفی شيره خرما را بررسی کردند که توسط تیمار آنزيمي تهيه شده بود. آنزيم‌های مورد استفاده، پکتيناز و سلولاز به نسبت مساوی و در مقادير ۰/۵، ۱ و ۲ میلی لیتر در ۱۰۰ گرم پالپ خرما بودند. نتايج نشان داد که استفاده از آنزيم‌های پکتيناز و سلولاز به میزان ۱٪ بیشترین تاثیر را در افزایش میزان مواد جامد محلول و بهبود کیفیت رنگ شيره خرما دارد (۶).

## مطالعه مقدماتی و تعیین شرایط بهینه عملکرد آنزیمها

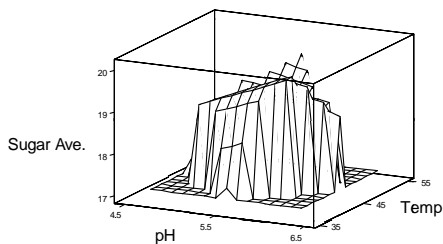
به منظور تعیین شرایط بهینه عملکرد آنزیمهای مورد استفاده، از نرم افزار Minitab<sup>13</sup> و روش طراحی آزمون Response Surface Method (R.S.M) استفاده شد (۹). در این روش، بر اساس اطلاعات اولیه که به عنوان نقاط مرکزی به نرم افزار داده می شود، تعدادی آزمون طراحی می شود. در این مطالعه، نقاط مرکزی شامل pH، درجه حرارت و نسبت آنزیم های پکتولیتیک و سلولیتیک هر کدام ۲۰ آزمون بود. پس از طراحی، آزمونهای مقدماتی انجام شد.

سیس انکوباسیون آنزیمی، استخراج عصاره خرما و میزان قند کل عصاره، اندازه گیری و به عنوان شاخص عملکرد آنزیم در نظر گرفته شد. با استفاده از نرم افزار و نتایج به دست آمده، نمودارهای نسبت قند کل به متغیرهای pH و درجه حرارت یا نسبت آنزیم به سوپسترا به دست آمد. این نمودارها شامل سه محور X، Y و Z هستند که بسته به متغیرهای X و Y تفاوت دارند. به عنوان مثال نمودار ۱ میزان قند استخراجی حاصل از فرایند آنزیمی توسط Pectinex Smash را نسبت به pH و درجه حرارت نشان می دهد.

در خصوص مخلوط آنزیم های پکتولیتیک و سلولیتیک از نرم افزار Minitab<sup>13</sup> و روش Taguchi استفاده شد. پس از انکوباسیون آنزیمی، دوباره استخراج عصاره و سنجش میزان قند کل انجام گرفت. حاصل تمام این آزمونها تعیین بهینه شرایط عملکرد هر یک از آنزیم ها و مخلوط آنها بود. این نتایج برای آزمون اصلی مورد استفاده قرار گرفت. بهترین شرایط عملکرد مخلوط آنزیم های پکتولیتیک و سلولیتیک در جدول ۱ آورده شده است.

## مطالعه اصلی و تعیین ویژگیهای شیمیائی عصاره خرما

با استفاده از داده های مرحله قبل، انکوباسیون آنزیمی در



نمودار ۱- میزان میانگین قند کل نسبت به درجه حرارت و pH در آزمونهای مربوط به تست مقدماتی تعیین بهینه شرایط عملکرد آنزیم پکتولیتیک (Pectinex Smash)

چهار بهر یکنواخت شامل تیمار آنزیمی با آنزیم پکتولیتیک، تیمار آنزیمی با آنزیم سلولیتیک، تیمار آنزیمی با مخلوط آنزیم های پکتولیتیک و سلولیتیک و همچنین نمونه شاهد فاقد آنزیم انجام شد. عصاره استخراجی از نظر میزان قند کل، قند احیا کننده، مواد جامد محلول، شفافیت و بهره استخراج عصاره بر اساس ماده جامد محلول، اندازه گیری و محاسبه شد. پس از آن، شفاف سازی و رنگبری و سپس تغلیظ عصاره خرما انجام شد.

## ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی طعم از روش In-House، آزمون مقایسه جفتی و تکنیک انتخاب تحت فشار استفاده شد (۱۰).

## روشهای آماری

جهت انجام محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار Minitab<sup>13</sup> و آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و در صورت معنی دار بودن از آزمون Tukey استفاده شد. به این ترتیب، با استفاده از آنالیزهای آماری، بهترین تیمار آنزیمی معین شد.

## جدول ۱ - شرایط بهینه عملکرد مخلوط آنزیمهای Pectinex و Cellubrix و مقادیر قند کل و حجم عصاره استخراجی

پیش بینی شده توسط نرم افزار Quali-Tec

فاکتور	pH	درجه حرارت (درجه سانتیگراد)	نسبت آنزیم به سوپسترا (ml/100gr)	نسبت اختلاط آنزیمها	قند کل (gr%)	حجم عصاره استخراجی (ml)
میزان	۵/۷۵	۶۲	۰/۰۱۷	۲:۱	۲۰/۶۱	۳۲۵/۹۹

## • یافته‌ها

غیر آنزیماتیک است ( $p < .05$ ). مقادیر وزن عصاره‌های استخراجی حاصل از سه تیمار آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم و بهره تولید بر اساس ماده جامد محلول (R.S.S %) در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های ماده اولیه (خرمای مضافتی درجه ۳)

فاکتور	میانگین	انحراف معیار
هسته (gr%)	۱۱/۱۰	۰/۱۲
رطوبت (gr%)	۱۱/۵۰	۰/۰۲۵
قند احیا کننده (gr%)	۱۶/۸۰	۰/۰۰۱
قند کل (gr%)	۱۷/۰۲	۰/۰۴۰
خاکستر (mg%)	۱۸۱۰	۴/۰۸
فیبر (mgr%)	۶/۹۱	۰/۰۲۹
پکتین (mgr%)	۵۵۵	۰/۰۰۰۱
pH	۵/۵	۰/۰

ویژگی‌های ماده اولیه (خرمای مضافتی درجه ۳) در جدول ۲ آورده شده است. مقادیر قند کل، قند احیا کننده، ماده جامد محلول و شفافیت با استفاده از سه تیمار آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم پس از انکوباسیون آنزیمی و استخراج عصاره در جدول ۳ آمده است.

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین سه تیمار آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم از نظر میزان قند کل، قندهای احیا کننده و ماده جامد محلول، اختلاف معنی داری وجود دارد ( $p < 0.001$ ).

همچنین نتایج آزمون Tukey معلوم کرد که تیمار سوم یعنی مخلوط آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک، بیشترین تأثیر را در افزایش فاکتورهای مذکور دارد ( $p < 0.05$ ).

سایر آنالیزهای آماری نشان داد که از نظر فاکتور شفافیت، بین هیچ یک از تیمارهای آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم، اختلاف معنی داری وجود ندارد.

نتایج حاصل از ارزیابی حسی طعم از نظر میزان شیرینی نشان داد که قند مایع خرما حاصل از فرایند آنزیماتیک، شیرین تر از نمونه قند خرمای حاصل از فرایند

جدول ۳- مقایسه قند کل، قندهای احیا کننده، ماده جامد محلول و شفافیت با استفاده از سه تیمار آنزیمی و نمونه شاهد در شرایط بودن آنزیم

شفافیت (%)		ماده جامد محلول (gr%)		قندهای احیا کننده (gr%)		قند کل (gr%)		تیمار
Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
۹۶/۲۰	۰/۰۲	۲۰/۵۶	۰/۰۶	۱۹/۲۵	۰/۱۴	۱۹/۴۳	۰/۱۳	آنزیم پکتولیتیک (تیمار ۱)
۹۶/۳۰	۰/۰۳	۱۹/۶۰	۰/۲۳	۱۷/۹۵	۰/۰۱	۱۸/۲۱	۰/۰۶	آنزیم سلولیتیک (تیمار ۲)
۹۶/۱۰	۰/۰۴	۲۲/۰	۰/۰۷	۲۰/۰۱	۰/۰۴	۲۰/۳۵	۰/۰۶	مخلوط آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک (تیمار ۳)
۹۶/۰۰	۰/۰۳	۱۸/۴۰	۰/۰۳	۱۶/۷۸	۰/۰۶	۱۷/۰۲	۰/۰۳	شاهد بدون آنزیم (تیمار ۴)

جدول ۴- مقادیر وزن عصاره های استخراجی حاصل از سه تیمار آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم و بهره تولید بر اساس ماده جامد محلول (R.S.S %)

نمونه	فاکتور	وزن (گرم)	
		انحراف معیار	میانگین
آنزیم پکتولیتیک	۳۱۱	۰/۰۴۰۵	۶۳/۹۴
آنزیم سلولیتیک	۳۱۱	۰/۰۰۰۱	۶۰/۹۵
مخلوط آنزیمهای پکتولیتیک و سلولیتیک	۳۲۶	۰/۰۰۱۲	۷۱/۷۲
نمونه شاهد بدون آنزیم	۳۰۸	۰/۰۱۱۵	۵۶/۶۷

حاصل از ۳ تیمار آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم مقایسه شده است.

در نمودارهای ۲ تا ۵ میزان قند کل، قندهای احیا کننده، ماده جامد محلول و بهره تولید در نمونه های عصاره خرما



نمودار ۴- مقایسه مواد جامد محلول در نمونه های عصاره خرما حاصل از تیمار آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم



نمودار ۲- مقایسه قند کل در نمونه های عصاره خرما حاصل از تیمار آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم



نمودار ۵- مقایسه بهره تولید (RSS %) در نمونه های عصاره خرما حاصل از تیمار آنزیمی و نمونه شاهد



نمودار ۳- مقایسه میزان قندهای احیا کننده در نمونه های عصاره خرما حاصل از تیمار آنزیمی و نمونه شاهد بدون آنزیم

## • بحث

مطالعات Suad و همکاران در سال ۲۰۰۲ و محمدی نافچی و همکاران در سال ۱۳۸۱ حاصل آمده است، همسویی دارد. میانگین قند کل در نمونه حاصل از بهترین فرایند آنزیماتیک (مخلوط آنزیم های پکتولیتیک و سلولیتیک) ۲۰/۳۵ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره خرما در مقایسه با نمونه شاهد (۱۷/۰۲ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) است. این مقادیر نشان می دهد که تیمار آنزیمی، مقدار قند کل عصاره را ۳/۳۳ درصد افزایش داده است. به همین ترتیب مقادیر قند های احیا کننده، مواد جامد محلول و بهره تولید بر اساس مواد جامد محلول به ترتیب ۳/۲۲، ۳/۶ و ۱۵/۰۵ درصد افزایش یافت که بسیار قابل توجه است. نتایج مطالعات Suad و همکاران در سال ۲۰۰۲ و محمدی نافچی و همکاران در سال ۱۳۸۱ و آنچه در راهنمای کاربردی (Novo Nordisk 2000) آمده است با نتایج این تحقیق از نظر میزان قند کل، فندهای احیا کننده، مواد جامد محلول، درصد شفافیت و بهره تولید عصاره استخراجی خرما کاملا همسو است.

## • پیشنهادات

به دلیل مثبت بودن نتایج این تحقیق، استفاده از آنزیم در فرایند تولید قند مایع خرما توصیه می شود. همچنین پیشنهاد می شود تاثیر تیمار آنزیمی در فرایند استخراج دو مرحله ای، طی تحقیق جداگانه ای بررسی شود.

## • سپاسگزاری

پس از سپاس از ایزد منان که ما را در انجام این مطالعه یاری نمود، لازم می دانیم از کلیه مسئولان آزمایشگاه پایلوت بیوتکنولوژی مرکز پژوهشهای علمی و صنعتی ایران و همچنین از مسئولان و کارشناسان آزمایشگاههای دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و گروه تحقیقات تغذیه انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور که کمال همکاری را در اجرای این مطالعه با ما داشته اند قدردانی کنیم.

## • منابع

1. www.fao.org , A to Z table of production , Free on internet.
۲. استاندارد شیره خرما، ویژگیها و روشهای آزمون (۱۳۷۴)، استاندارد ملی ایران شماره ۵۰۷۵.
۳. ایران منش، س. م.، مقدمه ای بر تکنولوژی کاربرد تولید خرما، نگهداری، فراوری، بسته بندی و صادرات، چاپ سوم، نشر آیدا، (۱۳۷۹)، صفحه ۶۰-۳۰.

طراحی آزمون، انجام آزمونهای شیمیایی و تجزیه و تحلیل با روش RSM دستیابی به بهترین شرایط عملکرد مخلوط آنزیم های پکتولیتیک و سلولیتیک را که در تیمار سوم مورد استفاده قرار گرفت، ممکن ساخت: استفاده از درجه حرارت  $62^{\circ}\text{C}$ ، در  $\text{PH} = 5/75$  و نسبت ۲ به ۱ آنزیم‌های پکتولیتیک به سلولیتیک به میزان ۰/۰۱۷ میلی لیتر در ۱۰۰ گرم سوپسترا (عصاره خرما).

این نتایج با آنچه Benjamin و Abbas در سال ۱۹۸۵ بیان داشتند و همچنین نتایج تحقیقات Suad و همکاران در سال ۲۰۰۲ همسویی دارد. مطالعه اصلی بر اساس داده‌های حاصل از مطالعه مقدماتی انجام شد.

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین هر یک از سه تیمار آنزیمی و نمونه شاهد فاقد آنزیم از نظر میزان قند کل، فندهای احیا کننده و مواد جامد محلول، اختلاف معنی داری وجود دارد ( $P < 0/001$ )، اما از نظر درصد شفافیت، تفاوت معنی داری وجود ندارد ( $P < 0/005$ ). به طوری که می توان گفت شفافیت سه تیمار آنزیمی و نمونه شاهد فاقد آنزیم، مشابه یکدیگر است. با توجه به این نتایج و در نظر گرفتن مکانیسم عمل آنزیم‌های مورد استفاده، به نظر می رسد که استفاده از آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک باعث لیز شدن بهتر سلول های پالپ خرما شده است. این امر از سویی باعث سهولت استخراج عصاره و از سویی هیدرولیز جزئی ماکرومولکول ها به مولکول‌های ریزتر و فندهای ساده شده است.

همچنین با استفاده از آزمون Tukey بهترین تیمار از نظر میزان قند کل، فندهای احیا کننده، مواد جامد محلول و بهره تولید تعیین شد. آنالیزهای آماری نشان داد که استفاده از مخلوط آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک، بیشترین تاثیر را در افزایش میزان قند کل، قند های احیا کننده و مواد جامد محلول در عصاره استخراجی خرما دارد ( $P < 0/05$ ). این موضوع نشان می دهد که آنزیم‌های پکتولیتیک و سلولیتیک دارای تاثیر سینرژیک هستند و به طور همزمان، تاثیر بهتری بر سوپسترا دارند. آنزیم‌های سلولیتیک موجب شکستن دیواره سلول و آنزیم‌های پکتولیتیک باعث تجزیه مواد پکتیک می شود. در این بررسی معلوم شد که مخلوط دو آنزیم تاثیر بیشتری از هر یک از آنزیم ها به تنهایی داشته است. این نتیجه با آنچه طی

4. Novo Nordisk , Enzymes for Processing of Dates, (2000 ) Sep, NNBMA ,pp:1-2.
۵. محمدی نافچی .ع. ،رضوی،س. و دارابی ،ل. ،شفاف سازی شیر خرمای به روشهای آنزیمی و شیمیایی ، مجموعه مقالات دوازدهمین کنگره صنایع غذایی ایران، انتشارات دبیرخانه کنگره دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، (۱۳۸۱).
6. Suad N. Al-hooti ,Jiwan S. Sidhu , Jameel M. Al-saqer and Amani Al-othman , Chemical Composition and Quality of Date Syrup as Affected by Pectinase / Cellulase Enzyme Treatment . Food Chemistry , (2002),Vol. 79 , pp: 215-220.
۷. پروانه ، و. ، کنترل کیفی و آزمایشهای شیمیایی مواد غذایی ، انتشارات دانشگاه تهران ، (۱۳۷۴) ، صفحات ۲۰-۹۰.
8. A.O.A.C.,Official Method of Analysis of Agr.Chemist.,Washington D.C.,USA,(1975)
9. Shahdan Sh. And Aminah Ab. , Optimizing Enzyme Concentration ,pH and Temperature in Banana Juice Extraction , Asean Food Journal , (1995) , Vol.10 , No. 3 , pp: 107-111.
10. Harry T., Law Lee and Hiledgarde H., Sensory Evaluation of Food: Principle and practice, (1998) , pp:431-443.