اثر فرآیند حرارتی بر خصوصیات رئولوژیکی رب گوجه‌فرنگی

حمید توکلی پور [۱] علی حسین مردی [۲]

[۱] استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار
(مسوول مکاتبات، پست الکترونیک: h.tavakolipour@gmail.com)
[۲] دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸ /۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۰/۱۰

چکیده

گوجه‌فرنگی یکی از مهم ترین محصولات زراعی است و عمده‌ترین فرآورده‌ی حاصل از آن رب گوجه فرنگی می باشد. با توجه به افزایش روزافزون تقاضا برای این فرآورده در ایران و جهان، بررسی عوامل مؤثر در بهبود ویژگی‌های رب گوجه‌فرنگی ضروری به نظر می‌رسد. لذا در این پژوهش اثر فرآیند حرارتی بر خصوصیات رئولوژیکی رب گوجه فرنگی تهیه شده به دو روش خردایش گرم (هات بریک) و خردایش سرد (کلد بریک) بررسی شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که مدل‌های قانون توان و کاسون نسبت به مدل‌های هرشل بالکلی و بینگهام پلاستیک به ترتیب توانستند برازش بهتری برای رفتار رئولوژیکی رب هات بریک وبه ترتیب مدل‌های قانون توان و کاسون برای رب کلدبریک ارائه کنند. هر دو ضریب پایداری و تنش تسلیم رب گوجه فرنگی با افزایش بریکس افزایش و با افزایش دما کاهش یافتند.

واژه‌های کلیدی : رب‌گوجه‌فرنگی، خواص رئولوژیکی، فرایند حرارتی، مدل‌سازی ریاضی.

Archive of SID

www.SID.ir

۱ـ مقدمه

رب گوجه‌فرنگی حاوی مخلوط سلول‌های منفک‌شده پریکارپ در سرم شفاف است که قوام مناسب و پایداری آن بستگی به عوامل متعددی از جمله فرآیند حرارتی دارد. در صنایع فرآوری گوجه فرنگی با اعمال فرآیند حرارتی و غیرفعال کردن آنزیم ها در درجه حرارت بالاقوام محصول را افزایش می‌دهند(۱). فرآیند حرارتی در صنعت رب به دو روش خردایش گرم (هات بریک) و خردایش سرد (کلد بریک) صورت می گیرد. در فرآیند خردایش گرم، گوجه ها را قبل یا بلافاصله بعد از له‌کردن حرارت می‌دهند(در دمای ٦٥-۹۰ درجه‌ی سانتیگراد به مدت ۳۰ ثانیه بسته به رنگ گوجه‌فرنگی). بنابراین، آنزیم پکتیناز غیرفعال می گردد. به علاوه مواد صمغی اطراف دانه نیز وارد آب گوجه فرنگی شده، قوام بهتری حاصل می‌گردد. در فرآیند خردایش سرد، گوجه‌ها در دمای سالن له می‌شوند و پس از جداسازی پوسته و دانه، بلافاصله مانند روش هات‌بریک عمل آنزیم‌بری در دمای ٦٥ درجه‌ی سانتیگراد روی گوجه ها صورت می گیرد.در صنعت تولید رب، رسیدن به قوام بالا نشان‌دهنده‌ی کیفیت بهتر است (۱).

عواملی که بر رئولوژی رب گوجه‌فرنگی تاثیر می‌گذارند شامل ترکیب، توزیع اندازه‌ی ذره، غلظت(بریکس)، درجه‌ی حرارت و شرایط برشی هستند. مانند اغلب سوسپانسیون های غذایی، خواص ذرات مثل توزیع اندازه‌ی ذره و غلظت پالپ روی خواص رئولوژیکی رب گوجه فرنگی تاثیر می‌گذارند.

مطالعات نشان می‌دهد که مواد جامد نامحلول، نسبت به مواد جامد محلول نقش مهم تری را در رئولوژی این محصولات ایفا می‌کنند (۳). مانند سیالات دیگر، خواص رئولوژیکی رب گوجه فرنگی تحت تاثیر درجه ی حرارت و غلظت است که وابستگی به دما معمولا با رابطه‌ی آرنیوس و تابعیت غلظت با معادلات نمایی بیان می‌شود(۸).

تاکور (۹) رابطه‌ی میان ویسکوزیته‌ی ظاهری و درجه حرارت یک نمونه عصاره‌ی گوجه‌فرنگی تبخیر شده را به دست آورد. او همچنین دریافت که باید برای افزایش مواد جامد کل از ۱۲/۸ به ۳۰ درصد، سرعت‌برشی را از ۵۰۰ تا ۸۰۰ دور در ثانیه افزایش داد. رب حاصل از این روش قوام بیش تری دارد. لو و داوود[1] (٤) افزایش ویسکوزیته‌ی ظاهری را بعد از عملیات حرارتی ناشی از کاهش فعالیت آنزیم پلی گالاکتورو نازپکتیک و آنزیم پکتین استراز در دمای بالا توجیه کردند.

شی ـ ینگ ژو و همکارانش (۷)، خواص رئولوژیکی و ساختار میکروسکوپی آب گوجه‌فرنگی کنسرو شده و رب گوجه‌فرنگی تهیه شده از ٤ واریته‌ی مختلف گوجه‌فرنگی را در ۳ دمای ۸۵، ۹٦ و ۱۰۷ درجه‌ی سانتیگراد مورد مطالعه قرار دادند. آن ها با استفاده از رئوگونیومتر ویزنبرگ دریافتند که ویسکوزیته‌ی ظاهری آب گوجه‌فرنگی و رب گوجه‌فرنگی در سرعت برشی ثابت با توجه به گونه های مختلف و شرایط فرآیند تغییر می‌کند. همچنین از فرآیندهات بریک ربی با قوام بیش‌تر به دست می‌آید و سرانجام ایشان با بررسی رفتار رئولوژیکی آب گوجه‌فرنگی و رب گوجه‌فرنگی نتیجه گیری کردند که این مواد مشابه سیالات شبه پلاستیک عمل می‌کنند و قانون توان برای این گونه سیالات به کار می‌رود. این پژوهش با هدف انتخاب بهترین روش خرد کردن برای کنترل بهتر فعالیت آنزیمی در رب گوجه‌فرنگی برای بهبود قوام انجام گردید.

۲ـ مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد و دستگاه‌ها

۲۰ کیلوگرم رب‌گوجه‌فرنگی هات‌بریک (خردایش گرم) با مخلوطی از واریته های مختلف مخصوص استان خراسان از کارخانه‌ی چین‌چین بین‌الملل و ۲۰ کیلوگرم رب‌گوجه‌فرنگی کلدبریک (خردایش سرد) با شرایط فوق از مجتمع کشت و صنعت شیرین نظر آباد کرج در استان تهران تهیه گردید.گزینش این دو کارخانه برای نمونه‌برداری براساس معیارهای زیر انتخاب گردیده است:

– دو کارخانه‌ی مزبور در استان تهران و خراسان واقع‌شده‌اند و این دو استان بیش ترین کارخانجات فرآوری گوجه فرنگی را به خود اختصاص داده‌اند.

– کارخانه‌های فوق با مخلوطی بیش از ده‌ها واریته‌ی گوجه‌فرنگی مخصوص به استان خود کار می‌کنند.

[1] Luh & Daoud

Archive of SID

www.SID.ir

– با دو فرآیند خردایش گرم و خردایش سرد فرآورش گوجه‌فرنگی را انجام داده وجزو صادرکنندگان رب گوجه‌فرنگی می‌باشند.
– شرایط دمایی آنزیم‌بری در هر دو کارخانه تقریباً یکسان می‌باشد.

بدین منظور نمونه مورد نظر، از رب تولیدی یک بچ کارخانه در یک شیفت کاری به‌طور یکنواخت انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها عاری از هرگونه مواد افزودنی مجاز و نمک در ظروف سربسته درون یخچال نگه داری شدند.

وسایل اندازه گیری مورد استفاده در این پژوهش عبارت بودند از:

جهت اندازه گیری ویسکوزیته از ویسکومتر دیجیتال بروکفیلد مدل +DV-I ساخت امریکا استفاده گردید که قادر به اندازه‌گیری ویسکوزیته‌ی ظاهری در محدوده‌ی ۱۰۰ تا ۱۳/۳۰۰/۰۰۰ میلی پاسکال ثانیه است.

برای ثابت نگه‌داشتن دما، از حمام سرمایش در محدوده‌ی دمایی ۱۹۵– تا ۱۹۵+ درجه‌ی سانتیگراد مورد استفاده شد.

جهت اندازه گیری بریکس گوجه‌فرنگی از رفراکتومتر رومیزی مدل ATAGO 3T ساخت چین استفاده گردید.

۲-۲- روش‌ها

نمونه‌های موجود، در سه دمای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه‌ی سانتیگراد و در سه بریکس ۱۲، ۲۰ و ۲۸ مورد آزمایش قرار گرفتند.. برای به دست آوردن نمونه با بریکس های پائین تر رقیق‌سازی با آب‌مقطر انجام شد.

سپس تنش‌برشی هر کدام از نمونه‌ها در سه دمای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه‌ی سانتیگراد توسط ویسکومتر بروکفیلد در سرعت‌های برشی متناسب اندازه‌گیری شد و نتایج حاصل به صورت تنش‌برشی بر حسب سرعت‌برشی با توجه به عوامل بریکس و دما گزارش گردید. برای محاسبه‌ی تنش‌برشی و سرعت‌برشی، بعد از انتخاب اسپیندل و دورهای مناسبی که بیش ترین گشتاور را به ما می‌دهند، از معادلات ۱ تا ٤ برای محاسبه‌ی سرعت و تنش‌برشی استفاده گردید. درصدگشتاورهای خوانده شده از دستگاه را در ضریب ۰/۷۱۸۷ (میلی‌نیوتن ـ متر) ضرب کرده(این ضریب فقط در این مدل ویسکومتر قابل استفاده است) تا مقدار واقعی گشتاور (M) را به ما بدهد. سپس بعد از تبدیل واحدهای لازم آنرا در رابطه‌ی ۱ گذارده تا تنش‌برشی (σ_b) محاسبه شود.

$$\sigma_b = \frac{M}{2\pi h R_b^2}$$ رابطه‌ی ۱

h ارتفاع استوانه داخلی و R شعاع استوانه داخلی

حال با استفاده از دورهای استفاده‌شده و رابطه‌ی زیر، سرعت زاویه‌ای (Ω) محاسبه شد:

$$\Omega = 2\pi N$$ رابطه‌ی ۲

که در آن Ω سرعت‌زاویه‌ای و N دور اسپیندل بر حسب دور در ثانیه می‌باشد.

در نهایت با استفاده از سرعت‌زاویه‌ای و روابط ۳ و ٤ مقدار شاخص رفتارجریان(n) و نهایتاً سرعت‌برشی(γ_b) محاسبه گردید:

$$n = \frac{d\ln(M)}{d\ln(\Omega)}$$ رابطه‌ی ۳

$$\gamma_b = \frac{2\Omega}{n}$$ رابطه‌ی ٤

این محاسبات را در ٦ دور متفاوت انجام داده و در نهایت ٦ تنش‌برشی خواهیم داشت. لازم به ذکر است که دورهای داده شده حتماً باید در محدوده‌ی قابل قبول قرار داشته باشند. سپس از روی دورهای داده شده سرعت زاویه‌ای را از رابطه‌ی ۲ محاسبه کرده، سپس از منحنی لگاریتم تنش‌برشی برحسب لگاریتم سرعت‌زاویه‌ای مقدار شاخص رفتار جریان(n) محاسبه گردید(از نیروهای انتهایی در اسپیندل صرف‌نظر شده است). پس از طی مراحل فوق شاخص رفتار جریان به دست آمده را در رابطه‌ی ٤ گذارده، سرعت برشی به دست می‌آید. اندازه‌گیری ویسکوزیته‌ی ظاهری در تناسب مستقیم با نسبت گشتاور و سرعت زاویه‌ای است. مطابق روش مزگر (۵) از روی بهترین منحنی برازش‌شده، تنش‌حدّ با برونیابی نقاط موجود یا با تلاقی منحنی موجود با محورعرض به دست می‌آید.

۲-۳- طرح آماری

در آزمایش‌های مربوطه، از طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده گردید. بعد از انجام آزمایش‌های و ثبت اطلاعات لازم از نرم‌افزار صفحه‌گسترده‌ی اکسل،

Archive of SID

www.SID.ir

فرمول‌های رگرسیون خطی و نهایتاً پارامترهای انحراف معیار، مجموع مربعات باقیمانده، ضریب همبستگی و ضریب تبیین استفاده کرده، اثر فرآیند حرارتی بر روی رب‌گوجه‌فرنگی را بررسی گردید.

معادلات و روابط استفاده شده :

$\eta = \sigma / \gamma \xrightarrow{\text{رابطه‌ی ۱ – مدل نیوتن}} \sigma = \eta\gamma^{\circ}$

رابطه‌ی ۲- مدل قانون توان $\sigma = K\gamma^{n}$

رابطه‌ی۳- مدل بینگهام پلاستیک $\sigma = \sigma_0 + \mu_{pl}\gamma^{0}$

رابطه‌ی ٤- مدل کاسون $\sigma = \sigma_{\circ}^{0.5} + K_c\gamma^{\circ 0.5}$

رابطه‌ی ٥- مدل هرشل بالکلی $\sigma = \sigma_{\circ} + K\gamma^{\circ n}$

در معادلات فوق پارامترهای رئولوژیکی، یعنی ضریب پایداری(K) برای مدل های قانون توان و هرشل بالکلی، ضریب پایداری سیال کاسون (K_c)، شاخص رفتار جریان(n) و همچنین پارامترهایی مانند تنش‌حد($\sigma_{\circ}$) و ویسکوزیته‌ی پلاستیک (μ_{pl}) لحاظ شده‌اند.(٥) با مطالعه‌ی ویسکوزیته‌ی ظاهری و بررسی عوامل مؤثر بر آن می‌توان تمامی این پارامترها را بررسی کرد.

۳ـ نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل معادلات آماری با توجه به مقایسه‌ی ضرایب تبیین و انحراف از معیار، نشان می‌دهد رب‌گوجه‌فرنگی کلدبریک و هات بریک از مدل قانون توان پیروی می‌کند (جدول ۱). این گزینش در شرایطی انجام شده است که در آزمایش ها مقدار ناچیزی تنش‌حد مشاهده گردیده است که با توجه به روش تجربی اندازه‌گیری تنش‌حد از این مقدار صرف‌نظر شده است.در مرحله‌ی بعد با توجه به نکات فوق رب‌گوجه‌فرنگی کلدبریک با بریکس،۱۲، ۲۰ و۲۸ در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه‌ی سانتیگراد مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج به دست آمده از جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت در دمای ثابت هر دو پارامتر تنش تسلیم (حد و ضریب پایداری افزایش می‌یابد که کاملا قابل انتظار است و نیز مقایسه‌ی ضرایب پایداری رب تولید شده به دو روش فوق‌الذکر نشان می‌دهد که قوام رب هات بریک به میزان دو تا سه برابر از قوام رب کلد بریک بیشتر است که علت آن به وارد شدن مواد صمغی پیرامون دانه به رب در فرایند هات بریک نسبت داده می‌شود. همچنین برای رب کلد بریک به ترتیب مدل‌های قانون توان و کاسون بهترین برازش را نشان می‌دهند ولی برای رب هات بریک به ترتیب دو مدل قانون توان و هرشل بالکلی بهترین برازش را نشان می‌دهند. علت این امر احتمالاً به بزرگ‌تر بودن قوام رب هات بریک نسبت به کلد بریک است.

بررسی جدول ۲ نشان می‌دهد که ضریب پایداری (قوام) با افزایش دما کاهش می‌یابد که قابل انتظار است و معمولاً این وابستگی با معادله‌ی آرنیوس نشان داده می‌شود (۸). چون با افزایش دما فاصله‌ی بین مولکولی افزایش می‌یابد ولی روند خاصی برای شاخص رفتار جریان مشاهده نمی‌شود که با نتایج ارائه شده توسط رائو (٦)، سازگار است.

نتایج جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که با افزایش غلظت، تنش تسلیم رب گوجه فرنگی به دست آمده از دو روش افزایش و با افزایش دما کاهش می‌یابد که با توجه به پیوندهای درون مولکولی رب گوجه فرنگی کاملا منطقی است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ : مقایسه‌ی پارامترهای رئولوژیکی در چهار مدل رئولوژیکی متفاوت (رب کلدبریک و هات بریک با بریکس ۱۲، ۲۰، ۲۸ و دمای $\hat{c}$۱۵)

	مدل	A		B		R^2	$S_{y,x}$
رب کلد بریک							
بریکس ۱۲ و دمای ۱۵	بینگهام	۶۱/۷۴۰۰	σ_0	۱۰/۳۸۵۰	μ_{pl}	۰/۸۴۱۴	۲۸/۵۳۹۱
	قانون توان	۶۱/۱۵۴۳	K	۰/۲۳۳۰	n	۰/۹۹۶۰	۰/۳۶۳۷
	کاسون	۴۶/۷۸۸۳	σ_0	۱/۷۶۵۳	K_l	۰/۹۳۳۶	۱/۵۹۸۲
	هرشل ـ بالکلی	۲۷/۲۸۱۲	K	۰/۶۹۳۹	n	۰/۹۱۴۱	۱/۱۳۰۸
بریکس ۲۰ و دمای ۱۵	بینگهام	۱۳۷/۹۱	σ_0	۱۹/۲۰۲۰	μ_{pl}	۰/۸۸۱۹	۵۰/۷۱۸۷
	قانون توان	۱۳۳/۲۷۳۰	K	۰/۱۸۸۳	n	۰/۹۹۹۳	۰/۲۹۳۵
	کاسون	۱۱۱/۱۳۳۸	σ_0	۲/۱۶۹۶	K_l	۰/۹۶۲۶	۱/۹۱۸۸
	هرشل ـ بالکلی	۳۶/۴۱۳۹	K	۰/۷۰۵۲	n	۰/۹۳۵۸	۱/۱۳۶۰
بریکس ۲۸ و دمای ۱۵	بینگهام	۳۱۹/۰۷۰۰	σ_0	۵۷/۰۳۸۰	μ_{pl}	۰/۸۶۵۷	۱۵۱/۸۴۲۵
	قانون توان	۳۱۹/۴۴۹۸	K	۰/۲۳۱۸	n	۰/۹۹۵۲	۰/۳۶۲۰
	کاسون	۲۴۱/۵۲۲۷	σ_0	۴/۱۴۶۹	K_l	۰/۹۵۴۳	۳/۶۸۱۰
	هرشل ـ بالکلی	۱۳۵/۱۳۸۵	K	۰/۷۰۶۲	n	۰/۹۶۰۳	۱/۱۲۲۸
رب هات بریک							
بریکس ۱۲ و دمای ۱۵	**بینگهام**	۱۲۲/۵۲۰۰	σ_0	۲۷/۷۱۳۰	μ_{pl}	۰/۸۵۴۴	۷۸/۹۹۱۲
	قانون توان	۱۳۰/۴۳۸۲	K	۰/۲۹۴۸	n	۰/۹۸۹۴	۰/۴۶۱۸
	کاسون	۸۴/۱۸۸۰	σ_0	۰/۲۴۱۳	K_l	۰/۹۴۱۵	۲/۹۸۷۵
	هرشل ـ بالکلی	۷۱/۲۰۰۵	K	۰/۶۶۳۹	n	۰/۹۶۹۳	۱/۰۵۰۷
بریکس ۲۰ و دمای ۱۵	**بینگهام**	۲۸۶/۰۳۰۰	σ_0	۹۸/۳۸۵۰	μ_{pl}	۰/۸۳۷۹	۱۷۹/۰۰۷۲
	قانون توان	۳۵۳/۶۴۷۳	K	۰/۳۳۰۱	n	۰/۹۶۹۱	۰/۴۶۵۹
	کاسون	۱۸۹/۵۵۷۸	σ_0	۶/۱۸۲۵	K_l	۰/۹۰۷۸	۴/۵۱۴۳
	هرشل ـ بالکلی	۲۶۲/۳۰۲۹	K	۰/۵۶۳۸	n	۰/۹۲۶۶	۱/۰۴۹۱
بریکس ۲۸ و دمای ۱۵	**بینگهام**	۶۲۷/۲۹۰۰	σ_0	۳۳۵/۰۷۰۰	μ_{pl}	۰/۹۰۴۱	۳۷۴/۰۷۳۱
	قانون توان	۹۱۳/۴۲۳۸	K	۰/۳۳۲۹	n	۰/۹۸۲۷	۰/۴۱۶۲
	کاسون	۴۱۸/۵۷۰۷	σ_0	۱۱/۱۲۳۰	K_l	۰/۹۴۷۷	۶/۱۹۴۵
	هرشل ـ بالکلی	۷۵۳/۹۳۰۴	K	۰/۴۸۸۳	n	۰/۹۶۷۰	۰/۶۱۵۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ : پارامترهای رئولوژیکی رب‌گوجه‌فرنگی کلدبریک و هات‌بریک در مدل قانون‌توان

محصول	بریکس	دما (^oc)	میانگین شاخص‌رفتارجریان (ـــ)	میانگین ضریب‌پایداری (Pa.sn)	محدوده‌ی سرعت‌برشی (s^{-1})
رب گوجه‌فرنگی کلدبریک	۱۲	۱۵	۰/۲۲	٦۵/٤۵	۰/٤۸_۱۹/۲۸
		۲۵	۰/۲۳	٦۱/۱۵	۰/٤۵_۱۷/۹۸
		۳۵	۰/۲۳	۵۸/٦۰	۰/٤۵_۱۷/۹۱
	۲۰	۱۵	۰/۲۲	۱۵۸/٤۰	۰/٤۷_۱۸/۷٤
		۲۵	۰/۱۹	۱۳۳/۲۷	۰/۵٦_۲۲/۲٤
		۳۵	۰/۲٤	۱۱۷/۸٤	۰/٤۳_۱۷/۲۹
	۲۸	۱۵	۰/۲۱	۳۵٦/۵۲	۰/٤۹_۱۹/۷٤
		۲۵	۰/۲۳	۳۱۹/٤۵	۰/٤۵_۱۸/۰۷
		۳۵	۰/۲٦	۲۸۰/۹۳	۰/٤۰_۱٦/۰۲
رب گوجه‌فرنگی هات‌بریک	۱۲	۱۵	۰/۲۷	۱٤۰/۸۸	۰/۳۹_۱۵/۷۰
		۲۵	۰/۳	۱۳۰/٤٤	۰/۳٦_۱٤/۲۱
		۳۵	۰/۳۳	۱۱۵/٤۷	۰/۳۱_۱۲/۵۸
	۲۰	۱۵	۰/۳	۳۷۷/۷۸	۰/۳٤_٦/۹۰
		۲۵	۰/۳۳	۳۵۳/٦۵	۰/۳۲_٦/۳٤
		۳۵	۰/۳٦	۳۲۹/۰۸	۰/۲۹_۵/۸۰
	۲۸	۱۵	۰/۳۲	۹٤٤/۱٦	۰/۳۳_۳/۳۰
		۲۵	۰/۳۳	۹۱۳/٤۲	۰/۳۱_۳/۱٤
		۳۵	۰/۳٦	۸٦۵/۵۸	۰/۲۹_۲/۸۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ : پارامترهای رئولوژیکی رب‌گوجه‌فرنگی کلدبریک و هات‌بریک در مدل هرشل ـ بالکلی

محصول	بریکس	دما (^oc)	تنش‌حد (Pa)	n (-)	ضریب‌پایداری ($Pa.s^n$)	محدوده‌ی سرعت‌برشی (s^{-1})
رب‌گوجه‌فرنگی کلدبریک	۱۲	۱۵	۵۰/۲	۰/۶۸	۲۷/۰۴	۰/۱۵_۶/۱۴
		۲۵	۴۴/۸۶	۰/۶۹	۲۷/۲۸	۰/۱۵_۶/۰۴
		۳۵	۴۱/۹۲	۰/۶۶	۲۶/۷۶	۰/۱۶_۶/۳۲
	۲۰	۱۵	۱۲۳/۳۵	۰/۷۱	۶۴/۶۹	۰/۱۵_۵/۹۳
		۲۵	۱۱۱/۶۲	۰/۷۰	۴۶/۴۱	۰/۱۵_۵/۹۴
		۳۵	۹۰/۷۳	۰/۸۰	۵۱/۳۷	۰/۱۳_۵/۲۰
	۲۸	۱۵	۲۸۳/۷۵	۰/۷۱	۱۳۹/۶۲	۰/۱۵_۵/۸۹
		۲۵	۲۴۳/۸۵	۰/۷۱	۱۳۵/۱۴	۰/۱۵_۵/۹۳
		۳۵	۲۰۵/۰۹	۰/۷۴	۱۲۹/۹۳	۰/۱۴_۵/۶۳
رب‌گوجه‌فرنگی هات‌بریک	۱۲	۱۵	۹۷/۸۴	۰/۷۰	۶۸/۴۵	۰/۱۵_۵/۹۷
		۲۵	۸۰/۶۰	۰/۶۶	۷۱/۲۰	۰/۱۶_۶/۳۱
		۳۵	۶۲/۳۶	۰/۶۶	۷۰/۶۰	۰/۱۶_۶/۳۲
	۲۰	۱۵	۱۷۴/۳	۰/۵۶	۲۶۲/۳۰	۰/۲۰_۳/۷۱
		۲۵	۱۴۲/۳۵	۰/۵۶	۲۶۲/۳۰	۰/۱۸_۳/۷۱
		۳۵	۱۱۰/۰۸	۰/۵۶	۲۶۱/۰۲	۰/۱۹_۳/۷۳
	۲۸	۱۵	۲۸۳/۷۵	۰/۴۶	۷۶۷/۳۲	۰/۲۲_۲/۲۶
		۲۵	۲۶۹/۸۸	۰/۴۹	۷۵۳/۹۳	۰/۲۱_۲/۱۴
		۳۵	۱۹۸/۹۹	۰/۴۹	۷۵۳/۹۳	۰/۲۱_۲/۱۴

Archive of SID

www.SID.ir

٤ـ نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که قوام رب هات بریک به میزان دو تا سه برابر از قوام رب کلد بریک بیش‌تر است و برای رب هات بریک به ترتیب دو مدل قانون توان و هرشل بالکلی بهترین برازش را نشان می‌دهند در حالی که برای رب کلد بریک به ترتیب مدل‌های قانون توان و کاسون بهترین برازش را نشان می‌دهند. همچنین ضریب پایداری (قوام) با افزایش بریکس افزایش و با دما کاهش می‌یابد که قابل انتظار است و معمولاً این وابستگی دمایی با معادله‌ی آرنیوس نشان داده می‌شود. تنش تسلیم رب گوجه فرنگی نیز با افزایش بریکس، افزایش و با کاهش دما، کاهش می‌یابد.

٥ـ منابع

۱ ـ فلاحی، مسعود.۱۳۷۲. صنایع تبدیلی گوجه فرنگی(رب). چاپ گوتمبرگ.

2 - Barrette, D. M., Garcia, e. and Wayne, J. E. 1998. Textural modification of tomato processing. *Critical reviews in food science and nutrition*.

3- Lee, Y.; Bobroff, S. and McCarthy, K.L. 2002.Rheological characterization of tomato concentrates and the effect on uniformity of processing. *Chemical Engineering Communications*,189(3):339-351.

4-. Luh , B. S. and Daoud , H. 1971, Effect of Break Temperature and Holding Time on Pectin Enzyme in Tomato Pulp, *J. of Food Science*, 36 : 1039 – 1043.

5-Mezger,T.G. 2002. *The Rheology Handbook* .Curt R.Vincentz Verlag,Hannover.

6-Rao,M.A.*Rheology of Fluid and Semisolid Foods*.1999.Aspen Publishers ,Maryland.

7 - 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. *J. of food science*.

8-Steffe, J. F. 1996, *Rheological Methods in Food Process Engineering,* 2 Edition, Freeman Press.

9 - Thakur,B.R., Singh , R.K. and Nelson , P. E. 1996, Quality Attributes of Processed Tomato Products ,*A Review Food rev.int* ,vol. 12(3) : 357 – 401.

Archive of SID

www.SID.ir