

اثر فرآیند حرارتی بر خصوصیات رئولوژیکی رب گوجه فرنگی

حمید توکلی پور^۱ علی حسین مردی^۲

^۱ استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار

(مسئول 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

گوجه فرنگی یکی از مهم ترین محصولات زراعی است و عمده ترین 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 ویژگی های رب گوجه فرنگی ضروری به نظر می رسد. 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 آزمایش ها نشان داد که مدل های قانون توان و کاسون نسبت به مدل های هرشل بالکلی و بینگهام پلاستیک به ترتیب توانستند برازش بهتری برای رفتار رئولوژیکی رب هات بریک و به ترتیب مدل های 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.

واژه های کلیدی: رب گوجه فرنگی، خواص رئولوژیکی، فرآیند حرارتی، مدل سازی ریاضی.

۱- مقدمه

دارد. لو و داوود^۱ (۴) افزایش ویسکوزیته‌ی ظاهری را بعد از عملیات حرارتی ناشی از کاهش فعالیت آنزیم پلی گالاتکتورو نازپکتیک و آنزیم پکتین استراز در دمای بالا توجیه کردند. شی - یینگ ژو و همکارانش (۷)، خواص رئولوژیکی و ساختار میکروسکوپی آب گوجه‌فرنگی کنسرو شده و رب گوجه‌فرنگی تهیه شده از ۴ واریته‌ی مختلف گوجه‌فرنگی را در ۳ دمای ۸۵، ۹۶ و ۱۰۷ درجه‌ی سانتیگراد مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با استفاده از رئوگونیومتر ویزنبرگ دریافتند که ویسکوزیته‌ی ظاهری آب گوجه‌فرنگی و رب گوجه‌فرنگی در سرعت برشی ثابت با توجه به گونه‌های مختلف و شرایط فرآیند تغییر می‌کند. همچنین از فرآیندهای بریک ربی با قوام بیش‌تر به دست می‌آید و سرانجام ایشان با بررسی رفتار رئولوژیکی آب گوجه‌فرنگی و رب گوجه‌فرنگی نتیجه‌گیری 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.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد و دستگاه‌ها

۲۰ کیلوگرم رب گوجه‌فرنگی هات‌بریک (خردایش گرم) با مخلوطی از واریته‌های مختلف مخصوص استان خراسان از کارخانه‌ی چین‌چین بین‌الملل و ۲۰ کیلوگرم رب گوجه‌فرنگی 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 واقع شده‌اند و این دو استان بیش‌ترین کارخانجات فرآوری گوجه‌فرنگی را به خود اختصاص داده‌اند.
- کارخانه‌های فوق با مخلوطی بیش از ده‌ها واریته‌ی گوجه‌فرنگی مخصوص به استان خود کار می‌کنند.

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 گوجه‌فرنگی با اعمال فرآیند حرارتی و غیرفعال کردن آنزیم‌ها در درجه حرارت بالاتر قوام محصول را افزایش می‌دهند (۱). فرآیند حرارتی در صنعت رب به دو روش خردایش گرم (هات‌بریک) و خردایش سرد (کلد‌بریک) صورت می‌گیرد. در فرآیند خردایش گرم، گوجه‌ها را قبل یا بلافاصله بعد از له‌کردن حرارت می‌دهند (در دمای ۶۵-۹۰ درجه‌ی سانتیگراد به مدت ۳۰ ثانیه بسته به رنگ گوجه‌فرنگی). بنابراین، آنزیم پکتیناز غیرفعال می‌گردد. به علاوه مواد صمغی اطراف دانه نیز وارد آب گوجه‌فرنگی 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 ۶۵ درجه‌ی سانتیگراد روی گوجه‌ها صورت می‌گیرد. 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 سوسپانسیون‌های غذایی، خواص ذرات مثل توزیع اندازه‌ی ذره و غلظت پالپ روی خواص رئولوژیکی رب گوجه‌فرنگی 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 گوجه‌فرنگی تحت تاثیر درجه‌ی حرارت و غلظت است که وابستگی به دما معمولاً 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، سرعت برشی را از ۵۰۰ تا ۸۰۰ دور در ثانیه افزایش داد. رب حاصل از این روش قوام بیش‌تری

^۱ Luh & Daoud

است) تا مقدار واقعی گشتاور (M) را به ما بدهد. سپس بعد از تبدیل واحدهای لازم آنرا در رابطه‌ی ۱ گذارده تا تنش برشی (σ_b) محاسبه شود.

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

h ارتفاع استوانه داخلی و R شعاع استوانه داخلی

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

$$\Omega = 2\pi N \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

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

در نهایت با استفاده از سرعت زاویه‌ای و روابط ۳ و ۴ مقدار شاخص رفتار جریان (n) و نهایتاً سرعت برشی (γ_b) محاسبه گردید:

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

$$\gamma_b = \frac{2\Omega}{n} \quad \text{رابطه‌ی ۴}$$

این محاسبات را در ۶ دور متفاوت انجام داده و در نهایت ۶ تنش برشی خواهیم داشت. لازم به ذکر است که دوره‌های داده شده حتماً باید در محدوده‌ی قابل قبول قرار داشته باشند. سپس از روی دوره‌های داده شده سرعت زاویه‌ای را از رابطه‌ی ۲ محاسبه کرده، سپس از منحنی لگاریتم تنش برشی بر حسب لگاریتم سرعت زاویه‌ای مقدار شاخص رفتار جریان (n) محاسبه گردید (از نیروهای انتهایی در اسپیندل صرف نظر شده است). پس از طی مراحل فوق شاخص رفتار جریان به دست آمده را در رابطه‌ی ۴ 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 برازش شده، تنش حلاً با برون‌یابی نقاط موجود یا با تلاقی منحنی موجود با محور عرض 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،

- با دو فرآیند خردایش گرم و خردایش سرد فرآورش گوجه‌فرنگی را انجام داده و جزو صادرکنندگان رب گوجه‌فرنگی می‌باشند.

- شرایط دمایی آنزیم‌بری در هر دو کارخانه تقریباً یکسان می‌باشد.

بدین منظور نمونه مورد نظر، از رب تولیدی یک بیج کارخانه در یک شیفت کاری به‌طور یکنواخت انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها عاری از هرگونه مواد افزودنی مجاز و نمک در ظروف سر بسته درون یخچال نگه داری شدند. وسایل اندازه‌گیری مورد استفاده در این پژوهش عبارت بودند از:

جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته از ویسکومتر دیجیتالی بروکفیلد مدل DV-1+ ساخت امریکا استفاده گردید که قادر به اندازه‌گیری ویسکوزیته‌ی ظاهری در محدوده‌ی ۱۰۰ تا ۱۳۳۰۰/۰۰۰ میلی پاسکال ثانیه است.

برای ثابت نگه‌داشتن دما، از حمام سرمایش در محدوده‌ی دمایی ۱۹۵- تا ۱۹۵+ درجه‌ی سانتیگراد مورد استفاده شد. جهت اندازه‌گیری بریکس گوجه‌فرنگی از رفاکتومتر 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 بریکس‌های پایین‌تر رقیق‌سازی با آب مقطر انجام شد.

سپس تنش برشی 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 تنش برشی بر حسب سرعت برشی با توجه به عوامل بریکس و دما گزارش گردید. برای محاسبه‌ی تنش برشی و سرعت برشی، بعد از انتخاب اسپیندل و دوره‌های مناسبی که بیش‌ترین گشتاور را به ما می‌دهند، از معادلات ۱ تا ۴ برای محاسبه‌ی سرعت و تنش برشی استفاده گردید. درصد گشتاورهای خوانده شده از دستگاه را در ضریب ۰/۷۱۸۷ (میلی‌نیوتن - متر) ضرب کرده (این ضریب فقط در این مدل ویسکومتر قابل استفاده

رب کلد بریک بیشتر است که علت آن به وارد شدن مواد صمغی پیرامون دانه به رب در فرایندها ت 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 راتو (۶)، 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 کاملاً منطقی است.

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

معادلات و روابط استفاده شده :

$$\eta = \sigma / \gamma \rightarrow \text{رابطه‌ی ۱ - مدل نیوتن}$$

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

$$\sigma = \sigma_0 + \mu_{pl} \gamma^0 \quad \text{رابطه‌ی ۳ - مدل بینگهام پلاستیک}$$

$$\sigma = \sigma_0^{0.5} + K_c \gamma^{0.5} \quad \text{رابطه‌ی ۴ - مدل کاسون}$$

$$\sigma = \sigma_0 + K \gamma^n \quad \text{رابطه‌ی ۵ - مدل هرشل بالکلی}$$

در معادلات فوق پارامترهای رئولوژیکی، یعنی ضریب پایداری (K) برای مدل‌های قانون توان و هرشل بالکلی، ضریب پایداری سیال کاسون (K_c)، شاخص رفتار جریان (n) و همچنین پارامترهایی مانند تنش حد (σ_0) و ویسکوزیته‌ی پلاستیک (μ_{pl}) لحاظ شده‌اند. (۵) با مطالعه‌ی ویسکوزیته‌ی ظاهری و بررسی عوامل مؤثر بر آن می‌توان تمامی این پارامترها را بررسی کرد.

۳- نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل معادلات آماری با توجه به مقایسه‌ی ضرایب تبیین و انحراف از معیار، نشان می‌دهد رب گوجه فرنگی کلدبریک و هات بریک از مدل قانون توان پیروی می‌کند (جدول ۱). این گزینش در شرایطی انجام شده است که در آزمایش‌ها مقدار ناچیزی تنش حد مشاهده گردیده است که با توجه به روش تجربی اندازه‌گیری تنش حد از این مقدار صرف نظر شده است. در مرحله‌ی بعد با توجه به نکات فوق رب گوجه فرنگی کلدبریک با بریکس ۱۲، ۲۰ و ۲۸ 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 کاملاً 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

جدول ۱: مقایسه‌ی پارامترهای رئولوژیکی در چهار مدل رئولوژیکی متفاوت (رب کلدبریک و هات بریک با بریکس ۲۰، ۲۸ و ۱۵°C)

رب کلد بریک							
$S_{y,x}$	R^2	B		A		مدل	
۲۸/۵۳۹۱	۰/۸۴۱۴	μ_{p1}	۱۰/۳۸۵۰	σ_0	۶۱/۷۴۰۰	بینگهام	
۰/۳۶۳۷	۰/۹۹۶۰	n	۰/۲۳۳۰	K	۶۱/۱۵۴۳	قانون توان	
۱/۵۹۸۲	۰/۹۳۳۶	K_1	۱/۷۶۵۳	σ_0	۴۶/۷۸۸۳	کاسون	
۱/۱۳۰۸	۰/۹۱۴۱	n	۰/۶۹۳۹	K	۲۷/۲۸۱۲	هرشل - بالکلی	
۵۰/۷۱۸۷	۰/۸۸۱۹	μ_{p1}	۱۹/۲۰۲۰	σ_0	۱۳۷/۹۱	بینگهام	بریکس و ۲۰ دمای ۱۵
۰/۲۹۳۵	۰/۹۹۹۳	n	۰/۱۸۸۳	K	۱۳۳/۲۷۳۰	قانون توان	
۱/۹۱۸۸	۰/۹۶۲۶	K_1	۲/۱۶۹۶	σ_0	۱۱۱/۱۳۳۸	کاسون	
۱/۱۳۶۰	۰/۹۳۵۸	n	۰/۷۰۵۲	K	۳۶/۴۱۳۹	هرشل - بالکلی	
۱۵۱/۸۴۲۵	۰/۸۶۵۷	μ_{p1}	۵۷/۰۳۸۰	σ_0	۳۱۹/۰۷۰۰	بینگهام	بریکس و ۲۸ دمای ۱۵
۰/۳۶۲۰	۰/۹۹۵۲	n	۰/۲۳۱۸	K	۳۱۹/۴۴۹۸	قانون توان	
۳/۶۸۱۰	۰/۹۵۴۳	K_1	۴/۱۴۶۹	σ_0	۲۴۱/۵۲۲۷	کاسون	
۱/۱۲۲۸	۰/۹۶۰۳	n	۰/۷۰۶۲	K	۱۳۵/۱۳۸۵	هرشل - بالکلی	
رب هات بریک							
۷۸/۹۹۱۲	۰/۸۵۴۴	μ_{p1}	۲۷/۷۱۳۰	σ_0	۱۲۲/۵۲۰۰	بینگهام	بریکس و ۱۲ دمای ۱۵
۰/۴۶۱۸	۰/۹۸۹۴	n	۰/۲۹۴۸	K	۱۳۰/۴۳۸۲	قانون توان	
۲/۹۸۷۵	۰/۹۴۱۵	K_1	۰/۲۴۱۳	σ_0	۸۴/۱۸۸۰	کاسون	
۱/۰۵۰۷	۰/۹۶۹۳	n	۰/۶۶۳۹	K	۷۱/۲۰۰۵	هرشل - بالکلی	
۱۷۹/۰۰۷۲	۰/۸۳۷۹	μ_{p1}	۹۸/۳۸۵۰	σ_0	۲۸۶/۰۳۰۰	بینگهام	بریکس و ۲۰ دمای ۱۵
۰/۴۶۵۹	۰/۹۶۹۱	n	۰/۳۳۰۱	K	۳۵۳/۶۴۷۳	قانون توان	
۴/۵۱۴۳	۰/۹۰۷۸	K_1	۶/۱۸۲۵	σ_0	۱۸۹/۵۵۷۸	کاسون	
۱/۰۴۹۱	۰/۹۲۶۶	n	۰/۵۶۳۸	K	۲۶۲/۳۰۲۹	هرشل - بالکلی	
۳۷۴/۰۷۳۱	۰/۹۰۴۱	μ_{p1}	۳۳۵/۰۷۰۰	σ_0	۶۲۷/۲۹۰۰	بینگهام	بریکس و ۲۸ دمای ۱۵
۰/۴۱۶۲	۰/۹۸۲۷	n	۰/۳۳۲۹	K	۹۱۳/۴۲۳۸	قانون توان	
۶/۱۹۴۵	۰/۹۴۷۷	K_1	۱۱/۱۲۳۰	σ_0	۴۱۸/۵۷۰۷	کاسون	
۰/۶۱۵۳	۰/۹۶۷۰	n	۰/۴۸۸۳	K	۷۵۳/۹۳۰۴	هرشل - بالکلی	

جدول ۲: پارامترهای رئولوژیکی رب گوجه‌فرنگی کلدبریک و هات‌بریک در مدل قانون توان

محصول	بریکس	دما (°c)	میانگین شاخص رفتار جریان (—)	میانگین ضریب پایداری (Pa.sn)	محدوده‌ی سرعت برشی (s ⁻¹)	
رب گوجه‌فرنگی کلدبریک	۱۲	۱۵	۰/۲۲	۶۵/۴۵	۰/۴۸-۱۹/۲۸	
		۲۵	۰/۲۳	۶۱/۱۵	۰/۴۵-۱۷/۹۸	
		۳۵	۰/۲۳	۵۸/۶۰	۰/۴۵-۱۷/۹۱	
	۲۰	۱۵	۰/۲۲	۱۵۸/۴۰	۰/۴۷-۱۸/۷۴	
		۲۵	۰/۱۹	۱۳۳/۲۷	۰/۵۶-۲۲/۲۴	
		۳۵	۰/۲۴	۱۱۷/۸۴	۰/۴۳-۱۷/۲۹	
	۲۸	۱۵	۰/۲۱	۳۵۶/۵۲	۰/۴۹-۱۹/۷۴	
		۲۵	۰/۲۳	۳۱۹/۴۵	۰/۴۵-۱۸/۰۷	
		۳۵	۰/۲۶	۲۸۰/۹۳	۰/۴۰-۱۶/۰۲	
	رب گوجه‌فرنگی هات‌بریک	۱۲	۱۵	۰/۲۷	۱۴۰/۸۸	۰/۳۹-۱۵/۷۰
			۲۵	۰/۳	۱۳۰/۴۴	۰/۳۶-۱۴/۲۱
			۳۵	۰/۳۳	۱۱۵/۴۷	۰/۳۱-۱۲/۵۸
۲۰		۱۵	۰/۳	۳۷۷/۷۸	۰/۳۴-۶/۹۰	
		۲۵	۰/۳۳	۳۵۳/۶۵	۰/۳۲-۶/۳۴	
		۳۵	۰/۳۶	۳۲۹/۰۸	۰/۲۹-۵/۸۰	
۲۸		۱۵	۰/۳۲	۹۴۴/۱۶	۰/۳۳-۳/۳۰	
		۲۵	۰/۳۳	۹۱۳/۴۲	۰/۳۱-۳/۱۴	
		۳۵	۰/۳۶	۸۶۵/۵۸	۰/۲۹-۲/۸۹	

جدول ۳: پارامترهای رئولوژیکی رب گوجه‌فرنگی کلدبریک و هات‌بریک در مدل هرشل - بالکلی

محصول	بریکس	دما (°C)	تنش حد (Pa)	n (-)	ضریب پایداری (Pa.s ⁿ)	محدوده‌ی سرعت برشی (s ⁻¹)
رب گوجه‌فرنگی 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
رب گوجه‌فرنگی 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

۴- 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.

۵- منابع

- ۱ - 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.