



## تعیین استاندارد آزمون بوستویک جهت برآورد قوام رب گوجه‌فرنگی اسپتیک

آرزو تاج نیا<sup>۱\*</sup>، حمید توکلی‌پور<sup>۲</sup>، امیر حسین الهامی راد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار (مسوول مکاتبات)

پست الکترونیک: [tajnia.arezoo@yahoo.com](mailto:tajnia.arezoo@yahoo.com)

استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۰/۲۳

### چکیده

در این پژوهش به بررسی و تعیین استاندارد کار با قوام‌سنج بوستویک توسط رب گوجه‌فرنگی تولید شده از فرایند کلد بریک پرداخته شده است. با توجه به این که قوام و ویسکوزیته می‌تواند به عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی مواد غذایی در استانداردهای رب گوجه‌فرنگی لحاظ شود در هیچ کدام از استانداردهای ایران نامی از ویسکوزیته و قوام به میان نیامده است و استاندارد مشخصی نیز برای کار با قوام‌سنج بوستویک برای تعیین قوام رب گوجه‌فرنگی تعیین نشده است. در این پژوهش به بررسی و تعیین استاندارد کار با قوام‌سنج بوستویک توسط رب گوجه‌فرنگی تولید شده از فرایند کلد بریک در سه بریکس ۱۶، ۲۰ و ۲۵، دمای ۲۵، ۳۵ و ۴۵<sup>o</sup>C پرداخته شده است. مطابق نتایج این پژوهش، بریکس ۱۶ و ۲۰ و زمان ۳۰ ثانیه و دمای اتاق به عنوان مقادیر بهینه جهت کار با دستگاه قوام‌سنج بوستویک، توصیه می‌شود که با استاندارد جهانی این دستگاه کاملاً همخوانی دارد.

واژه‌های کلیدی: رب گوجه‌فرنگی، فرایند کلد بریک، قوام‌سنج بوستویک

### ۱- مقدمه

تولید رب گوجه‌فرنگی به دو روش خرد کردن گرم (هات بریک) و روش خرد کردن سرد (کلدبریک) صورت می‌گیرد. در ایران اکثر کارخانه‌ها به روش کلدبریک کار می‌کنند و محصول حاصل از این روش، رنگ، شیرینی و نرمی بافت مطلوبی دارد (۱ و ۵). در سیالات، ویسکوزیته را می‌توان به صورت ساده به عنوان اصطکاک داخلی در یک سیال یعنی مقاومت آن به جریان یافتن تعریف کرد. عامل اصلی ویسکوزیته در رب گوجه‌فرنگی مواد جامد نامحلول است که این مواد شامل سلول‌های سالم، شکسته یا له شده، قطعات سلولی، پلیمرهای بلند زنجیره لیگنین، سلولز، همی سلولوز و مواد پکتینی نامحلول می‌باشند (۳). برای کنترل کیفیت رب تولیدی راه ساده‌تر، محاسبه‌ی جامدات محلول طبیعی (NTSS) یا بریکس در سرم است که شاخصی برای قوام محصول است. راه مناسب‌تر استفاده از قوام‌سنج بوستویک و عدد قوام به

1- Hot break  
2- Cold break



عنوان شاخصی از ویسکوزیته است که این روش در کارخانجات تولید رب گوجه فرنگی معمول می‌باشد، اما روش دقیق، استفاده از انواع ویسکومتر و رئومترهاست که کاربرد این ابزارها گران می‌باشد. قوام‌سنج بوستویک، کمیتی به نام عدد قوام می‌دهد. این کمیت به گونه‌ای است که مجموعه‌ی خواص رئولوژیکی را که مسوول رفتار ویسکوز غیرنیوتنی محصول می‌باشد تحت پارامتر واحدی گرد می‌آورد. به این تکنیک خیلی ساده، کانسیستنسی بوستویک یا آزمون بوستویک می‌گویند. این دستگاه یک ظرفی به شکل مکعب مستطیل است از جنس فولاد ضدزنگ که از دو بخش تشکیل شده است، دستگاه مقداری شیب بخش اول که کوچک تر از دومی است، معمولاً ۵ cm طول، ۵ cm عرض و ۳/۸ cm ارتفاع دارد و از اتاقک دوم توسط یک دریچه که به فنر متصل است جدا می‌گردد (۶،۲). این دستگاه بیش تر برای مواد نیمه جامد مانند رب‌ها، سس‌ها، کنسانتره‌ها، غذای کودک و ... به کار می‌رود (۶). اگر چه استفاده از قوام‌سنج بوستویک، آسان و در کارخانجات تولید رب گوجه فرنگی متداول است، ولی عدد قوام حاصل بسته به فرایند، وارپته‌ی گوجه فرنگی، غلظت، درجه حرارت و... متغیر است با توجه به این نکته لزوم تعیین استاندارد انجام آزمون بوستویک برای رب تولیدی در ایران ضروری به نظر می‌رسد. مارش در ۱۹۸۰ سال مشاهده کرد که وقتی غلظت محصولات گوجه فرنگی بیش از بریکس ۱۶ شود، استفاده از قوام‌سنج بوستویک، دیگر اعتبار ندارد چون مقدار جریان در حد ۱ cm یا کم تر است (۳). مک کارتی و سیمور در سال ۱۹۹۳ ضمن نشان دادن اثر نیروی ثقل در حرکت سیالات، مشخص کردند که حرکت مواد بر روی کف بوستویک تحت تاثیر نیروی ثقل می‌باشد. این دانشمندان در همان سال با بررسی سیالات نیوتنی معادله‌ی زیر را برای قوام‌سنج بوستویک ارائه کردند (۴).

$$L = \varepsilon_v \left( \frac{gq^3}{3v} \right)^{1/5} t^{1/5} \quad 1$$

$L$  = مسافت طی شده توسط سیال بر حسب متر در قوام‌سنج بوستویک،  $g$  = شتاب ثقل،  $q$  = حجم ماده در واحد عرض بوستویک

$\varepsilon_v$  = عدد ثابت ۱/۴۱،  $v$  = ویسکوزیته‌ی سینماتیکی -  $t$  = زمان جاری شدن سیال بر حسب ثانیه در قوام‌سنج بوستویک

مک کارتی و سیمور در سال ۱۹۹۴ رابطه‌ی زیر را برای اندازه‌گیری سرعت برشی اعمال شده در قوام‌سنج بوستویک،

$$\dot{\gamma} = \frac{L^2}{qt} \quad 2$$

ارائه کردند (۷):

معمولاً در استاندارد جهانی برای رب گوجه فرنگی کلد بریک عدد قوام پس از ۱۰ ثانیه بین ۱۴-۷ سانتیمتر و برای رب گوجه فرنگی هات بریک این مسافت بین ۱۰-۷ سانتیمتر گزارش شده است (۶). عدد قوام بوستویک برای رب اسپتیک



حاصل از فرایند هات بریک با بریکس ۱۲ در برخی کارخانجات ایران معمولاً بین ۵-۳/۵ و رب کلد بریک بین ۹-۶/۵ است. هدف از این پژوهش، بررسی و تعیین استاندارد کار با قوام‌سنج بوستویک جهت ارزیابی قوام رب گوجه فرنگی می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

رب گوجه فرنگی بدون نمک حاصل از فرایند کلد بریک با وارپته ی مخلوط که از کارخانه ی چین چین بین الملل با بسته بندی اسپتیک در ۹ بسته ۱/۵ کیلوگرمی تهیه گردید. علت انتخاب رب گوجه فرنگی حاصل از فرایند کلد بریک این بود که رب گوجه فرنگی در اکثر کارخانجات ایران به روش کلد بریک تولید می‌گردد. برای به دست آوردن نمونه با بریکس‌های پائین‌تر رقیق‌سازی با آب مقطر انجام شد. دانسیته ی رب گوجه فرنگی در بریکس و دماهای فوق توسط سرنگ اندازه گیری گردید.

جهت بررسی اثر تیمارها بر تغییرات ویسکوزیته ی سینماتیکی در قوام‌سنج بوستویک از آزمایش فاکتوریل بادو فاکتور (فاکتور ها شامل: فاکتور a (بریکس) در سه سطح ۱۶، ۲۰ و فاکتور b (دما) در سه سطح ۲۵، ۳۵، ۴۵ °C بر پایه ی طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار برای زمان های ۱۵، ۳۰ و ۶۰ ثانیه استفاده گردید. نرم افزار مورد استفاده Minitab 14 و Winstat Excel بود.

اندازه‌گیری طول حرکت سیال بر روی کف بوستویک در ۴ فاصله ی زمانی ۱۵، ۳۰، ۶۰ ثانیه صورت گرفت. پاتولو پرونا (۲۰۰۵) برای تعیین همبستگی بین درجه ی بوستویک و پارامترهای رئولوژیکی در پوره ی میوه جات از فواصل زمانی فوق استفاده کرد (۸). برای پیدا کردن ویسکوزیته ی سینماتیکی از رابطه ی (۱) استفاده و با قرار دادن مقادیر ثابت رابطه زیر حاصل شد:

$$\left(\frac{0.038 \times 0.05 \times 0.05}{0.05}\right) = 19 \times 10^{-4} m^2$$

← q = حجم ماده در واحد عرض بوستویک

t = زمان جاری شدن سیال بر حسب ثانیه در قوام‌سنج بوستویک

L = مسافت طی شده توسط سیال بر حسب متر در قوام‌سنج بوستویک

$$L = \varepsilon_v \left(\frac{gq^3}{3v}\right)^{1/5} t^{1/5} \longrightarrow v^{0.2} = \frac{0.0416}{L} \cdot t^{0.2}$$

طبق رابطه ی (۳) به ازای هر L یک ویسکوزیته ی سینماتیکی محاسبه شد که با ضرب کردن در دانسیته در هر بریکس و دما به صورت جداگانه ویسکوزیته ی دینامیکی محاسبه گردید. برای تعیین سرعت برشی از رابطه ی (۲)



استفاده گردید پس به ازای هر  $t$  و  $L$  یک سرعت برشی حاصل شد پس از انجام آزمایش های مربوط به بوستویک ، با کمک طول های حاصل از سه بریکس ۱۲،۱۶ و ۲۰ و سه دمای ۲۵،۳۵ و  $45^{\circ}C$  و چهار زمان ۵ ، ۱۵ ، ۳۰ و ۶۰ ثانیه با توجه به رابطه ی (۳) مقدار ویسکوزیته ی سینماتیک محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱: محاسبه ی میانگین ویسکوزیته ی سینماتیک و دینامیک و سرعت برشی در بریکس ۱۲ و دماهای ۲۵، ۳۵،  $45^{\circ}C$

$T (^{\circ}C)$	$t (s)$	$L (cm)$	$L (m)$	$L^2$	$q$	$qt$	$t^{0.2}$	$\nu (\frac{m^2}{s})$	$\rho (\frac{kg}{m^3})$	$\dot{\gamma} (s^{-1})$	$\eta (pa.s)$
۲۵	5	11.43333	0.114333	0.013072	0.0019	0.0095	1.37973	0.505633	1047.6	1.376012	529.7008
	15	11.56	0.1156	0.013363	0.0019	0.0285	1.718772	0.61852	1047.6	0.46889	647.9616
	30	11.6	0.116	0.013456	0.0019	0.057	1.97435	0.708043	1047.6	0.23607	741.7458
	60	11.71667	0.117167	0.013728	0.0019	0.114	2.267933	0.805229	1047.6	0.120421	843.5581
35	5	12.36667	0.123667	0.015293	0.0019	0.0095	1.37973	0.464125	1039.2	1.609836	482.3184
	15	12.5	0.125	0.015625	0.0019	0.0285	1.718772	0.572007	1039.2	0.548246	594.43
	30	12.58333	0.125833	0.015834	0.0019	0.057	1.97435	0.652712	1039.2	0.27779	678.2988
	60	12.68333	0.126833	0.016087	0.0019	0.114	2.267933	0.743858	1039.2	0.141111	773.0175
45	5	13.03333	0.130333	0.016987	0.0019	0.0095	1.37973	0.440384	1024.4	1.788082	451.1297
	15	13.13333	0.131333	0.017248	0.0019	0.0285	1.718772	0.544423	1024.4	0.605209	557.7071
	30	13.2	0.132	0.017424	0.0019	0.057	1.97435	0.62222	1024.4	0.305684	637.4017
	60	13.46667	0.134667	0.018135	0.0019	0.114	2.267933	0.700589	1024.4	0.15908	717.6836

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- تجزیه و تحلیل آماری و نتایج به دست آمده از جدول آنالیز واریانس

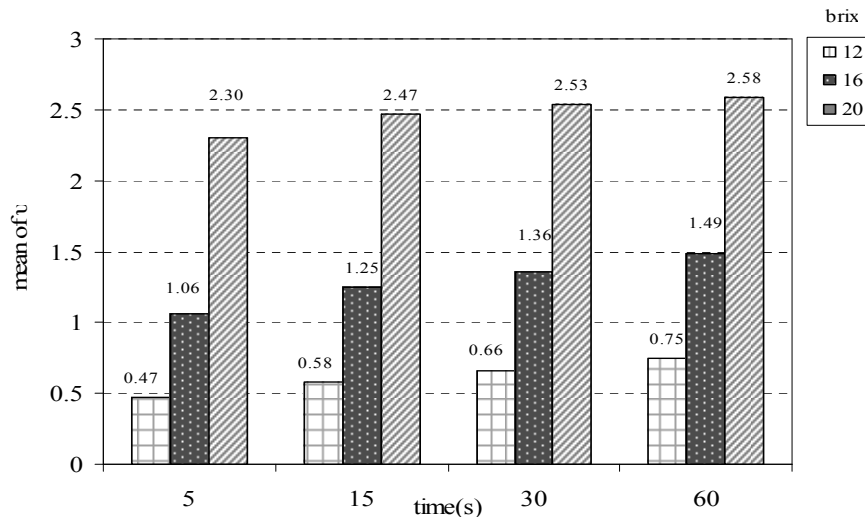
با توجه به جداول آنالیز واریانس به دست آمده ، مشاهده گردید که در قوام سنج بوستویک ، بریکس و دما هر دو بر ویسکوزیته ی سینماتیک حاصل موثرند (جدول ۲ برای زمان ۳۰ ثانیه به عنوان نمونه آورده شده است). با توجه به این که بالاترین مقدار MS مربوط به بریکس است چنین نتیجه گیری می شود که اصلی ترین فاکتور موثر در مقدار ویسکوزیته ی سینماتیک ، بریکس می باشد و درجه حرارت نیز اثر معنی داری بر ویسکوزیته ی سینماتیک دارد. همچنین اثر متقابل معنی داری بین دما و بریکس بر ویسکوزیته ی سینماتیک رب وجود دارد. این نتیجه در مورد چهار فاصله زمانی به دست آمده است.

جدول ۲: جدول آنالیز واریانس به دست آمده در زمان ۳۰ ثانیه

Source	DF	SS	MS	F	P
Brix	۲	۱۶/۱۴۱۶	۸/۰۷۰۸	۲۰۹۵/۱۱	۰/۰۰۰
Temp	۲	۰/۲۰۲۳	۰/۱۰۱۲	۲۶/۲۶	۰/۰۰۰
Brix*Temp	۴	۰/۱۲۴۶	۰/۰۳۱۱	۸/۰۸	۰/۰۰۱
Error	۱۸	۰/۰۶۹۳	۰/۰۰۳۹	—	—
Total	۲۶	۱۶/۵۳۷۸	—	—	—

نتایج بررسی اثر اصلی بریکس و دما بر میانگین ویسکوزیته ی سینماتیک حاکی از آن است که با افزایش بریکس ، میانگین ویسکوزیته افزایش می یابد. اصلی ترین عامل در مقدار ویسکوزیته ، میزان بکتین آن می باشد که با افزایش بریکس ، میزان

پکتین افزایش می‌یابد. بنابراین، در بریکس بالاتر انتظار ویسکوزیته ی بالاتری را داریم که این مطلب نتایج قبلی را نیز تایید می‌کند. شکل (۱) این مطلب را به وضوح نشان می‌دهد. این نتیجه‌گیری در چهار فاصله زمانی به دست آمده است.

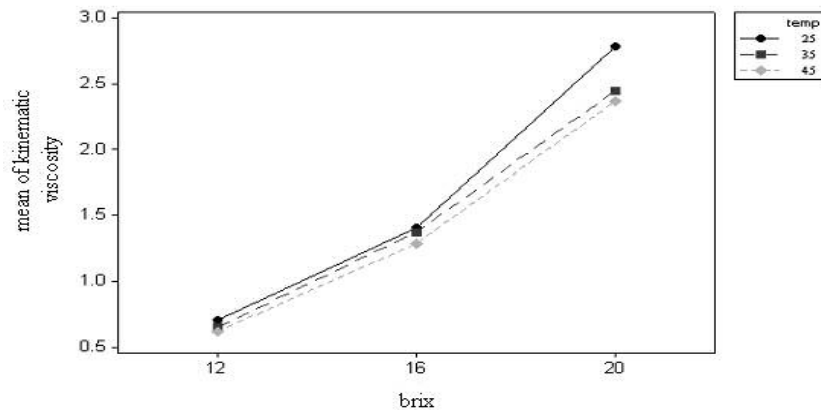


شکل ۱: بررسی اثر اصلی بریکس بر میانگین ویسکوزیته ی سینماتیک در چهار فاصله ی زمانی

همچنین نتایج حاصل نشان می‌دهد که مقدار میانگین ویسکوزیته با افزایش دما در بریکس ثابت کاهش می‌یابد، زیرا حرارت باعث دناتوره شدن و شکستن پیوندها خصوصا پیوند پکتین - پروتئین و کاهش ویسکوزیته ی ظاهری می‌شود.

### ۳-۲- بررسی اثر متقابل بریکس و دما بر میانگین ویسکوزیته ی سینماتیک در ۴ فاصله ی زمانی

با توجه به شکل (۲) مشاهده می‌شود که بیشترین پراکندگی نقاط در بریکس ۲۰ می‌باشد که بیانگر این مطلب است که اثر دما در بریکس‌های بالاتر مشهودتر است. یا به عبارتی تغییرات دما در بریکس‌های بالاتر بیش تر محسوس است. با توجه به تحقیقات قبلی مبنی بر این که پکتین و پیوند پکتین - پروتئین عامل اصلی در ویسکوزیته ی رب گوجه فرنگی است و با افزایش بریکس مقدار آن افزایش می‌یابد و نیز با توجه این که حرارت باعث دناتوره شدن پیوند پکتین - پروتئین و کاهش ویسکوزیته ی ظاهری می‌شود بنابراین در بریکس بالاتر در اثر حرارت تعداد بیش تری از این پیوندها شکسته و اختلاف میانگین ویسکوزیته در دمای ۲۵، ۳۵ و ۴۵ °C بیش تر خواهد بود.

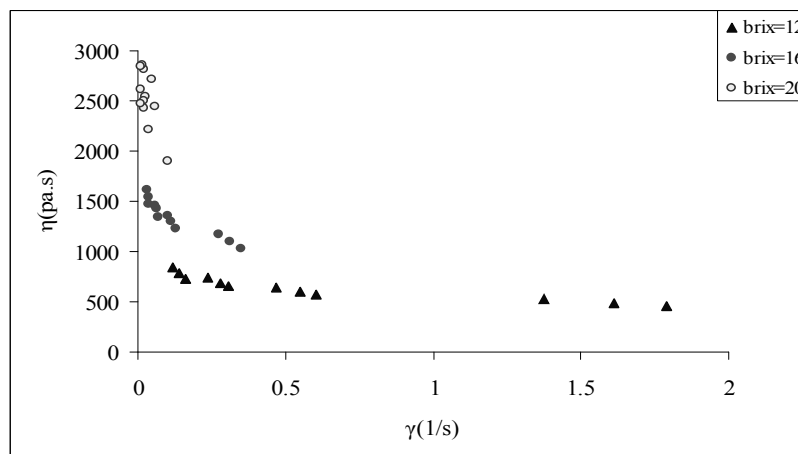


شکل ۲: اثر متقابل بریکس و دما بر میانگین ویسکوزیته ی سینماتیکی در ۳۰ ثانیه

این در حالی است که در بریکس ۱۲ و ۱۶ اثر تغییرات دمایی بر میانگین ویسکوزیته ، کم تر است. این نتیجه برای هر ۴ زمان حاصل شد. بنابراین هنگام کار با قوام سنج بوستویک در بریکس های ۱۲ و ۱۶ می توان از تغییرات دمایی صرف نظر کرد.

### ۳-۳- بررسی اثر سرعت برشی بر روی ویسکوزیته ی ظاهری

با رسم نمودار ویسکوزیته ی ظاهری بر حسب سرعت برشی مشاهده گردید که ویسکوزیته ی سیال در بریکس ۱۲ و ۱۶ با افزایش سرعت برشی به صورت غیر خطی تغییر کرده و کاهش می یابد (شکل ۳). این نتیجه در مورد هر سه دما به دست آمد ، ولی در بریکس ۲۰، سرعت برشی اثر مشخصی بر روی ویسکوزیته ی سیال نداشت.

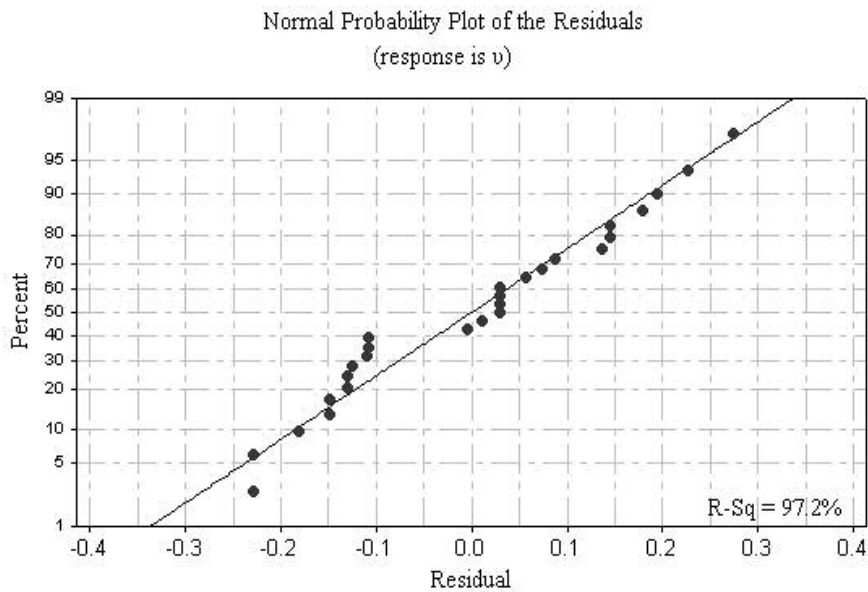


شکل ۳: ویسکوزیته ی ظاهری بر حسب سرعت برشی در بریکس ۱۲، ۱۶ و ۲۰، دمای ۲۵ °C

مارش (۱۹۸۰) نشان داد که وقتی بریکس رب گوجه فرنگی بیش تر از ۱۶ شود ، نتایج حاصل از قوام سنج بوستویک دیگر اعتبار ندارد که نتایج فوق این مطلب را تایید می کند (۳).

### ۳-۴- استفاده از رابطه ی رگرسیونی چند متغیره ، جهت برآورد ویسکوزیته ی سینماتیکی

با کمک مدل رگرسیون خطی و آنالیز رگرسیونی ویسکوزیته ی سینماتیک برحسب بریکس و دما در ۴ زمان ۱۵، ۳۰ و ۶۰ ثانیه می توان از معادلات حاصل جهت برآورد ویسکوزیته ی سینماتیک رب گوجه فرنگی استفاده نمود ( $P < 0.05$ ). در شکل (۴) احتمال نرمال الگوی خطی مبتنی بر توزیع نرمال در زمان ۳۰ ثانیه نشان داده شده است.



شکل ۴: احتمال نرمال الگوی خطی مبتنی بر توزیع نرمال در زمان ۳۰ ثانیه

مقایسه ی نمودارهای احتمال نرمال الگوی خطی و R-sq چهارفاصله ی زمانی ، نشان داد که داده ها در ۳۰ ثانیه بیش تر از معادله ی حاصل پیروی می کنند.

جدول ۳ : جدول رابطه ی رگرسیونی و R-sq حاصل

R-sq	رابطه رگرسیونی $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2 + \varepsilon$	زمان
89.1%	$\nu = -4.39 + 0.390B + 0.0572T - 0.00461B \times T$ *	۵ ثانیه
95.4%	$\nu = -3.68 + 0.348B + 0.0380T - 0.00319B \times T$	۱۵ ثانیه
97.2%	$\nu = -3.01 + 0.306B + 0.0223T - 0.00204B \times T$	۳۰ ثانیه
93.5%	$\nu = -2.59 + 0.284B + 0.0152T - 0.00157B \times T$	۶۰ ثانیه

\* در روابط فوق B بریکس، T درجه حرارت بر حسب درجه سانتیگراد و  $\nu$  ویسکوزیته ی سینماتیک بر حسب  $\frac{m^2}{s}$  می باشد.



#### ۴- نتیجه گیری

باتوجه به نتایج حاصل و بررسی رفتار رئولوژیک رب گوجه فرنگی توسط قوامسنج بوستویک نشان می دهد بریکس ۱۶و۱۲، زمان ۳۰ ثانیه و دمای اتاق به عنوان مقادیر بهینه جهت کار با قوامسنج بوستویک برای رب تولیدی در ایران توصیه می شود که با استاندارد جهانی این دستگاه کاملاً همخوانی دارد.

#### ۵- منابع

۱. فلاحی، م.، ۱۳۷۲. صنایع تبدیلی گوجه فرنگی (رب). چاپ گوتمبرگ.
2. Abu - Jdayil , B., Banat , f., and Jumah , R . 2004 . A comparative study of rheological characteristics of tomato paste and tomato powder solutions, International Journal of Food Properties , Vol. 7 , No.3, PP. 483-497.
3. Barrette, D.M., Garcia, E. and Wayne, J. E. 1998. Textural modification of processing tomato, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38 (3) : 172 – 258.
4. Bourne , M.C . 2002 . Food texture and viscosity concept and measurement , Second Edition, PP. 213 – 216.
5. Goose, P. and Binsted, R. 1973 . Tomato paste and other tomato products , 2 Edition , London , Food Trade Press LTD, PP.1-156
6. Hayes , W. A. , Smith , P . G . and Morris , A. E. 1998 . The production and quality of tomato concentrates , Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38 (7) : 537 – 564.
7. Mc Carthy , K . L . and Seymour , J . D. 1993. A fundamental approach for the relationship between the bostwick measurement and newtonian fluid viscosity, J. of Texture Studies, Vol: 24 : 1-10.
8. Perona , P . , 2005 . Bostwick degree and rheological properties, J. Applied Rheology, 15(4):218-229