مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال نهم، شماره 2، تابستان 1393، صفحات 38-29

بهینه‌سازی راندمان استخراج صمغ دانه "به" و اندازه‌گیری خصوصیات رئولوژی در شرایط بهینه استخراج

بهمن عباس تبار[1] ، محمد حسین عزیزی[2] ، سلیمان عباسی[3]

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
2- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، پست الکترونیکی: azizit_m@modares.ac.ir
3- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 92/8/22 تاریخ پذیرش: 92/12/5

چکیده

سابقه و هدف: صمغ‌های غذایی از جمله افزودنی‌هایی هستند که نقش‌های گوناگونی از قبیل قوام دهندگی، ژل دهندگی، پایدارکنندگی را در محلول‌های غذایی ایفا می‌کنند. در این پژوهش بهترین شرایط استخراج صمغ و همچنین خصوصیات رئولوژی آن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: راندمان استخراج صمغ دانه به در دامنه دمایی (°C 80-25)، pH (11-3) و نسبت آب به دانه (w/w120-50) با روش سطح پاسخ RSM (Response Surface Methodology) بهینه‌سازی شد. خصوصیات رئولوژی صمغ دانه به از قبیل محدوده ویسکوالاستیک خطی و تغییرات مدول‌های افت و ذخیره با تغییر فرکانس با رئومتر (Anton Paar, MCR300, CC27)، و ویسکوزیته اینترینسیک و ثابت هاگینز با ویسکومتر موئین اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: با استفاده از روش سطح پاسخ عوامل دما و نسبت آب به دانه اثرات خطی معنی‌دار بر راندمان استخراج صمغ دانه به در سطح احتمال 0/05 از خود نشان دادند. بهترین شرایطی که این طرح آماری برای بیشترین راندمان ارائه می‌دهد دمای (°C 60/77)، pH (6/6) و نسبت آب به دانه (w/w 96/2) می‌باشد. مدل کراس برازش خوبی با رگرسیون بالای 0/9 از داده‌ها ارائه داد. غلظت بحرانی صمغ در غلظت 0/077 درصد اتفاق افتاد. محدوده ویسکوالاستیک خطی در غلظت 0/3 درصد در کرنش 11/4 درصد از حالت خطی خارج شد و مدول‌های افت و ذخیره صمغ 0/3 درصد وابسته به افزایش فرکانس بود. ویسکوزیته اینترینسیک و ثابت هاگینز اندازه‌گیری شده به ترتیب 1530ml/g و 0/31 برآورد شد.

نتیجه‌گیری: صمغ دانه به دارای راندمان استخراجی بالا، ساختار ژلی قوی و حجم هیدرودینامیک بالایی است که می‌توان از این صمغ برای محصولات غذایی به عنوان قوام دهنده استفاده کرد.

واژگان کلیدی: استخراج ، روش سطح پاسخ ، رئولوژی، محدوده ویسکوالاستیک خطی

• مقدمه

صمغ‌ها پلی‌ساکاریدهایی با وزن مولکولی بالا هستند که پس از حل شدن در حلالی که معمولاً آب است، ژل‌ها یا محلول‌های ویسکوز را تولید می‌کنند که از تراوشات گیاهی، جلبک‌های دریایی و به صورت اگزوپلی ساکاریدها از باکتری‌ها به دست می‌آیند (1). صمغ‌ها نقش‌های متفاوتی از قبیل غلیظ‌کنندگی، پایدارکنندگی، ژل‌دهندگی و اصلاح کنندگی بافت را در غذاها ایفا می‌کنند. هیدروکلوئیدهای با منشاء گیاهی نسبت به جانوری دارای مقبولیت بیشتری در میان عموم مردم هستند. دانه‌های گیاهی یکی از منابع مرسوم و قدیمی برای تولید صمغ‌ها است، دانه‌هایی همچون لوبیای لوکاست، بزرگ، شنبلیله، قدوم شهری و شیرازی از منابع صمغ‌های دانه‌ای هستند (2). بازار هیدروکلوئیدها طبق آمار سال 2009 تقریباً در4/4 میلیارد دلار با حجمی به مقدار 26000 تن برآورد می‌شود و با نرخی 3-2 درصدی رو به افزایش است (3).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

صمغ دانه به را نیز می‌توان در گروه صمغ‌های دانه‌ای دیگر از قبیل بزرگ، ریحان، شنبلیله و ... قرار داد. موسیلاژ دانه به از زمان‌های قدیم برای درمان‌های طبیعی سرماخوردگی در ایران مورد استفاده قرار می‌گرفته است (4).

نام علمی جنس به، (*Cydonia*) به شهر صیدون که دارای درختان به بوده است منسوب است و گونه *C.oblonga* یا به معمولی، مهم‌ترین گونه این جنس محسوب می‌شود. گونه دیگر نزدیک به این‌گونه، به ژاپنی است که درختچه‌ای با گل‌های قرمز و متحمل به سرما است، این‌گونه در تقسیم‌بندی‌های گیاه شناختی قدیمی‌تر *C.japonica* و در حال حاضر *Chaenomeles japonica* نامیده می‌شود (5). میوه به از نوع میوه‌های دانه‌دار بوده و در هر برچه 2 عدد تخمک وجود دارد و در صورت عمل گرده‌افشانی و تلقیح کامل 10 عدد دانه در داخل میوه تشکیل می‌شود (6). از مطالعات انجام‌یافته بر روی میوه به، می‌توان اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره متانولی میوه به را بیان کرد که نشان داده شد جزء فنولی عصاره از جزء اسید آلی میوه‌ی به، دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری است و ظرفیت آنتی اکسیدانی پوست بیشتر به محتوای اسید کافئیل کوئینیک وابسته است (7). آب "به" آب پز شده در ماست هم نزده مورد استفاده قرار گرفت. این آب باعث بازدارندگی رشد لاکتیک اسید باکتری‌ها (به دلیل پلی فنول های زیاد آن) و باعث افزایش pH و کاهش لاکتیک اسید ماست گردید و ماستی نرم تر با شکل‌پذیری بیشتر و ویسکوزیته و رفتار الاستیکی کمتری را سبب شد (8). متداولترین روش استخراج صمغ از دانه‌ها روش آبی است که برای بهینه سازی شرایط استخراج می‌توان از ابزارهایی مثل روش سطح پاسخ استفاده کرد که اثرگذاری متغیرهایی از قبیل دما، نسبت آب به دانه و pH را بر راندمان استخرج صمغ مورد تحلیل قرار می‌دهد و باعث بهینه کردن شرایط برای حصول بیشترین راندمان می‌شود (2). مطالعات انجام شده بر روی صمغ دانه به نیز نشان داد که هیدرولیز صمغ دارای اجزایی شامل Ara، Xyl، Gal و Glc به نسبت 34: 4: 54: 8 می باشد (9). مطالعات رئولوژی زیادی بر روی صمغ‌های دانه‌ای تجاری از قبیل صمغ گوار، لوبیای لوکاست انجام شده است اما مطالعات چندانی بر روی منابع جدید صمغ‌های دانه‌ای از قبیل بزرگ، شنبلیله، قدوم شهری و شیرازی، ریحان و مخصوصا صمغ دانه به صورت نگرفته است (10). در این پژوهش به بررسی شرایط بهینه استخراج صمغ دانه به و همچنین خصوصیات رئولوژی این صمغ پرداخته ایم.

• مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه: میوه به متعلق به گونه *C.oblonga* در فصل تابستان از استان اردبیل جمع‌آوری گردید و بعد از برش دادن میوه، دانه‌های خارج شده از میوه در دمای اتاق خشک و بسته‌بندی شد و در مکان خشک و دمای پایین (8°C) تا زمان استخراج ذخیره گردید.

استخراج آبی صمغ دانه به: استخراج صمغ دانه به با روش گزارش شده توسط کوچکی و همکاران (2009) همراه با کمی تغییر انجام شد. به طور خلاصه استخراج صمغ دانه‌های کامل میوه به در آب دیونیزه در دامنه دمایی (25-80°C)، pH (3-11) و نسبت آب به دانه (w/w 50-120) با یکسان نگه‌داشتن شرایط آزمون انجام شد. برای ثابت نگه‌داشتن pH از سود و اسید کلریدریک 0/1 نرمال استفاده شد و شرایط گرمایی از طریق هیتر-استیرر مدل MR3001 (Heraeus، آلمان) اعمال شد. صمغ استخراج شده با مش 80 فیلتر و در آون 50 درجه سانتی‌گراد تحت خلاء خشک گردید (2).

راندمان استخراج صمغ دانه به: راندمان استخراج صمغ دانه به در شرایط مختلف بعد از خشک کردن صمغ براساس وزن مرطوب اندازه‌گیری شد (11).

$$Y = 100 \times (\frac{M_1}{M_2})$$

M_1: وزن صمغ استخراج شده (g)

M_2: وزن دانه به (g)

طرح آزمایش و آنالیز داده‌ها: تأثیر متغیرهای دما (°C 25-80)، pH (3-11) و نسبت آب به دانه (w/w 50-120) از طریق طرح مرکب مرکزی (CCD) بر راندمان استخراج صمغ دانه به مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمون 20 تیمار با 3 متغیر مستقل تأثیرگذار بر راندمان با 5 سطح برای هر یک از متغیرها درنظر گرفته شد که شامل 8 نقطه فاکتوریل، 6 نقطه استار و 6 نقطه مرکزی می‌باشد.

نقاط فاکتوریل برای تخمین مقادیر خطی و متقابل متغیرها استفاده می‌شود در حالی که نقاط محوری سطوح اضافی برای تخمین مقادیر درجه دوم متغیرها را تأمین می‌کند. تکرارهای نقاط مرکزی برای تخمین خطای خالص و مقادیر درجه دوم استفاده می‌شود همچنین تکرارهای نقاط مرکزی برای تعیین عدم برازش استفاده می‌شود (11).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

پیش‌بینی بهترین شرایط استخراج صمغ دانه به از طریق رابطه زیر بیان گردید:

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i \chi_i + \sum \beta_i{}^2 \chi_i{}^2 + \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j$$

در این رابطه y بیان کننده راندمان پیش‌بینی شده، β_0 نقطه تلاقی، β_1, β_2 و β_3 ضرایب رگرسیون برای مقادیر خطی، β_{11}, β_{22} و β_{33} اثرات درجه دوم متغیرها، β_{12}, β_{13} و β_{23} تأثیرات متقابل متغیرها را نشان می‌دهد و x_1, x_2 و x_3 متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر راندمان می‌باشد. معنی دار بودن مدل و اثرات متغیرها با در نظرگرفتن آنالیز واریانس در سطح احتمال 0/05 مورد ارزیابی قرار گرفت (12).

اندازه‌گیری ویژگی‌های ویسکوالاستیک صمغ دانه به: اندازه‌گیری محدوده خطی صمغ دانه "به" به وسیله رئومتر (Anton Paar, MCR300, CC 27) در غلظت 0/3 درصد در دامنه کرنش 100-0/01 درصد و فرکانس ثابت 10Hz در دمای اتاق انجام شد. آزمون فرکانس در دامنه 100-0/01 Hz و در محدوده خطی اندازه‌گیری شده انجام شد و وابستگی مدول ذخیره (G') و افت (G") با تغییرات فرکانس مورد ارزیابی قرار گرفت.

تخمین ضرایب کراس: محلول‌های 0/7%، 0/5%، 0/3%، 0/2%، 0/1%، 0/03%، 0/02% و 0/01% (w/w) صمغ دانه به تهیه شد سپس به مدت 24 ساعت در دمای 4 درجه نگه‌داری شد تا آبگیری به صورت کامل انجام شود. داده‌های مربوط به ویسکوزیته و تنش برشی از طریق نرم‌افزار Matlab 2013a در دمای 25 درجه و دامنه نرخ برشی (1/s)100-0/01با مدل کراس برازش داده شد.

$$\eta_a = \eta_\infty + \frac{(\eta_0 - \eta_\infty)}{[1 + \tau\gamma^m]}$$

در این رابطه η_a ویسکوزیته ظاهری (Pa s)، η_∞ ویسکوزیته در نرخ برش بینهایت (Pa s)، η_0 ویسکوزیته در نرخ برش صفر (Pa s)، γ نرخ برش (1/s)، $\tau(s)$ ثابت زمانی و m ثابت بعد می‌باشد (13).

تعیین غلظت بحرانی، ویسکوزیته اینترینسیک و ثابت هاگینز: غلظت بحرانی صمغ دانه به و شیب نواحی رقیق و نیمه رقیق با ترسیم لگاریتم غلظت در دامنه 0/7-0/013 درصد در برابر لگاریتم ویسکوزیته ویژه اندازه‌گیری شد. ویسکوزیته اینترینسیک صمغ دانه به در غلظت‌های 0/07، 0/056، 0/048 و 0/041 درصد بوسیله ویسکومتر موئین و از طریق ترسیم نمودار غلظت در برابر ویسکوزیته کاهش-یافته و ویسکوزیته ذاتی و میانگین گرفتن از نقطه تلاقی دو نمودار با محور y ها تخمین زده شد و ثابت هاگینز صمغ از طریق معادله هاگینز برآورد شد

$$\frac{\eta_{sp}}{C} = [\eta] + k\,[\eta]^2 C$$

در این رابطه η_{sp} ویسکوزیته ویژه، η ویسکوزیته اینترینسیک، C غلظت و k ثابت هاگینز می‌باشند (14).

آنالیز آماری: تمام 20 تیمار انجام شده در طرح مرکب مرکزی برای استخراج صمغ به صورت 3 بار تکرار انجام شد و نتایج به صورت میانگین وارد گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های مدل کراس با SPSS 21 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون‌های ANOVA، Post hoc دانکن و LSD صورت گرفت. برازش داده‌های رئولوژیکی و تعیین ضرایب با نرم‌افزار Rheouplus انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Office Excel 2013 ترسیم شد.

• یافته‌ها

اثرات خطی متغیرها بر راندمان استخراج: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 1) نشان دادکه مدل Quadratic معنی‌دار است ($p<0/05$). متغیرهای دما و نسبت آب به دانه اثرات خطی معنی داری را بر راندمان استخراج صمغ دانه به نشان می‌دهد و دما بیشترین تأثیر را اعمال می‌کند. همان طور که شکل 1a نشان می‌دهد راندمان با دما و نسبت آب به دانه رابطه مستقیم دارد اما اثر خطی pH بر راندمان معنی‌دار نیست.

اثرات درجه دوم و متقابل متغیرها بر راندمان استخراج: جدول و رابطه 1 نشان می‌دهد اثرات درجه دوم متغیرها معنی‌دار بوده ($p<0/05$) و این اثرات برای متغیر دما و نسبت آب به دانه مثبت و برای pH منفی است و همان طور که در شکل 1a، 1bو 1c مشاهده می‌شود متغیرها اثرات متقابل معنی‌دار ندارند.

بهترین شرایط استخراج صمغ دانه به: بهترین شرایطی که این طرح آماری برای بیشترین راندمان ارائه می‌دهد دمای (60/77°C)، pH (6/6) و نسبت آب به دانه (96/2 w/w) می‌باشد. معادله‌ای که مدل برای استخراج صمغ دانه به بیان می‌کند:

$$Y = 13/57 + 0/26x_1 - 0/14x_2 + 0/19x_3 - 0/26x_1^2 - 0/51x_2^2 - 0/17x_3^2 - 0/04x_{12} - 5/55\times10^{-3}x_{13} - 3/37\times10^{-3}x_{23}$$

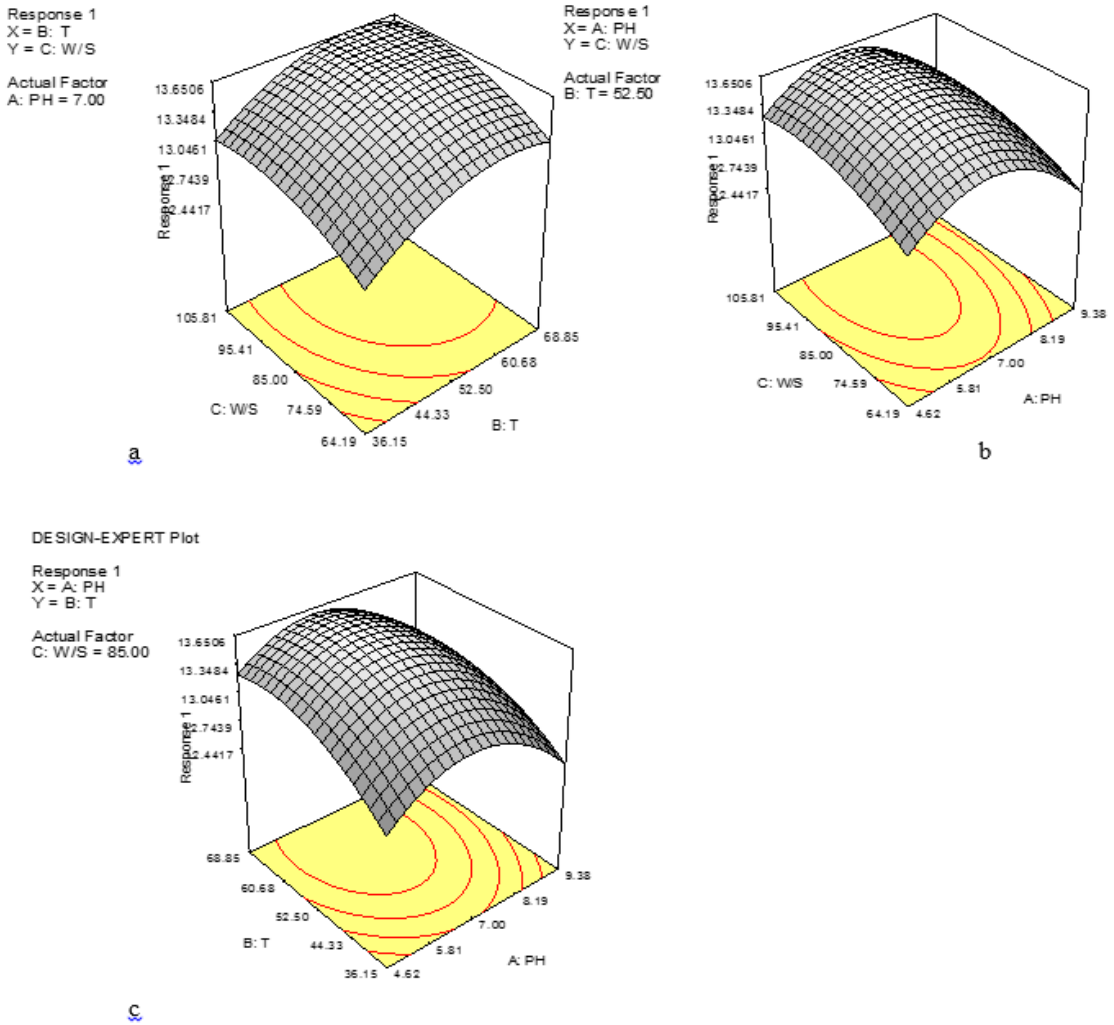
Y (درصد راندمان استخراج صمغ)، x_1، x_2 و x_3 به ترتیب عامل‌های غیر وابسته دما، pH و نسبت آب به دانه هستند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول 1. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در استخراج صمغ دانه به

P-value	*F-value*	MS	SS	d.f.	sources
					Regression
0/1032	24/14	1/68	1/68	3	Linear
0/0376	72/68	5/14	5/14	3	Quadratic
2/58	0/18	0/01	0/01	6	Cross product
0/0007	9/79	0/69	6/22	9	Model
		0/071	0/71	10	Residual
0/1555	2/64	0/1	0/51	5	Lack of fit
-	-	0/039	0/19	5	Pure error
-	-	-	6/93	19	Cor Total

d.f درجه آزادی، SS مجموع مربعات و MS میانگین مربعات



شکل 1. اثرات متقابل دما- نسبت آب به دانه (a)، pH-نسبت آب به دانه (b) و دما- pH بر استخراج صمغ دانه به

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

ضرایب مدل کراس، شیب نواحی رقیق و نیمه رقیق و غلظت بحرانی صمغ دانه به: جدول 2 نشان می‌دهد که مدل کراس با R^2 بالای 0/98 داده‌های ویسکوزیته و تنش برشی را در غلظت‌های مختلف برازش می‌دهد. ویسکوزیته صفر و بینهایت با غلظت صمغ رابطه مستقیم نشان داده است. بالا بودن درجه روان کنندگی (m) رفتار شدیدا رقیق شونده با برش را اثبات می‌کند. شیب نواحی رقیق و نیمه رقیق (شکل 2a) صمغ دانه به در غلظت بحرانی 0/077 درصد تغییر می‌کند و از 0/6 به 2 شدیدتر می‌شود.

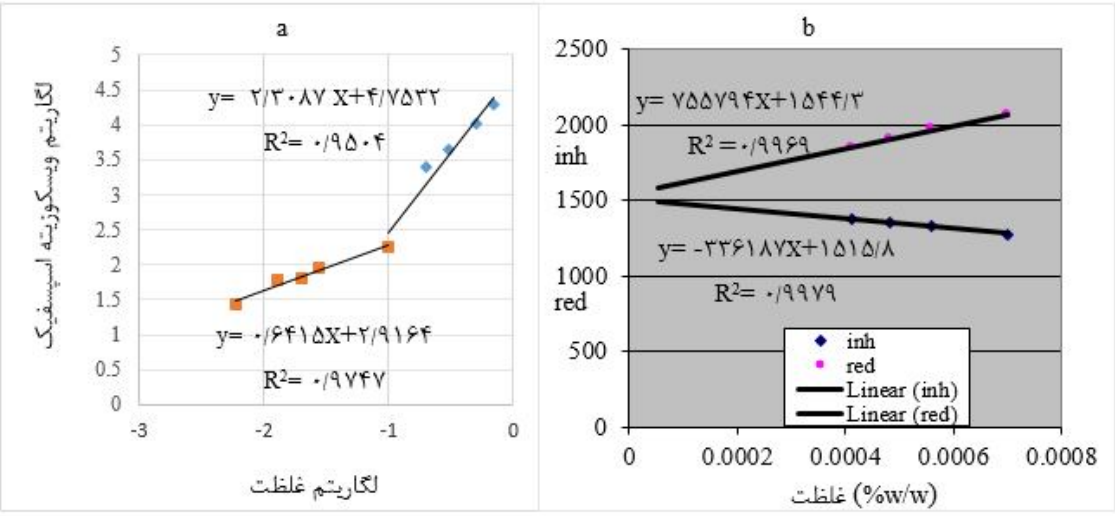
ویسکوزیته اینترینسیک: ویسکوزیته اینترینسیک صمغ دانه به در شکل 2b نشان داده شده است. با ترسیم η_{red} تابع غلظت و برون‌یابی تا غلظت صفر بر اساس معادله هاگینز، ویسکوزیته اینترینسیک $[\eta]$ =1530 ml/g که عرض از مبدأ معادله خط است برآورد شد و از طریق شیب خط، ثابت هاگینز k=0/31 محاسبه شد.

آزمون روبش کرنش و روبش فرکانس: آزمون روبش فرکانس و روبش کرنش نشان می دهد محدوده ویسکوالاستیک خطی صمغ دانه به در غلظت 0/3 درصد در کرنش 11/4 درصد از حالت خطی خارج شد (3a) و در آزمون فرکانس با افزایش سرعت زاویه‌ای هر دو مدول ذخیره (G') و افت (G") افزایش یافت و در تمامی فرکانس‌ها مخصوصا در فرکانس‌های پایین G' از G" بیشتر بود (3b).

جدول 2. طرح مرکب مرکزی و پاسخ متغیر وابسته برای استخراج صمغ دانه به در مقابل متغیرهای مستقل

Run No.	Coded level of variables			Response
	X_1	X_2	X_3	Y (contents, %)
1	0	0	0	13/4985
2	0	1/682	0	13/6321
3	-1	1	1	12/9821
4	0	0	-1/682	12/7666
5	-1/682	0	0	12/5927
6	0	0	0	13/3393
7	0	0	0	13/5385
8	0	0	0	13/7346
9	1	-1	1	12/3781
10	1/682	0	0	12/0101
11	0	0	1/682	13/7405
12	0	0	0	13/8583
13	-1	-1	1	12/5321
14	1	-1	-1	12/1213
15	0	0	0	13/4123
16	-1	1	-1	12/734
17	-1	-1	-1	12/3012
18	-1	1	1	12/4321
19	1	1	1	12/6273
20	0	-1/682	0	12/3846

Y (راندمان استخراج صمغ دانه به)، X_1 (pH)، X_2 (دما) و X_3 (نسبت آب به دانه) ؛ کدهای 1/682، 1/682-، 1، 1- و 0 به ترتیب حد بالا فاکتورها، حد پایین فاکتورها، فاکتورهای بزرگتر از نقاط مرکزی، فاکتورهای کوچکتر از نقاط مرکزی و نقاط مرکزی فاکتورها می‌باشند.



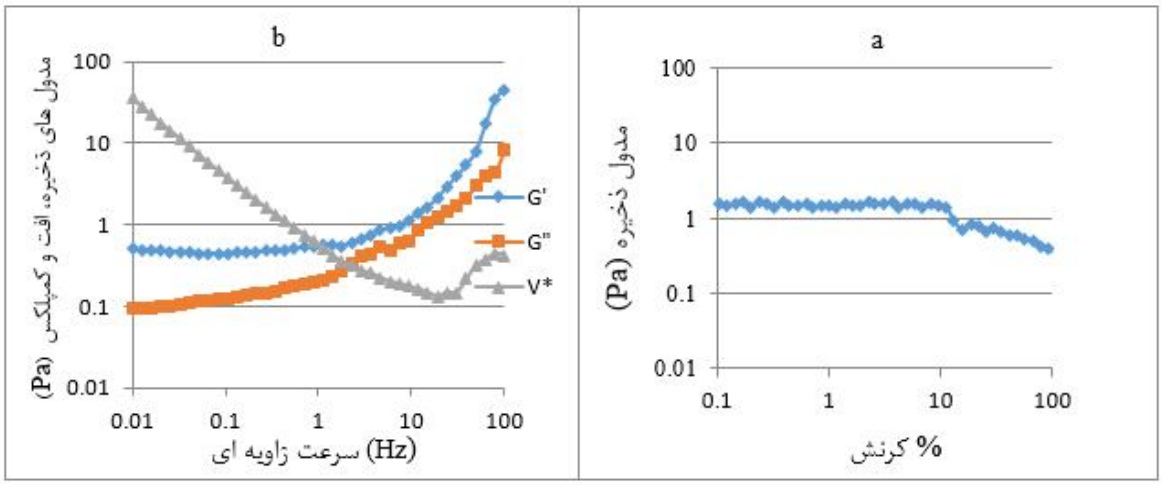
شکل 2. شیب نواحی رقیق، نیمه رقیق و غلظت بحرانی صمغ دانه به (a)، نمودار های ویسکوزیته کاهش یافته و ذاتی صمغ دانه به (b)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول 3. محاسبه ضرایب مدل کراس در غلظت‌های مختلف صمغ دانه‌ی به

غلظت	ضریب η_∞	η_0	K	m	SEE	R^2	AdjR^2	RMSE
0/7	0/285[b]	42/22[a]	37/04[a]	0/8555[b]	29/71	0/9929	0/9925	0/7283
0/5	0/1302[c]	24/7[b]	49/99[b]	0/9285[a]	3/321	0/9971	0/997	0/2398
0/3	0/003131[a]	16/41[c]	131/6[c]	0/7358[c]	0/03293	0/9998	0/9998	0/02425
0/2	0/003604[a]	8/415[d]	114/5[d]	0/7258[d]	0/01584	0/9998	0/9997	0/01682
0/1	0/01127[d]	0/3131[e]	4/338[e]	1/251[e]	0/00951	0/9871	0/9864	0/01303
0/028	0/00389[a]	0/1548[f]	28/93[f]	0/9352[f]	0/0007149	0/9891	0/9885	0/003573
0/02	0/003075[a]	0/17[g]	64/59[g]	0/8931[g]	0/0005085	0/9876	0/987	0/003013
0/013	0/002377[e]	0/1631[h]	70/61[h]	0/9291[a]	0/0003223	0/9907	0/9902	0/002399

حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده عدم معنی داری در سطح 0/05 در آزمون دانکن می‌باشد



شکل 3. محدوده ویسکوالاستیک خطی صمغ دانه‌ی به در غلظت 0/3 درصد و در دامنه کرنش 1000%-0/1 (a)، تغییرات مدول ذخیره، افت و کمپلکس صمغ دانه‌ی به در غلظت 0/3 درصد و در فرکانس (Hz) 100-0/01 (b)

• بحث

تأثیر عوامل دما، pH و نسبت آب به دانه در استخراج صمغ: مطالعات انجام شده توسط Koocheki و همکاران در سال 2010 بر روی بهینه سازی شرایط استخراج صمغ قدوم شیرازی نشان داد که دما و نسبت آب به دانه اثر معنی‌دار ($p<0/05$) بر روی راندمان استخراج دارد و اثر pH بی معنی بوده است و در میان اثرات متقابل اثر pH - نسبت آب به دانه معنی دار ($p<0/05$) بود (15). با افزایش دما حلالیت افزایش و استخراج صمغ بیشتر می‌شود ($p<0/05$) و با افزایش نسبت آب به دانه زمان رسیدن به تعادل غلظت بیشتر ($p<0/05$) و در نتیجه صمغ بیشتری استخراج می‌شود. استخراج صمغ دانه به نیز با افزایش دما و نسبت آب به دانه، افزایش نشان داد که مشابه گزارش کوچکی و همکاران در سال 2010 بود (15). صمغ *Opuntia milpa alta* با افزایش دما راندمان استخراجی افزایش و با افزایش pH به دلیل هیدرولیز پلی‌ساکارید راندمان بیشتری نشان داد و صمغ *Yanang leaves* در pH اسیدی راندمان بیشتری نشان داد که نتیجه‌ای متفاوت با شرایط بازی داشت که دلیل آن را می‌توان به خروج بیشتر مواد پروتئینی نسبت داد. راندمان استخراج صمغ دانه به در pH خنثی بیشتر بود که این نتایج مخالف پژوهش انجام شده *opuntia milpa alta* و *Yanang leaves* بود (16).

مدل کراس: برای اینکه بتوانیم توسط یک مدل ریاضی، رفتار سودوپلاستیک را در گستره وسیع‌تری از سرعت برشی توصیف کنیم، باید مدلی به کار بریم که شاخص‌های

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

ویسکوزیته ظاهری صفر η_0 ، بینهایت η_∞ و متوسط η را در خود داشته باشد. یکی از رایج‌ترین مدل‌ها توسط کراس پیشنهاد داده شده است که بیشتر برای محلول‌های صمغ‌ها به کار برده شده است و دارای دو محدوده نیوتنی در محدوده نرخ برش بالا و پایین می‌باشند. صمغ کنجاک و گوار دارای محدوده نیوتنی در نرخ برش پایین تر از (1/s)0/01 می‌باشند ولی زانتان و صمغ دانه به بدلیل ثابت زمانی و ویسکوزیته در نرخ برش نزدیک به صفر بالا (جدول 2) دارای رفتار نیوتنی در نرخ‌های برش بسیار پایین است و نشان می‌دهد که صمغ دانه به محدوده نیوتنی آن در نرخ برش خیلی پایین اتفاق می‌افتد (10).

غلظت بحرانی: هیدروکلوئیدها برای افزایش غلظت سیستم‌های غذایی به طور گسترده استفاده می‌شوند و ویسکوزیته محلول صمغی به غلظت صمغ بستگی دارد و این عامل را با C^* نشان می‌دهند که بیان‌کننده گذر از ناحیه رقیق به ناحیه نیمه رقیق (جایی که مولکول‌های صمغ با یکدیگر همپوشانی می‌کنند) است (3).

اندازه مولکول و ساختمان پلیمر بر روی غلظت بحرانی تأثیر گذار است و با افزایش وزن مولکولی و طولانی شدن زنجیره این غلظت کاهش می‌یابد (17). غلظت بحرانی برای آلژینات سدیم، صمغ دانه خرنوب، صمغ گوار، پکتین و صمغ زانتان به ترتیب برابر 0/2، 0/2، 0/025، 0/3 و 1 گرم بر 100 میلی لیتر می‌باشد (18). غلظت بحرانی صمغ دانه به (0/077درصد) از صمغ گوار بیشتر و از صمغ‌های ذکر شده در بالا کمتر است. پایین بودن غلظت بحرانی صمغ دانه به را می‌توان به ساختار باز یا اندازه مولکولی بالا نسبت داد. یکی از دلایل مهم بودن غلظت بحرانی این است که با افزایش غلظت بیشتر از آن، ممکن است طعم و مزه محصول عوض شود (19).

ویسکوزیته اینترینسیک: ویسکوزیته اینترینسیک صمغ دانه به برای نشان دادن حجم هیدرودینامیکی ماکرومولکول استفاده می‌گردد. وقتی مولکول‌های صمغ ساختار متراکم داشته باشند حجم هیدرودینامیکی و ویسکوزیته اینترینسیک کاهش می‌یابد. مولکول‌های خطی از مولکول-های شاخه دار ویسکوزیته اینترینسیک بیشتری دارند (20).

Cunha و همکاران ویسکوزیته اینترینسیک صمغ گالاکتومانان از دانه *Dimorphandra gardneriana* (870ml/g) را با ویسکوزیته اینترینسیک صمغ گوار (1030 ml/g) مقایسه کردند. ثابت هاگینز برای لوبیای لوکاست بین 1/26-0/35 می‌باشد و برای گالاکتومانان برزیلی از دانه *Caesalpinia pulcherrima* و *C. javanica* به ترتیب 0/63 و 0/93 بود (21). ثابت هاگینز صمغ دانه به 0/31 اندازه‌گیری شد که تقریباً در محدوده ثابت هاگینز لوبیای لوکاست است. ویسکوزیته اینترینسیک دانه شاهی، بتاگلوکان جو، آلژینات سدیم و کیتوزان به ترتیب 546 ml/g، 1049 ml/g، 1064 ml/g و 1437 ml/g می‌باشد و وجود نمک در محلول صمغ باعث کاهش ویسکوزیته اینترینسیک شد. ویسکوزیته اینترینسیک صمغ دانه به 1530ml/g اندازه‌گیری شد که در مقایسه با صمغ‌های ذکر شده ویسکوزیته اینترینسیک بالاتری دارد (22).

تعیین محدوده ویسکوالاستیک خطی در غلظت 0/3 درصد: در آزمون روبش کرنش در مقادیر کوچک کرنش، مقادیر مولفه‌های ویسکوز و الاستیک، مستقل از مقدار کرنش می‌باشد و به محدوده‌ای از کرنش که این استقلال وجود دارد، اصطلاحا ناحیه خطی ویسکوالاستیک (LVE Range) می‌گویند. اگر مولفه الاستیک بزرگتر از مولفه ویسکوز باشد نشان دهنده ساختار ژل مانند و اگر مولفه ویسکوز بزرگتر باشد ماده در این ناحیه خصوصیات مایع را نشان می‌دهد. باتوجه به اینکه مولفه الاستیک، سریع تر ازحالت خطی خارج می‌شود جهت تعیین کرنش بحرانی استفاده می‌شود. تغییر 5 % در مولفه الاستیک یا ویسکوز را نقطه کرنش بحرانی می‌نامند (23).

با توجه به شکل 3a، منحنی'G در کرنش 11/4 درصد از حالت ویسکوالاستیک خطی خارج می‌شود. محدوده ویسکوالاستیک خطی نشان‌دهنده قوی یا ضعیف بودن ژل است که هر مقدار بیشتر باشد ژل دارای ساختار قوی‌تری است (24).

تغییرات مدول افت، ذخیره و کمپلکس در آزمون روبش فرکانس در غلظت 0/3 درصد: صمغ *durian seed* به دلیل تشکیل شبکه موقتی، در فرکانس‌های پایین 'G بزرگتر از"G دارد همچنین صمغ بزرگ نیز دارای 'G بزرگتر از "G است که این امر به دلیل فرکانس پایین بوده که باعث تشکیل مجدد ساختار محلول صمغ و افزایش مدول ذخیره

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

می‌شود (11). ضعیف و قوی بودن ژل به نسبت "G'/G بستگی دارد. در ژل‌ها این نسبت به 3 می‌رسد. صمغ kondagogu در غلظت 1 و 2 درصد دارای مدول ذخیره بزرگتر از مدول افت در محدوده فرکانس 10-0 هرتز است که نشان دهنده سیستم ژل مانند می‌باشد. صمغ دکستران در غلظت بالاتر از 1 درصد مدول ذخیره آن از مدول افت در فرکانس‌های پایین بیشتر است.

در غلظت‌های پایین با افزایش فرکانس مقدار 'G از "G به تدریج بزرگتر می‌شود که در صمغ‌های گالاکتومانی این پدیده به دلیل تغییر ماکرومولکول از حالت منظم به حالت مارپیچ تصادفی و تشکیل شبکه ماکرومولکولی و افزایش رفتار الاستیک است (25).

نتایج حاصل نشان داد که فاکتورهای دما، pH و نسبت آب به دانه فاکتورهایی تأثیر گذار در استخراج صمغ دانه به می‌باشند و با در نظر گرفتن بهترین نسبت این عوامل حداکثر راندمان استخراجی صمغ را خواهیم داشت. صمغ دانه به دارای غلظت بحرانی، ویسکوزیته اینترینسیک و محدوده ویسکوالاستیک خطی بالایی است که نشان از رفتار ژل دهندگی مناسب این صمغ است. باتوجه به ظرفیت مناسب میوه به در کشور و استفاده از منابع موجود داخل می‌توان صمغ دانه به را در صنعت مواد غذایی به عنوان هیدروکلوئید استفاده کرد و نیازهای واردات صمغ در این عرصه را کاهش داد.

• References

1. Rahimi S. Determination of some chemical, physicochemical, structural, and rheological properties of Persian gum [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University. Faculty of Agriculture; 2012 [in persion].
2. Koocheki A, Mortazavi SA, Shahidi F, Razavi SMA, Taherian A. Rheological properties of mucilage extracted from Alyssum homolocarpum seed as a new source of thickening agent. J Food Eng 2009; 91:490-6.
3. Williams PA, Phillips GO. Handbook of Hydrocolloid. 2nd ed. Cambridge: CRC Press 2009. p. 1-50.
4. Hemmati AA, Kalantari H, Jalali A, Rezai S, Zadeh HH. Healing effect of quince seed mucilage on T-2 toxin-induced dermal toxicity in rabbit. Exp Toxicol Pathol 2012; 64:181-6.
5. Ganji-Moghadam, E. Temperate Zone Pomology. 1st ed. Tehran: Agricultural Education and Extension Publications; 2011. p. 262-268.[in Persian].
6. Jalili-Marandi, R. Growing of Temperate Zone Fruits. 2nd ed. Urmia: Urmia University. Press; 2010. P. 144-152. [in persian].
7. Silva BM, Andrade PB, Valentao P, Ferreres F, Seabra RM, Ferreira MA. Quince (Cydonia oblonga Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and Jam: antioxidant activity. J Agric Food Chem. 2004; 52: 4705-12.
8. Trigueros L, Pérez-Alvarez J, Viuda-Martos M, Sendra E. Production of low-fat yogurt with quince (Cydonia oblonga Mill.) scalding water. Lwt Food Sci Technol 2011; 44:1388-95.
9. Vignon MR, Gey C. Isolation, ^{1}H and ^{13}C NMR studies of (4-*O*-methyl-d-glucurono)-d-xylans from luffa fruit fibres, jute bast fibres and mucilage of quince tree seeds. Carbohyd Res 1998; 307: 107-111 .
10. Hosseini-Parvar S, Matia-Merino L, Goh K, Razavi S, Mortazavi S. Steady shear flow behavior of gum extracted from Ocimum basilicum L. seed: Effect of concentration and temperature. J Food Eng 2010; 101(3):236-43.
11. Amid BT, Mirhosseini H. Optimisation of aqueous extraction of gum from durian (Durio zibethinus) seed: A potential, low cost source of hydrocolloid. Food Chem 2012; 132:1258-68.
12. Myers RH, Khuri AI, Carter WH. Response surface methodology: 1966–l988.Technometrics. England 1989; 31(2):137-57.
13. Cross MM. Rheological of non-Newtonian fluids: A new flow equation for pseudoplastic systems. J Colloid Sci 1965; 20: 417–23.
14. Goycoolea F, Morris E, Richardson R, Bell A. Solution rheology of mesquite gum in comparison with gum arabic. Carbohyd Polym 1995; 27: 37-45.
15. Koocheki A, Mortazavi SA, Shahidi F, Razavi S, Kadkhodaee R, Milani JM. Optimization of mucilage extraction from Qodume shirazi seed (Alyssum homolocarpum) using response surface methodology. J. Food Process. Eng. 2010; 33:861-82.
16. Karazhiyan H, Razavi S, Phillips GO. Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (Lepidium sativum) using response surface methodology. Food Hydrocolloids 2011; 25:915-20.
17. Hwang, JK, Shin HH. Rheological properties of Chitosan solutions. Korea-Aust Rheol J 2000; 12:175-179.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

18. Balaghi S. Comparison of some physicochemical properties of six species of gum tragacanth [dissertation]. Tehran: Shahid Beheshti University. Faculty of Food Technology; 2009 [in persion].

19. Burkus Z, Temelli F. Determination of the molecular weight of barley β-glucan using intrinsic viscosity measurements. Carbohyd poly 2003; 54:51-7.

20. Huang X, Kakuda Y, Cui W. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. Food Hydrocolloid 2001;15:533-42.

21. Cunha PL, Vieira ÍG, Arriaga Â, De Paula R, Feitosa J. Isolation and characterization of galactomannan from Dimorphandra gardneriana Tul. seeds as a potential guar gum substitute. Food Hydrocolloid 2009; 23:880-5.

22. Karazhiyan H. Cress seed gum polyelectrolyte nature. Iran Food Sci Thechno 2010; 6:37-43.

23. Scharmm, G. The measurement of the elastic behavior of visco-elastic fluids. A practical approach to rheology and rheometry. 2nd . Karlsruhe, gebrueder hake Gbmh.

24. Ghanbarzadeh B. Principles of Food and Food Biopolymer Rheology. Tehran: University of Tehran Press; 2009. P. 37-75.

25. Medina-Torres L, Brito-De La Fuente E, Torrestiana-Sanchez B, Katthain R. Rheological properties of the mucilage gum (Opuntia ficus indica). Food Hydrocolloid 2000; 14:417.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

Optimization of extraction yield of quince seed gum and rheological characteristics under the optimum extraction conditions

Abbastabar B[1] , Azizi MH[2] , Abbasi S[3]*

1- M.Sc in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*2-*Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: azizit_m@modares.ac.ir*

3-Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received 13 Nov, 2013 **Accepted 24 Feb, 2014**

Background and Objective: Food gums are a class of food additives playing various roles, such as thickening, gelling and stabilizing of the food aqueous solutions. In this study, the best conditions for quince seed gum extraction and its rheological characteristics were determined.

Materials and Methods: The effects of temperature range (25-80 ºC), pH (3-11) and water-to-seed ratio (50-120 w/w) on the yield of quince seed gum extraction were optimized by statistical analysis using response surface methodology (RSM). Rheological properties of the quince seed gum, such as strain sweep and frequency sweep, were determined with a rheometer (Anton Paar, MCR300, CC27), while for determination of intrinsic viscosity and Huggins constant capillary viscometer was used.

Results: Based on the response surface methodology, temperature and water-to-seed ratio affected the quince seed gum extraction yield significantly ($p< 0.05$). The maximum extraction yield occurred at a temperature of 60.77 ^{o}C, a water-to-seed ratio of 96.2 (w/w), and a pH of 6.6. The Cross model fitted the data with a regression more than 0.98. The slopes of the lines for the dilute and semi-dilute regions and critical concentration occurred at a concentration of 0.6%, 2.0% and 0.077%, respectively. The linear viscoelastic range of the gum solution (0.3%) deviated from linear route at strain 11.4%. Loss and storage moduli of the gum solution (0.3%) were frequency dependent. The intrinsic viscosity and Huggins constant were found to be 1530 and 0.31, respectively.

Conclusion: Quince seed gum has a high extraction yield, strong gelling structure, and hydrodynamic volume. It can, therefore, be used as a thickener in food products

Keywords: Extraction, Response surface methodology, Rheology, Linear viscoelastic region

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]