

بررسی اثرات روش و شرایط خشک کردن بر روی رئولوژی و بافت صمغ دانه ریحان

فخرالدین صالحی^۱، مهدی کاشانی نژاد^۲

۱. دانشجوی دکتری دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. دانشیار دکتری دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: 92/5/28، تاریخ پذیرش: 92/6/19)

چکیده

دانه ریحان دارای مقادیر قابل توجهی صمغ با خواص عملکردی مناسب است. در این پژوهش اثرات روش و شرایط خشک کردن بر خصوصیات رئولوژیکی و بافت صمغ دانه ریحان مورد بررسی قرار گرفته است. سه روش متفاوت شامل خشک کردن در هوای داغ (40، 50، 60، 70 و 80 درجه سانتی‌گراد)، خشک کردن انجمادی و تحت خلأ مورد مطالعه قرار گرفت. خصوصیات رئولوژیکی توسط دستگاه ویسکومتر و خصوصیات بافت (شامل سفتی، چسبندگی، قوام و چسبناکی) توسط دستگاه بافت‌سنج اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که گرانروی ظاهری محلول‌های تهیه‌شده از صمغ‌های خشک‌شده در شرایط مختلف و در سرعت برشی برابر 54 بر ثانیه، در محدوده 0/174 تا 0/438 پاسکال ثانیه می‌باشد و صمغ خشک‌شده درون خشک‌کن انجمادی بیشترین گرانروی را دارد. با افزایش دمای هوای داغ از 40 به 80 درجه سانتی‌گراد، مقدار گرانروی صمغ‌ها از 0/247 به 0/176 پاسکال ثانیه کاهش می‌یابد (سرعت برشی 54 بر ثانیه). مدل هرشل بالکلی به خوبی قادر به مدل کردن رفتار جریان صمغ دانه ریحان در تمامی آزمایش‌ها می‌باشد. روش خشک کردن موسیلاژ، اثر معنی‌داری بر تغییر خصوصیات بافتی ژل تهیه‌شده از صمغ خشک‌شده دارد. مقدار عددی سفتی، چسبندگی، قوام و چسبناکی به ترتیب در محدوده 42/2 تا 75/5 گرم، 11/3 تا 19/3 گرم، 362/6 تا 803/7 گرم در ثانیه و 131/5 تا 244/8 گرم در ثانیه برای ژل‌های تهیه‌شده از صمغ‌های خشک‌شده (3٪ وزنی/وزنی) در شرایط مختلف می‌باشد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار عددی مربوط به سفتی و قوام بافت صمغ، مربوط به نمونه‌های خشک‌شده درون خشک‌کن انجمادی بود که به ترتیب برابر با 75/5 و 803/7 گرم در ثانیه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن، رئولوژی، صمغ ریحان.

1- مقدمه

محققان حاکی از این است که روش خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر گرانی و رنگ صمغ دارد [5]. هم‌چنین نپ و کانوی گزارش کردند که روش خشک کردن صمغ گروبا¹ باعث تغییر گرانی آن در محدوده 0/20 تا 0/32 پاسکال ثانیه می‌شود. هم‌چنین صمغ خشک‌شده با هوای داغ نسبت به روش‌های خشک کردن انجمادی و پاششی، گرانی بیشتری از خود نشان می‌دهد [12].

بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که تا کنون مطالعه‌ای در مورد بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی صمغ دانه ریحان انجام نشده‌است. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن شامل خشک کردن درون هوای داغ در محدوده دمایی 40 تا 80 درجه سانتی‌گراد، خشک کردن انجمادی و تحت خلأ بر خصوصیات رئولوژیکی و بافت (سفتی، چسبندگی، قوام و چسبناکی) صمغ استخراج شده از دانه ریحان می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1 استخراج صمغ

دانه ریحان از بازار گرگان خریداری و ناخالصی‌های آن جداسازی گردید. جهت استخراج صمغ، ابتدا دانه‌های ریحان به مدت 20 دقیقه درون آب مقطر با دمای 25 درجه سانتی‌گراد، در pH برابر 7 و نسبت آب به دانه برابر 20 به 1 قرار گرفتند. سپس جهت جدا کردن صمغ خارج‌شده از دانه، از دستگاه اکستراکتور (Panasonic, MJ-J176P, Japan) استفاده گردید. مقداری از موسیلاژ استخراج‌شده در شرایط مورد نظر، خشک گردید و مشخص شد که از آن حدود 0/6 درصد صمغ خشک‌شده به دست می‌آید. هم‌چنین گرانی موسیلاژ خام با عنوان نمونه کنترل² (CS) اندازه‌گیری شد. بعد از فرایند استخراج، موسیلاژها درون خشک‌کن‌ها با شرایط مورد نظر تحت بررسی قرار گرفتند. کلیه آزمایش‌ها در 3 تکرار صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن انجام شد.

2-2 خشک کردن نمونه‌ها

در این مرحله صمغ استخراج‌شده از دانه ریحان درون

دانه ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* از تیره نعناعیان، از لحاظ ظاهری دانه‌های ریز و سیاه و به شکل بیضی کشیده می‌باشد. پوسته روی دانه‌ها را لایه‌ای موسیلاژی پوشانیده و هنگامی که داخل آب قرار می‌گیرند، سریع متورم می‌شوند و مقدار زیادی موسیلاژ (صمغ محلول در آب) ایجاد می‌کند که در طب سنتی کاربرد گسترده‌ای دارد. با توجه به اهمیت هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی و قیمت بالای این ترکیبات، توجه به صمغ‌های بومی به شدت گسترش یافته و در ایران به دلیل وفور منابع گیاهی، پژوهشگران به فکر جایگزینی صمغ‌های دانه‌ای بومی با نمونه‌های تجاری هستند. یکی از این ترکیبات پلی ساکاریدی، صمغ دانه ریحان می‌باشد که می‌توان آن را در فرمولاسیون‌های غذایی استفاده نمود [1-2].

کاربرد و اهمیت هیدروکلوئیدها به خواص عملکردی آن‌ها بستگی دارد. خصوصیات عملکردی هیدروکلوئیدها نظیر تغلیظ‌کنندگی، حفظ و بهبود بافت محصولات غذایی، تشکیل ژل و فیلم، تثبیت کف، امولسیون‌ها، دیسپرسیون‌ها، به ساختار ملکولی هیدروکلوئید، غلظت هیدروکلوئید، pH، دما و واکنش هیدروکلوئید با سایر ترکیبات ماده غذایی مانند نمک‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین وابسته می‌باشد [1-3]. هم‌چنین بررسی خصوصیات رئولوژیکی و گرانی مواد قبل از طراحی فرایندهایی شامل انتقال سیالات، پمپ‌ها، استخراج، فیلتراسیون، پاستوریزاسیون، تبخیر و خشک کردن ضروری بوده [4] و این خصوصیات صمغ‌ها نیز تحت تأثیر روش استخراج و شرایط خشک کردن آن‌ها است [5].

محققان روش‌های مختلفی را برای خشک کردن صمغ استخراج شده از دانه گیاهان مورد استفاده قرار داده‌اند تا به یک محصول با کیفیت و خواص رئولوژیکی بالا دست یابند. این روش‌ها شامل استفاده از هوای داغ [2 و 3 و 6]، خشک‌کن بستر سیال [7]، خشک‌کن میکروویو تحت خلأ [8]، خشک‌کن انجمادی [9-10]، خشک‌کن تحت خلأ [11] و خشک‌کن پاششی [5 و 12] می‌باشد.

امید و میرحسینی اثر روش‌های خشک کردن شامل هوای داغ، انجمادی، پاششی و تحت خلأ را بر خصوصیات رئولوژیکی و رنگ صمغ دانه دیوران¹ مورد بررسی قرار دادند. نتایج این

1. Grewia gum

2. Control sample (CS)

1. Durian seed gums

خشک‌کن‌های مختلف به مدت زمان 48 ساعت قرار گرفت. خشک‌کردن با هوای داغ¹ (OD) توسط یک دستگاه خشک‌کن (Convexion oven, Memmert Universal, Schwabach, Germany) در دماهای 40، 50، 60، 70 و 80 درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت. جهت خشک‌کردن نمونه‌ها درون خشک‌کن انجمادی²، دمای دستگاه خشک‌کن انجمادی (FD) (Operon freeze-dryer, Operon Co Ltd, Korea) بر روی 40- درجه سانتی‌گراد و فشار 40 میلی بار تنظیم شد. موسیلاژ دانه ریحان درون یک خشک‌کن تحت خلأ³ (VO) (Vacuum oven VO, Memmert Universal, Schwabach, Germany) با دمای 50 درجه سانتی‌گراد و فشار 100 میلی بار قرار گرفت. بعد از طی زمان خشک شدن، نمونه‌های خشک‌شده، آسیاب و سپس از الک با مش 35 عبور داده شدند. نمونه‌های تهیه‌شده جهت انجام آزمایش‌های رئولوژیکی و بافت، درون کیسه‌های پلاستیکی در بسته قرار گرفتند.

$$\tau = k_p \dot{\gamma}^{n_p} \quad (1)$$

در این معادله، τ تنش برشی (Pa)، k_p ضریب قوام ($\text{Pa} \cdot \text{s}^n$)، $\dot{\gamma}$ سرعت برشی (s^{-1}) و n_p شاخص رفتار جریان برای مدل قانون توان می‌باشند.

$$\tau = \tau_{0H} + k_H \dot{\gamma}^{n_H} \quad (2)$$

در این جا، τ تنش برشی (Pa)، τ_{0H} تنش تسلیم (Pa)، k_H ضریب قوام ($\text{Pa} \cdot \text{s}^n$)، سرعت برشی (s^{-1}) و n_H شاخص رفتار جریان برای مدل هرشل بالکلی می‌باشند.

به منظور مدل‌کردن داده‌های تجربی تنش برشی در برابر سرعت برشی، و به‌دست آوردن ثابت‌های مدل‌های رئولوژیکی، از نرم افزار Curve Expert ویرایش 1/34 استفاده شد.

2-5 آنالیز بافت

بافت مواد غذایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی مصرف‌کنندگان دارد. خصوصیات بافتی ژل تهیه شده از صمغ‌های خشک‌شده دانه ریحان، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (TA-XT Plus, Stable Texture Expert 1.05) مورد بررسی قرار گرفت. ژل تهیه‌شده به ارتفاع 50 میلی‌متر درون ظروف پلاستیکی (با قطر و ارتفاع 50 و 60 میلی‌متر) و دمای 25 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پروب استوانه‌ای با قطر 25 میلی‌متر، با سرعت 1/0 میلی‌متر بر ثانیه و به عمق 15 میلی‌متر جهت انجام آزمون نفوذ و به‌دست‌آوردن خصوصیات بافتی استفاده گردید. سرعت پروب قبل و بعد از آزمون 1/0 میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. پارامترهای بافت‌سنجی شامل، سفتی¹، چسبندگی²، قوام³ و چسبناکی⁴ به‌دست آمدند.

2-3 آماده سازی نمونه‌ها

محلول‌های هیدروکلوئیدی در دو غلظت 0/6٪ (وزنی/وزنی) برای آزمایش‌ها ویسکومتری و 3٪ (وزنی/وزنی) برای بررسی خصوصیات بافت‌سنجی، با حل کردن پودر صمغ خشک‌شده درون آب مقطر با کمک یک همزن، به‌دست آمدند. محلول‌های به‌دست آمده جهت آب‌گیری کامل صمغ، به مدت 24 ساعت در دمای اتاق (25 درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند.

2-4 اندازه‌گیری گرانیروی

گرانیروی نمونه‌ها با استفاده از یک دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, model RVDV- II+ pro, USA) در محدوده سرعت برشی 0/6 تا 120 بر ثانیه در دمای 25 درجه سانتی‌گراد، با استفاده از اسپیندل شماره S02 اندازه‌گیری شدند. مقادیر مربوط به سرعت برشی و تنش برشی با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از دستگاه ویسکومتر و معادلات میتچکا [13] محاسبه گردید. بر اساس بررسی‌های انجام شده، مدل‌های قانون توان (معادله 1) و هرشل بالکلی (معادله 2)

1. Hardness
2. Stickiness
3. Consistency
4. Adhesiveness

1. Oven drying (OD)
2. Freeze drying (FD)
3. Vacuum oven drying (VO)

3- نتایج و بحث

3-1 اثر روش و شرایط خشک کردن بر گرانروی ظاهری
 خصوصیات رئولوژیکی و کاربردی صمغ‌ها به شدت به روش استخراج و خشک کردن آن‌ها وابسته است [14-16]. با توجه به این‌که غلظت صمغ استخراج شده از دانه ریحان برابر 0/6 درصد بود، از نمونه‌های خشک شده در شرایط مختلف، محلول‌هایی با غلظت 0/6 درصد تهیه و خصوصیات رئولوژیکی آن‌ها در سرعت برشی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در شکل 1 ملاحظه می‌شود، در تمامی نمونه‌ها، با افزایش سرعت برشی، گرانروی ظاهری صمغ‌ها کاهش می‌یابد. کاهش گرانروی با سرعت برشی، نشان دهنده خصوصیت رفتار شل‌شونده با زمان (سودوپلاستیک) صمغ دانه ریحان می‌باشد. با افزایش سرعت برشی از 0/6 به 120 بر ثانیه، گرانروی ظاهری برای صمغ خشک شده درون خشک‌کن تحت خلأ از 7/64 به 0/145 پاسکال ثانیه کاهش یافت. صمغ دانه دیوران (*Durio zibethinus*) نیز رفتار شل‌شونده با برش از خود نشان می‌دهد و در سرعت برشی برابر 1000 بر ثانیه و غلظت 1 درصد، گرانروی ظاهری آن برابر 0/065 پاسکال ثانیه گزارش شده است [17]. در شکل 2 تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر گرانروی ظاهری محلول صمغ دانه ریحان در سرعت برشی برابر $s^{-1} 54$ به نمایش درآمده است. بیش‌ترین گرانروی مربوط به صمغ استخراج شده قبل از فرایند خشک کردن است (Pa.s) 0/438 در سرعت برشی برابر $s^{-1} 54$. نوع روش و شرایط خشک کردن باعث تغییر گرانروی صمغ دانه ریحان می‌شود. صمغ خشک شده به روش انجمادی بیش‌ترین گرانروی را دارد و این روش حداقل آسیب را به صمغ وارد می‌کند. بعد از خشک کردن انجمادی، خشک کردن تحت خلأ حداقل آسیب را به صمغ وارد می‌کند. با افزایش دمای هوای داغ نیز خصوصیات صمغ تغییر می‌کند و صمغ خشک شده در 80 درجه سانتی‌گراد حداقل گرانروی را در محلول ایجاد می‌کند. با افزایش دمای هوای داغ از 40 به 80 درجه سانتی‌گراد، گرانروی صمغ دانه ریحان از 0/247 Pa.s به 0/176 Pa.s کاهش می‌یابد (سرعت برشی برابر $s^{-1} 54$). اثر روش خشک کردن بر گرانروی صمغ‌های پلی ساکاریدی ممکن است به دلیل خصوصیات مختلف مواد محلول و غیر محلول تشکیل شده باشد. روش خشک کردن

خشک کردن به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) بر نسبت مواد محلول و غیر محلول تشکیل شده تأثیر می‌گذارد [5]. ایبازن و فررو گرانروی ظاهری صمغ استخراج شده از دانه *Prosopis flexuosa* (*P. flexuosa*) را در غلظت 0/4 درصد و سرعت برشی 64 بر ثانیه، برابر 1/9 پاسکال ثانیه گزارش کردند [18]. در جدول 1 پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه ریحان به نمایش درآمده است. ضریب قوام (k_p) مربوط به این صمغ با استفاده از این مدل در محدوده $Pa \cdot s^n 1/96-3/93$ به دست آمد. بیش‌ترین مقدار ضریب قوام مربوط به موسیلاژ استخراج شده از دانه است و کم‌ترین مقدار آن مربوط به صمغ خشک شده درون هوای داغ 80 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همان‌طور که در شکل 1 ملاحظه شده، صمغ دانه ریحان دارای رفتار شل‌شونده با زمان است و شاخص رفتار جریان گزارش شده در این جدول نیز کم‌تر از 1 می‌باشد، که معرف سیال شل‌شونده با برش می‌باشد. مقدار عددی شاخص رفتار جریان در این پژوهش از 0/17 تا 0/34 تغییر می‌کرد.

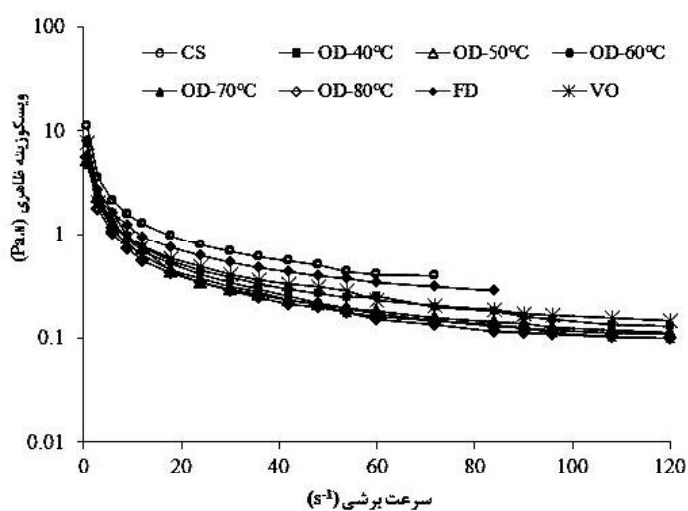
در جدول 2 پارامترهای برازش شده مدل هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان خشک شده به روش‌های مختلف به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در تمامی صمغ‌های خشک شده تنش تسلیم مشاهده می‌شود. مقدار عددی تنش تسلیم برای این صمغ در محدوده 0/11 تا 0/87 پاسکال به دست آمد. ضریب قوام (k_H) مربوط به این صمغ با استفاده از این مدل در محدوده $Pa \cdot s^n 1/59-3/32$ به دست آمد. مقدار عددی شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی نیز کم‌تر از 1 و از 0/15 تا 0/38 تغییر می‌کند. مارکوت و همکاران [4] و سونگ و همکاران [19] مقدار شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی برای صمغ گزانتان را به ترتیب برابر 0/24 و 0/23 گزارش کردند. مقدار ضریب همبستگی (r) بالا و مقدار خطای استاندارد (SE) پایین به دست آمده از برازش مدل هرشل بالکلی با داده‌های تجربی، نشان از مناسب بودن این مدل می‌باشد و از این مدل می‌توان جهت پیشگویی رفتار صمغ دانه ریحان استفاده نمود.

جدول (1) پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه ریحان

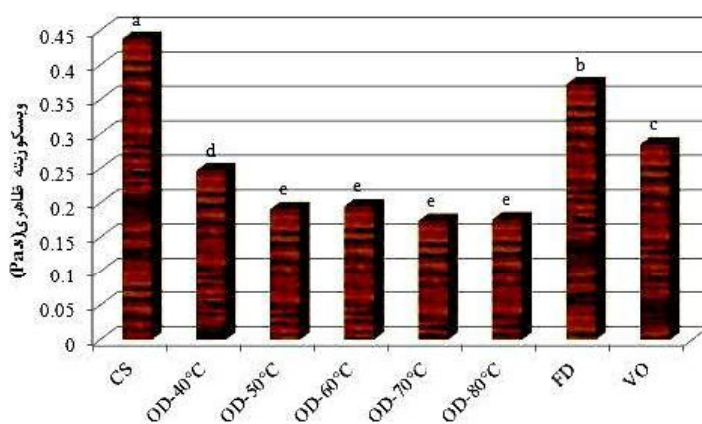
کد نمونه	k_p (Pa s ⁿ)	n_p	r	SE
CS	3/93	0/27	0/988	0/44
OD-40°C	2/50	0/24	0/974	0/39
OD-50°C	2/22	0/22	0/959	0/37
OD-60°C	2/60	0/17	0/949	0/34
OD-70°C	2/37	0/18	0/985	0/17
OD-80°C	1/96	0/21	0/988	0/17
FD	2/57	0/34	0/998	0/15
VO	2/49	0/26	0/987	0/31

جدول (2) پارامترهای برازش شده مدل هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان

کد نمونه	τ_{0H} (Pa)	k_H (Pa s ⁿ)	n_H	r	SE
CS	0/52	3/32	0/32	0/998	0/18
OD-40°C	0/11	2/59	0/23	0/981	0/35
OD-50°C	0/25	1/99	0/23	0/959	0/38
OD-60°C	0/69	2/45	0/15	0/969	0/25
OD-70°C	0/50	1/91	0/21	0/986	0/18
OD-80°C	0/47	1/59	0/24	0/988	0/17
FD	0/79	1/97	0/38	0/999	0/13
VO	0/87	3/22	0/22	0/994	0/23



شکل (1) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان، تابعی از سرعت برشی



شکل (2) اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان (سرعت برشی برابر 54 s^{-1})، (اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطح نشان‌دهنده معنی داری در سطح $p < 0/05$ می‌باشند).

آمدند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تغییر دمای خشک‌کن هوای داغ تأثیر معنی‌داری بر چسبندگی ژل تهیه‌شده از صمغ دانه ریحان ندارد.

3-4- اثر روش و شرایط خشک‌کردن بر قوام

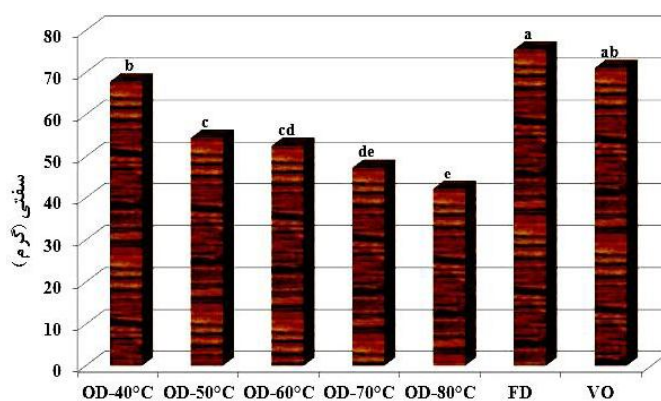
در نمودار نیرو - زمان بافت‌سنجی، مساحت زیر نمودار از لحظه شروع آزمون تا رسیدن به حداکثر تغییر شکل مورد نظر را قوام می‌نامند [21]. قوام بیان‌گر میزان کار مورد احتیاج برای غلبه بر نیروی داخلی بین پیوندهای نمونه می‌باشد. در شکل 5 اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر قوام ژل تهیه‌شده از صمغ دانه ریحان به نمایش در آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، روش خشک‌کردن موسیلاژ، اثر معنی‌داری بر قوام ژل تهیه‌شده از صمغ خشک‌شده دارد. بیش‌ترین مقدار عددی مربوط به قوام، مربوط به صمغ خشک‌شده درون خشک‌کن انجمادی می‌باشد که برابر $803/7$ گرم در ثانیه می‌باشد. تغییر دمای خشک‌کن هوای داغ نیز تأثیر معنی‌داری بر قوام ژل دارد و با افزایش دمای هوای داغ از 40 به 80 درجه سانتی‌گراد، قوام بافت از $699/8$ به $362/6$ گرم در ثانیه کاهش می‌یابد. گیری و پراسد در طی خشک‌کردن با استفاده از هوای داغ و خشک‌کن مایکروویو تحت خلأ نتایج مشابهی به دست آورند و گزارش کردند که خشک‌کردن با هوای داغ باعث تخریب بیش‌تر بافت می‌شود. صمغ خشک‌شده درون هوای داغ اگر چه نسبت به صمغ خشک‌شده درون خشک‌کن انجمادی قوام کم‌تری از خود نشان داد ولی به دلیل هزینه پایین‌تر این روش، امکان استفاده از آن در صنعت وجود دارد و دمای 40 درجه

3-2- اثر روش و شرایط خشک‌کردن بر سفتی بافت

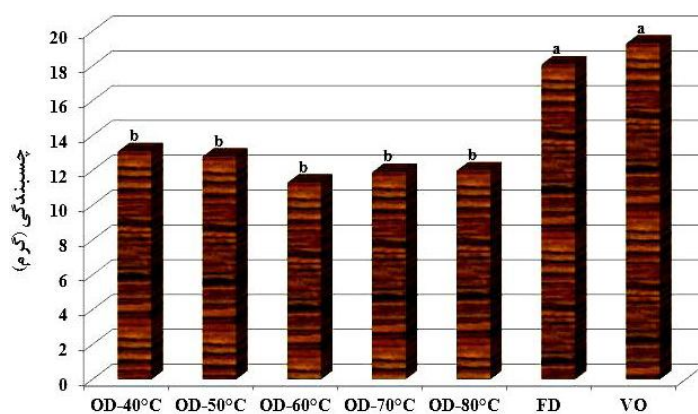
بیش‌ترین نیروی مشاهده‌شده در نمودار نیرو - زمان در طی انجام آزمایش‌ها بافت‌سنجی به‌عنوان سفتی بافت نمونه‌ها گزارش می‌شود. به‌طور معمول، پارامتر سفتی برای بیان قدرت شبکه ژلی اندازه‌گیری می‌شود. در شکل 3 اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر سفتی بافت ژل تهیه‌شده از صمغ دانه ریحان به نمایش در آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، روش خشک‌کردن موسیلاژ، اثر معنی‌داری بر بافت ژل تهیه‌شده از صمغ خشک‌شده دارد. بیش‌ترین مقدار عددی مربوط به سفتی بافت، مربوط به صمغ خشک‌شده درون خشک‌کن انجمادی می‌باشد. افزایش دمای خشک‌کن هوای داغ نیز باعث کاهش سفتی بافت ژل تهیه‌شده از صمغ دانه ریحان می‌شود. با افزایش دمای هوای داغ از 40 به 80 درجه سانتی‌گراد، سفتی بافت از $67/9$ به $42/2$ گرم کاهش می‌یابد.

3-3- اثر روش و شرایط خشک‌کردن بر چسبندگی

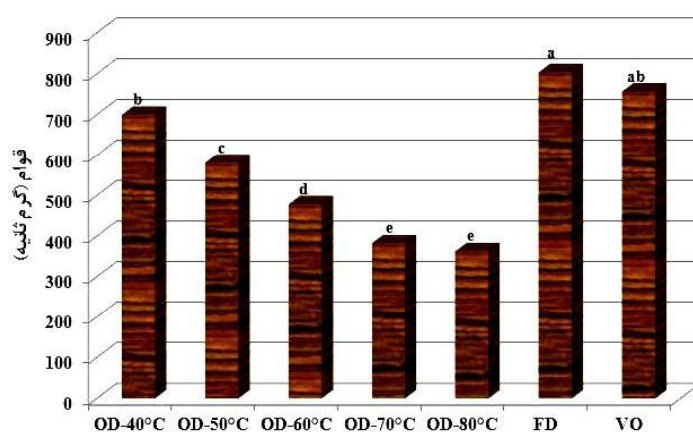
چسبندگی به‌عنوان بیش‌ترین نیروی لازم جهت غلبه بر چسبندگی بین سطح ماده غذایی و پروب تعریف می‌شود. در نمودار نیرو - زمان بررسی خصوصیات بافتی، بیش‌ترین نیرو در قسمت منفی نمودار به‌عنوان نیروی چسبندگی معرفی می‌شود [20]. در شکل 4 اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر چسبندگی ژل تهیه‌شده از صمغ دانه ریحان به نمایش در آمده است. بیش‌ترین مقدار عددی مربوط به چسبندگی مربوط به صمغ‌های خشک‌شده درون خشک‌کن انجمادی و تحت خلأ بودند که به‌ترتیب برابر $18/1$ و $19/3$ گرم به‌دست



شکل (3) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر سفتی بافت ژل تهیه شده از صمغ دانه ریحان، (اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطح نشان‌دهنده معنی داری در سطح $p < 0/05$ می‌باشند).



شکل (4) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر چسبندگی بافت ژل تهیه شده از صمغ دانه ریحان، (اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطح نشان‌دهنده معنی داری در سطح $p < 0/05$ می‌باشند).



شکل (5) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر قوام بافت ژل تهیه شده از صمغ دانه ریحان، (اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطح نشان‌دهنده معنی داری در سطح $p < 0/05$ می‌باشند).

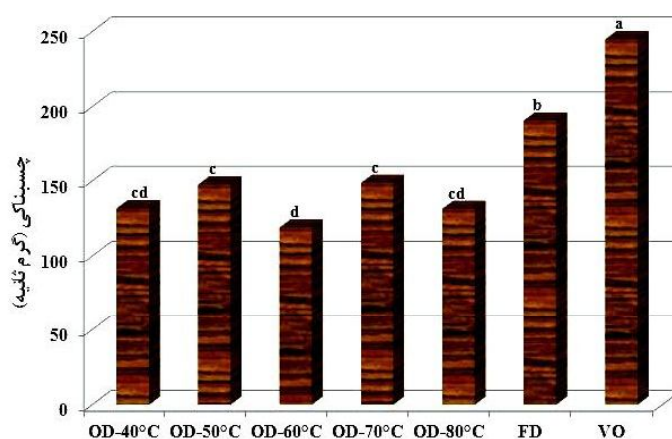
سانتی‌گراد به دلیل خصوصیات بافتی مناسب و قوام بالا برای در ثانیه به دست آمد. این کار مناسب می‌باشد [22].

4- نتیجه‌گیری

دانه ریحان، یک دانه بومی ایران است که حاوی مقادیر زیادی هیدروکلونید با خواص رئولوژیکی قابل توجه می‌باشد و قابلیت تولید انبوه آن در سطح تجاری وجود دارد. در این پژوهش اثر روش خشک کردن موسیلاژ صمغ دانه ریحان بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل رئولوژیکی هرشل بالکلی جهت بررسی خصوصیات جریان‌ی این صمغ مناسب است. همچنین صمغ خشک شده درون خشک کن انجمادی بالاترین گرانیوی را نسبت به سایر روش‌های خشک کردن از خود نشان می‌دهد. روش خشک کردن موسیلاژ، اثر معنی‌داری بر خصوصیات بافتی ژل تهیه شده از صمغ خشک شده دانه ریحان دارد و صمغ خشک شده درون خشک کن انجمادی دارای خصوصیات بافتی مناسبی بوده و نسبت به سایر روش‌های خشک کردن دارای سفتی و قوام بیشتری می‌باشد. صمغ خشک شده درون هوای داغ اگر چه نسبت به صمغ خشک شده درون خشک کن انجمادی گرانیوی کم‌تری از خود نشان داد ولی به دلیل هزینه پایین‌تر و همچنین خصوصیات بافتی مناسب، امکان استفاده از آن در صنعت توصیه می‌شود.

3-5 اثر روش و شرایط خشک کردن بر چسبناکی

ارزیابی چسبناکی به روش دستگاهی نخستین بار توسط فریدمن و همکاران [23] با استفاده از یک بافت‌سنج انجام شد. یک پروب سیلندری با یک مسیر دایره‌ای به‌عنوان کنترل‌کننده سرعت نمونه و سپس کشش استفاده گردید. نرم افزار دستگاه بافت‌سنج، نمودار نیرو - زمان را در طی حرکت پروب ثبت می‌کند و مساحت منفی زیر نمودار را به‌عنوان چسبناکی نمونه گزارش می‌دهد. چسبناکی مربوط به مقدار کار مورد نیاز برای غلبه بر نیروی کشش بین سطح ماده غذایی و سطح جسم در تماس با آن دارد. پارامتر چسبناکی یک فاکتور مثبت در فراورده‌های نانوائی و پودینگ‌ها می‌باشد و یک فاکتور منفی در فراورده‌هایی چون اسپاگتی و فراورده‌های گوشتی مطرح می‌باشد [24]. در شکل 6 اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر چسبناکی بافت ژل تهیه شده از صمغ دانه ریحان به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین مقدار آن مربوط به صمغ خشک شده درون خشک کن تحت خلأ (244/8 گرم در ثانیه) می‌باشد. مقدار عددی چسبناکی به دست آمده در این پژوهش در محدوده 199/0 تا 244/8 گرم



شکل (6) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر چسبناکی بافت ژل تهیه شده از صمغ دانه ریحان، (اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطح نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح $p < 0/05$ می‌باشند).

- [9] Moreira, R. A. (2009). Isolation of a lectin and a galactoxyloglucan from *Mucuna sloanei* seeds. *Phytochemistry*, 70, 1965–1972.
- [10] Barresi, A. A., Pisano, R., Fissore, D., Rasetto, V., Velardi, S. A., Vallan, A., et al. (2009). Monitoring of the primary drying of a lyophilization process in vials. *Chem. Eng. Process.*, 48, 408–423.
- [11] Wang, Y., Wang, L.J., Li, D., Xue, J., Mao, Z.H. (2009). Effects of drying methods on rheological properties of flaxseed gum. *Carbohydr. Polym.*, 78, 213–219.
- [12] Nep, E.I., Conway, B.R. (2011). Physicochemical characterization of grewia polysaccharide gum: Effect of drying method. *Carbohydr. Polym.*, 84, 446–453.
- [13] Mitschka, P. (1982). Simple conversion of Brookfield R.V.T. readings into viscosity functions. *Rheologica Acta*, 21 207–209.
- [14] Iglesias, O., Garcia, A., Roques M., Bueno J.L. (1993). Drying of water gels: determination of the characteristic curve of agar-agar. *Drying Tech.*, 11(3), 571–587.
- [15] Telis, V.R.N., Telis-Romero, J., Gabas A.L. (2005). Solids Rheology for Dehydrated Food and Biological Materials. *Drying Tech.*, 23(4), 759–780.
- [16] Jimoh, K. O., Olurin, T. O., Aina, J. O. (2009). Effect of drying method on the rheological characteristics and colour of yam flours. *Afr. J. Biotech.*, 8, 2325–2328.
- [17] Amin, A. M., Ahmad, A. S., Yin Yin, Y., Yahya, N., Ibrahim, N. (2007). Extraction, purification and characterization of durian (*Durio zibethinus*) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 21, 273–279.
- [18] Ibanez, M. C., Ferrero, C. (2003). Extraction and characterization of the hydrocolloid from *Prosopis flexuosa* DC seeds. *Food Res. Int.*, 36, 455–460.
- [1] Mirhosseini, H., Amid, B.T.A. (2012). Review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food Res. Int.*, 46, 387–398.
- [2] Razavi, S.M.A., Mortazavi, S.A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S.H., Motamedzadegan, A., Khanipour, E. (2009). Optimization study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). *Int. J. Food Sci. Tech.*, 44, 1755–1762.
- [3] Razavi, S.M.A., Mohammadi Moghaddam, T., Emadzadeh, B., Salehi, F. (2012). Dilute solution properties of wild sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 29, 205–210.
- [4] Marcotte, M., Taherian Hoshahili, A. R., Ramaswamy, H. S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Res. Int.*, 34, 695–703.
- [5] Amid, B. T., Mirhosseini, H. (2012). Influence of different purification and drying methods on rheological properties and viscoelastic behaviour of durian seed gum. *Carbohydr. Polym.*, 90, 452–461.
- [6] Wang, Y., Li, D., Wang, L.J., Li, S.J., Adhikari, B. (2010). Effects of drying methods on functional properties of flaxseed gum powders. *Carbohydr. Polym.*, 81, 128–133.
- [7] Cunha, R.L.R., Maialle, K.G., Menegalli, F.C. (2000). Evaluation of the drying process in spouted bed and spout fluidized bed of xanthan gum: Focus on product quality. *Powder Tech.*, 107, 234–242.
- [8] Sundaram, J., Durance, T. D. (2008). Water sorption and physical properties of locust bean gum–pectin–starch composite gel dried using different drying methods. *Food Hydrocolloids*, 22, 1352–1361.

- [19] Song, K.W., Kim, Y.S., Chang, G.S. (2006). Rheology of concentrated xanthan gum solutions: steady shear flow behavior. *Fiber. Polym.*, 7(2), 129-138.
- [20] Basu, S., Shivhare, U.S. (2010). Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *J. Food Eng.*, 100, 357-365.
- [21] Angioloni, A., Collar, C. (2009). Small and large deformation viscoelastic behavior of selected fiber blends with gelling properties. *Food Hydrocolloids*, 23, 742-748.
- [22] Giri, S.K., Prasad, S. (2007). Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *J. Food Eng.*, 78, 512-521.
- [23] Friedman H.H., Whitney J.E., Szczesniak A.S., (1963). The texturometer-A new instrument for objective texture measurement. *J. Food Sci.*, 28, 390-396.
- [24] Fiszman, S.M., Damasio, M.H. (2000). Instrumental Measurement of Adhesiveness in Solid and Semi-Solid Foods. A Survey. *J. Texture Stud.*, 31(1): 69-91.