

بررسی خواص عملکردی عصاره خام هیدروکلونیدی برخی دانه‌های بومی ایران

سید محمد علی رضوی^{۱*} آرام بستان^۲، سمیه نیک‌نیا^۳ و سمیه رزمخواه^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۹

۱-دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۲-دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانش آموختگان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

*مسئول مکاتبه: E mail: s.razavi@um.ac.ir

چکیده

دانه‌های شاهی، قدومه شهری، قدومه شیرازی و مرو به عنوان منابع جدید هیدروکلونیدی انتخاب شده و راندمان استخراج، ویسکوزیته ظاهری، رفتار جریان، امولسیون‌کنندگی، ژل دهی و کف زایی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که راندمان استخراج صمغ دانه‌ها بین ۸ تا ۱۵٪ بوده، که قدومه شیرازی بیشترین راندمان را داشته و پس از آن به ترتیب قدومه شهری، مرو و شاهی قرار گرفتند. رفتار رئولوژیکی کلیه نمونه‌ها، سیال غیر نیوتنی روان شونده قوی با برش ($n < 0.43$) بود. محلول صمغ دانه مرو بیشترین ویسکوزیته ظاهری در تمام سرعت‌های برشی را نشان داد و پس از آن به ترتیب قدومه شهری، دانه شاهی و قدومه شیرازی قرار داشتند. ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون صمغ دانه مرو در غلظت ۱٪، بیش از سایر صمغها بود، اما در غلظت ۵٪ صمغ دانه مرو و شاهی به ترتیب، بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون را داشتند. سفت‌ترین و نرم‌ترین ژل به ترتیب مربوط به دانه شاهی و قدومه شهری بود. قدومه شهری بیشترین ظرفیت کف‌کنندگی و قدومه شیرازی بالاترین شاخص پایداری کف را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: هیدروکلونید، رئولوژی، امولسیون‌کنندگی، ژل دهی، کف زایی

Functional properties of hydrocolloid extracted from selected domestic Iranian seeds

S M A Razavi¹, A Bostan², S Niknia³ and S Razmkhah³

Received: July 14, 2010 Accepted: October 11, 2011

¹Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²PhD student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³MSc Graduated, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding author: E mail: s.razavi@um.ac.ir

Abstract

The seeds of Shahi, Qodumeh Shahri, Qodumeh Shirazi and Marve were selected as the new sources of hydrocolloids and the extraction yield and some functional properties such as time independent rheological properties, emulsion capacity (EC), emulsion stability (ES), gelling properties, foaming capacity (FC) and foaming stability (FS) were determined. The results showed that the yield of hydrocolloid extraction from selected seeds was in the range of 8% to 15% (w/w) and Qodumeh Shirazi and Shahi seeds had the highest and the lowest yield, respectively. All samples exhibited shear thinning behavior ($n < 0.43$). Marve seed extract showed the highest apparent viscosity followed by Qodumeh Shirazi, Shahi and Qodumeh Shirazi. EC and ES values of Marve seed extract were obtained more than other extracts at 1% concentration, whereas Marve seed extract and Shahi seed extract at 0.5% concentration had the highest EC and ES, respectively. Qodumeh Shahri seed extract and Qodumeh Shirazi seed extract showed the greatest FC and FS, respectively.

Key words: Hydrocolloid, Rheology, Emulsifying, Gelation, Foaming

۱- مقدمه

ویژگی‌های عملکردی متعدد هیدروکلوئیدها منجر به کاربرد گسترده آنها در محصولات غذایی می‌شود. این خصوصیات که دامنه وسیعی از چسبندگی تا قابلیت جریان را شامل می‌شوند، ناشی از خصوصیت پایه و اصلی مشترک بین همه ی صمغ‌ها یعنی ویسکوزیته و افزایش قوام است. دومین خصوصیت اصلی صمغ‌ها قابلیت ژل دهی است که بر خلاف خصوصیت اول تنها در تعداد معدودی از صمغ‌ها مشاهده می‌شود. قابلیت پایدار کنندگی امولسیون‌ها، سوسپانسیون‌ها و دیسپرسیون‌ها، کف زایی، تشکیل فیلم، انکپسولاسیون و جلوگیری از تشکیل کریستال از دیگر ویژگی‌های مهم عملکردی صمغ‌ها می‌باشند (گلیکزمن، ۱۹۸۲).

هیدروکلوئیدها، بیوپلیمرهایی با وزن مولکولی بالا و آبدوست هستند که به عنوان اجزاء عملگر در فرمولاسیون‌های غذایی جهت افزایش قوام، ژل کنندگی، کنترل ریزساختار، بافت، عطر و طعم و زمان نگهداری استفاده می‌شوند (دیکینسون، ۲۰۰۳). استفاده از هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی در سال‌های اخیر به شدت گسترش یافته است. اگرچه بیشتر از هیدروکلوئیدها در غلظت‌های کمتر از ۱٪ استفاده می‌شود، اما همین مقادیر جزئی به شدت ویژگی‌های بافتی و احساس دهانی محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

روان شونده با برش (سودوپلاستیک)^۱ داشت. مدل قانون توان به خوبی با رفتار صمغ دانه خردل برازش شد و مشاهده گردید که با افزایش غلظت، ضریب قوام افزایش و شاخص رفتار جریان کاهش می یابد. ویسکوزیته محلول صمغی در حضور نمک و شکر و در محیط های اسیدی و قلیایی افزایش پیدا کرد و افزایش دما باعث کاهش ویسکوزیته گردید. به طور کلی صمغ دانه خردل زرد به عنوان جایگزین خوبی برای صمغ گزانتان شناخته شد. در یک تحقیق دیگر، چوی و همکاران (۱۹۹۴) فرآیند استخراج آبی صمغ دانه کتان را به روش سطح پاسخ بهینه یابی کردند، در این تحقیق اثر دمای استخراج، pH، نسبت آب به دانه بر راندمان، ویسکوزیته ظاهری و میزان پروتئین بررسی شد. دما مهمترین عاملی شناخته شد که راندمان را تحت تاثیر قرار می داد. بیشترین ویسکوزیته در pH های اسیدی تا خنثی مشاهده شد و برهم کنش دما و نسبت آب به دانه اثر زیادی بر ویسکوزیته ظاهری داشت. بهینه شرایط استخراج دمای ۸۵ تا ۹۰ درجه سانتی گراد، pH برابر ۶/۵ تا ۷ و نسبت آب به دانه ۱۳ به ۱ شناخته شد. راندمان صمغ دانه کتان توسط این محققان ۷/۹٪ گزارش گردید. برومر و همکاران در سال ۲۰۰۳ استخراج، تخلیص و خصوصیات فیزیکوشیمیایی صمغ دانه شنبلیله را مورد بررسی قرار دارند. آنها گزارش کردند که هرچه دمای استخراج کمتر باشد، ناخالصی کمتری وارد صمغ می شود. صمغ تخم شنبلیله در غلظت پایین رفتار نیوتنی و در غلظت های بالا رفتار وابسته به آهنگ برش (سودوپلاستیک) از خود نشان می داد. کشش سطحی تا غلظتی معین با افزایش غلظت کاهش و پس از آن افزایش یافت. سیارینی و همکاران (۲۰۰۸) ساختار شیمیایی و خواص عملکردی عصاره دانه *Gleditsia triacanthos* را به عنوان منبع گالاکتومانانی بررسی کرده و راندمان، ظرفیت جذب آب، ظرفیت امولسیون کنندگی، کف زایی و پایدارکنندگی آن را گزارش نمودند.

هیدروکلوئیدها می توانند از منابع حیوانی، گیاهی، میکروبی و حتی با روش های کاملاً شیمیایی تأمین شوند، در حال حاضر کازئین، ژلاتین و نشاسته بیشترین میزان مصرف را در بین هیدروکلوئیدها دارند که کمبود و گرانی منابع حیوانی، شیوع برخی بیماری ها مثل جنون گاوی، تغییر شیوه زندگی و تمایل به رژیم های گیاهی لزوم توجه به منابع گیاهی و یافتن منابع جدید هیدروکلوئیدی، بهینه سازی استخراج، فرآیند و بررسی ویژگی های آنها را بیش از پیش بر ما روشن می سازد (ویلیامز و فیلیپس، ۲۰۰۰).

دانه ها از منابع قدیمی و سنتی صمغ ها هستند. اکثر دانه ها حاوی مقادیر زیادی نشاسته جهت استفاده جوانه هستند و بسیاری هم حاوی پلیمرهای پلی ساکاریدی دیگر با خصوصیات مشابه صمغ ها می باشند که آن ها را تبدیل به منابع مفیدی جهت استحصال هیدروکلوئیدها کرده است. از سال های دور بسیاری دانه ها مانند به، اسفرزه، لوبیای اقاچیا، گوآر، تارا، تمریند و خردل به عنوان منابع صمغی مورد استفاده قرار می گرفتند، اگرچه برای مصارف غذایی و در تولید صنعتی تنها برخی از این صمغ ها اهمیت دارند. بررسی منابع نشان می دهد خانواده گالاکتومانان ها در این میان پررنگ ترین نقش را ایفا می کنند. تحقیقات زیادی طی سال های اخیر جهت یافتن منابع جدید هیدروکلوئیدی و بررسی خواص عملکردی آنها صورت گرفته است. برای مثال چوی و اسکین (۱۹۹۳) ساختار شیمیایی و خواص فیزیکی موسیلاژ دانه خردل زرد را بررسی کردند و با صمغ گوآر و گزانتان مقایسه نمودند. در این پژوهش مشاهده شد که راندمان استخراج ۴/۹٪ نسبت به دانه اولیه می باشد. افزایش غلظت صمغ تا میزان ۰/۰۵٪ سبب کاهش شدید کشش سطحی امولسیون روغن در آب شد، اما در غلظت های بیشتر کاهش کشش سطحی به میزان کمتری صورت گرفت. صمغ دانه خردل زرد قبل از دیالیز، بیشترین میزان ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون را نشان داد و در تمام غلظت های مورد مطالعه رفتار

¹. Shear thinning (pseudoplastic)

هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه برخی خواص عملکردی چهار دانه بومی ایران (دانه شاهی، قدومه شهری، قدومه شهری شیرازی و دانه مرو) از جمله ویژگی‌های رئولوژیکی، قابلیت امولسیون‌کنندگی، کف‌زایی و ژل‌دهی بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- استخراج صمغ

دانه‌های شاهی، قدومه شهری، قدومه شهری شیرازی و مرو از فروشگاه‌های در شهر مشهد خریداری شده و جهت حذف مواد خارجی نظیر خار و خاشاک، سنگ، دانه‌های شکسته و گاه به شیوه دستی تمیز شدند. در این تحقیق صمغ دانه شاهی به روش کاراژیان و همکاران (۲۰۰۹)، صمغ قدومه شهری و شیرازی به روش کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) و صمغ دانه مرو به روش بستان و همکاران (۲۰۱۰) استخراج شد. شرایط بهینه استخراج هر یک از صمغ‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. در فرآیند استخراج صمغ کلیه نمونه‌ها، ابتدا pH آب دیونیزه بوسیله محلول ۰/۱ مولار NaOH یا HCl تنظیم می‌شد و در حمام آب گرم تا رسیدن به دمای مورد نظر حرارت دیده و سپس دانه‌ها به آن افزوده شده و مجدداً جهت تکمیل فرآیند جذب آب، در حمام آب گرم قرار گرفته و به طور متناوب هم زده می‌شد. در نهایت عصاره هیدروکلئیدی توسط اکستراکتور آزمایشگاهی (پارس خزر، ایران) استخراج شد و در آن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیده و سپس آسیاب و الک (با مش ۱۸) شد و پودر صمغ‌ها در ظروف در بسته و در مکان خشک به منظور انجام آزمایشات مورد نظر نگهداری شدند.

۲-۲- راندمان استخراج

راندمان استخراج صمغ دانه‌های شاهی، قدومه شهری، قدومه شیرازی و مرو از اختلاف وزن ظرف خشک خالی و ظرف حاوی نمونه خشک شده بر حسب درصد وزن صمغ به وزن اولیه دانه محاسبه گردید (چوی و همکاران، ۱۹۹۳).

همانگونه که ملاحظه می‌شود تحقیقات جالبی جهت شناسایی منابع جدید و بررسی خواص عملکردی آنها صورت گرفته است، اما در کشور ایران نیز منابع بالقوه‌ای برای هیدروکلئیدها وجود دارد که سالها بصورت سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. دانه‌های شاهی، قدومه شهری و شیرازی و دانه مرو از جمله دانه‌های بومی کشورمان هستند که حاوی مقادیر بالای صمغ بوده و با توجه به مصارف سنتی خوراکی، از پتانسیل بالایی جهت تولید هیدروکلئیدهای غذایی برخوردار می‌باشند (رضوی و بستان، ۲۰۰۷). دانه شاهی یا تخم تره تیزک با نام علمی *Lepidium sativum* از تیره شب‌بوین می‌باشد. از نظر ظاهری دانه‌های کشیده و کوچک به رنگ قهوه‌ای روشن یا متمایل به قرمز هستند که در یک سمت آن‌ها فرو رفتگی مشاهده می‌گردد. دانه شاهی دارای موسیلاژ بوده و ۲۵/۵٪ روغن دارد. ترکیباتی چون سیناپیک اسید، کولین اتر، یک نوع آلکالوئید و یک اسانس روغنی نیز در آن مشاهده شده است (امین، ۲۰۰۵؛ رضوی و بستان، ۲۰۰۷؛ کاراژیان و همکاران، ۲۰۰۹). قدومه شهری با نام علمی *Lepidium perfoliatum* دانه‌هایی تخم مرغی شکل و قهوه‌ای رنگ هستند که با پوشش نازک موسیلاژی پوشیده شده است. قدومه شیرازی نیز با نام علمی *Allysum homolocarpum* دانه‌هایی گرد، پهن و صورتی کمرنگ با پوشش مشخص موسیلاژی هستند که در کناره‌های دانه به صورت باله کوتاه و سفید رنگ مشهود می‌باشد. هر دو نوع قدومه به عنوان ضد سرفه، مقوی و همچنین سنگ شکن مصرف سنتی دارند (امین، ۲۰۰۵؛ رضوی و بستان، ۲۰۰۷؛ کوچکی و همکاران، ۲۰۰۹). دانه مرو با نام علمی *Salvia macrosiphon* دانه‌ای است به اندازه شاه‌دانه و هم‌رنگ با آن، سه‌وجهی با ظاهر براق که یک وجه آن بزرگتر است. دارای رگه‌هایی است به رنگ قهوه‌ای که از قسمت پایین منشعب شده و سرتاسر دانه را فرا گرفته‌اند. این دانه به علت دارا بودن موسیلاژ فراوان به عنوان شل‌کننده در بر طرف کردن خارشهای گلو و سرفه در فرمول چهار تخمه استفاده سنتی دارد (امین، ۲۰۰۵؛ رضوی و بستان، ۲۰۰۷؛ بستان و همکاران، ۲۰۱۰۹).

دور ۲۰۰۰ در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه همزده شد و سپس با هموژنایزر اولترا توراکس تی ۲۵ (شرکت هایدولف، آلمان) با دور ۹۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱/۵ دقیقه هموژن شد. برای تعیین ظرفیت امولسیفایری (EC)^۳، امولسیونهای مورد نظر ابتدا توسط سانتریفوژ در ۱۳۰۰g به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شدند و سپس با استفاده از رابطه (۲) مقدار آن محاسبه گردید (سیارینی و همکاران، ۲۰۰۸):

$$(2) \quad \text{انرژی امولسیون باقیمانده} = \frac{\text{انرژی امولسیون کل}}{100} \times \text{ظرفیت امولسیفایری}$$

برای تعیین پایداری امولسیون (ES)^۴، امولسیونهای تهیه شده در ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۰/۵ ساعت حرارت داده شد و سپس ۱۵ دقیقه در آب سرد قرار گرفت و نهایتاً در ۱۳۰۰g به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شدند. پایداری امولسیون نمونه ها با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید (سیارینی و همکاران، ۲۰۰۸):

$$(3) \quad \text{پایداری امولسیون} = \frac{\text{انرژی امولسیون نهایی}}{\text{انرژی امولسیون اولیه}} \times 100$$

۲-۵- ژل دهی

جهت تعیین حداقل غلظت لازم برای تشکیل ژل، غلظت های مختلف محلول صمغ ها با اختلاف ۰/۱٪ در ظرف مخصوص بلوم (Schott Duran, Mainz, Germany) تهیه و تا انحلال کامل صمغ در آب دیونیزه به شدت همزده شد. محلول های حاصله در بن ماری با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت قرار داده شدند و پس از سرد شدن در دمای محیط به مدت نیم ساعت، به یخچال منتقل شده و یک شب در دمای ۴ درجه ی سانتیگراد نگهداری شدند. غلظتی که در آن پس از حرکت دادن و برگرداندن ظرف، حرکتی در محتویات ظرف به طرف بیرون ظرف مشاهده نشد (حالت شبه جامه) به عنوان حداقل غلظت لازم از صمغ برای تشکیل ژل در نظر گرفته شد.

جدول ۱ - شرایط بهینه استخراج صمغ دانه های شاهی، قدومه شهری، قدومه شیرازی و مرو

نمونه صمغ	شرایط استخراج	نسبت آب به دانه	دما (°C)	pH
دانه شاهی		۳۰:۱	۲۵	۱۰
قدومه شهری		۳۰:۱	۴۸	۸
قدومه شیرازی		۴۰:۱	۳۶	۴
دانه مرو		۵۱:۱	۲۵	۵/۵

۲-۳- ویسکوزیته ظاهری و رفتار جریان

ویسکوزیته ظاهری و رفتار جریان محلول ۲٪ (وزنی-حجمی) نمونه ها توسط ویسکومتر چرخشی بوهلین (Visco88, Bohlin, UK) مجهز به سیرکولاتور حرارتی (Julabo, Model F12-MC, Julabo Labortechnik, Germany) به ترتیب در آهنگ برشی ۴۶/۱۶ (یک بر ثانیه) و دامنه برشی ۱۴-۳۰۰ (یک بر ثانیه) و دمای ۰/۵ ± ۲۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد. کلیه آزمایشات با استفاده از پروب C30 و پس از یک شب ماندگاری محلول صمغی در دمای محیط، به منظور تکمیل هیدراسیون، صورت گرفت (بستان و همکاران، ۲۰۱۰). رفتار جریان نمونه ها با استفاده از مدل قانون توان^۲ (معادله ۱) برازش شد:

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

که در این معادله، τ تنش برشی (Pa)، $\dot{\gamma}$ درجه برش (s^{-1})^۱، k_p ضریب قوام ($Pa \cdot s^{n_p}$) و n_p شاخص رفتار جریان (بدون بعد) مدل قانون توان می باشد.

۲-۴- امولسیون کنندگی

برای تهیه امولسیون مورد نظر ابتدا محلولهای هیدروکلئیدی از طریق حل کردن صمغهای مورد نظر در غلظتهای ۰/۵ و ۱ درصد در آب دیونیزه و حرارت دهی به مدت ۲ ساعت در ۸۰ درجه سانتیگراد تهیه شدند و به مدت ۴۸ ساعت در یخچال به منظور جذب آب کامل نگهداری شدند. در مرحله بعد روغن به تدریج به محلول هیدروکلئیدی اضافه شد و توسط همزن با

³. Emulsion capacity

⁴. Emulsion stability

². Power law model

راندمان استخراج صمغ دانه های شاهی، قدومه شهری، قدومه شیرازی و مرو در شرایط بهینه استخراج آنها به ترتیب، ۸٪، ۱۲٪، ۱۵٪ و ۱۰٪ به دست آمد و نتایج آنالیز آماری نشان داد که اثر نوع دانه بر راندمان استخراج صمغ معنی دار بود ($P < 0.01$). مقادیر گزارش شده راندمان در تحقیقات انتشار یافته برای صمغ دانه کتان ۷/۹٪ (چوی و همکاران، ۱۹۹۴)، صمغ دانه شنبلیله ۲۲٪ (برومر و همکاران، ۲۰۰۳)، صمغ اپونتیا ۱۹/۴٪ (سپول ودا و همکاران، ۲۰۰۷) و صمغ دانه دوریان ۱/۲٪ (امین و همکاران، ۲۰۰۷) می باشد. همانگونه که ملاحظه می شود مقادیر راندمان به دست آمده در این تحقیق بالاتر از صمغ دانه های کتان و دوریان و کمتر از دانه های شنبلیله و اپونتیا بوده است.

۲-۳- ویسکوزیته ظاهری و رفتار جریان محلول

ویسکوزیته ظاهری محلول ۲٪ صمغ دانه شاهی، قدومه شهری و شیرازی و دانه مرو، در آهنگ برشی ۴۶/۱۶ (یک بر ثانیه) به ترتیب، ۲۱/۸۲، ۹۷/۷۷، ۱۰/۹۱ و ۱۲۳/۶۱ mPa.s در دمای ۲۵°C به دست آمد و تأثیر نوع دانه بر ویسکوزیته ظاهری معنی دار بود ($P < 0.01$). ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه مرو و قدومه شهری اختلاف زیادی با دو نمونه دیگر دارند که به احتمال زیاد مربوط به ساختار شیمیایی و وزن مولکولی آنها می باشد. اصولاً هر چه اندازه و وزن مولکولی هیدروکلوئید بیشتر باشد، اصطکاک بین مولکولها و در نتیجه ویسکوزیته بیشتر خواهد بود. ساختارهای شیمیایی نیز با توجه به نوع شان اعم از سخت تا منعطف، شاخه دار یا بدون انشعاب های مولکولی، داری گروههای باردار و بدون بار تأثیر مستقیم بر ویسکوزیته و رفتار رئولوژیکی هیدروکلوئید مورد نظر دارند. برای محلول صمغ تجاری لوییایی افاقیا، با غلظت مشابه و در شرایط یکسان، ویسکوزیته ظاهری معادل ۲۱۶/۵۶ mPa.s بدست آمد. احتمالاً بخشی از اختلاف ویسکوزیته نمونه تجاری و نمونه صمغ های بومی به علت یکنواختی بیشتر اندازه ذرات نمونه تجاری و در نتیجه جذب آب و حلالیت بیشتر آن می باشد. فرهوش و ریاضی (۲۰۰۷) ویسکوزیته ظاهری ثعلب پنجه ای را در آهنگ برشی 50 s^{-1} و غلظت

برای تعیین مقاومت مکانیکی ژل، نیروی مورد نیاز برای نفوذ پروب مخروطی ۴۵ درجه با قطر ۲۵ میلی متر با سرعت یک میلی متر بر ثانیه تا عمق ۴ میلی متر در دمای ۴ درجه سانتی گراد توسط دستگاه نیروسنج لوترون ۵۰۰۵ (ساخت کشور کره) اندازه گیری و به عنوان سفتی ژل گزارش شد (بورن، ۲۰۰۲).

۲-۶- کف زایی

به منظور بررسی خواص کف زایی صمغ دانه های شاهی، قدومه شهری، قدومه شیرازی و مرو، دو پارامتر ظرفیت کف کنندگی و شاخص پایداری کف اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری پارامترهای مذکور، ابتدا محلول ۲٪ (وزنی-حجمی) آلومین تخم مرغ تهیه شد. سپس از هریک از صمغ ها به میزان ۰/۱ و ۰/۰۵٪ (وزنی-حجمی) به محلول اضافه شد و پس از همزدن با استفاده از یک همزن با دور بالا، اورران^۵ یا همان افزایش حجم به روش وزنی با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شده و تحت عنوان ظرفیت کف کنندگی و میزان کاهش حجم کف نیز پس از ۳۰ دقیقه طبق معادله (۵) به عنوان شاخص پایدار کنندگی کف گزارش گردید (چوی و همکاران، ۱۹۹۳؛ سیارینی و همکاران، ۲۰۰۸):

$$(4) \quad \text{ظرفیت کف} = \frac{\text{وزن کف}}{\text{وزن سیتراتین با همان حجم}} \times 100 = \frac{\text{ظرفیت کف کسگی}}{\text{وزن سیتراتین با همان حجم}}$$

$$(5) \quad \text{انقباض کف پس از 30 دقیقه} = \frac{\text{انقباض اولیه کف}}{\text{انقباض کف}}$$

۲-۷- آنالیز آماری

تمامی آزمایشات حداقل در ۳ تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج از طریق تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین ها به روش دانکن در سطح آماری ۵٪ و ۱٪ صورت گرفت و به منظور رسم نمودارها و آنالیز آماری از نرم افزارهای Excel و SPSS (نسخه ۱۵) استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- راندمان استخراج

⁵. Overrun

جدول ۲- ضریب قوام و شاخص رفتار جریان مدل قانون توان مربوط به محلول ۲٪ هیدروکلئیدها (دما ۲۵ °C)

نمونه صمغ	ضریب قوام (k, Pa.s ⁿ)	شاخص رفتار جریان (n)	ضریب تبیین
شاهی	۴/۲	۰/۴۳	۰/۹۹
قدومه شهری	۳۹/۲۵	۰/۲۱	۰/۹۷
قدومه	۳/۲	۰/۳۲	۰/۹۳
مرو	۵۳/۲	۰/۲۲	۰/۹۹

۳-۳- امولسیون کنندگی

در شکل ۱ ظرفیت امولسیفایری هیدروکلئیدهای بومی در مقایسه با صمغ های تجاری (گوآر، گزانتان و لوبیای افاقیا) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، مرو نسبت به سایر هیدروکلئیدها دارای ظرفیت امولسیفایری بیشتری است. بالا بودن خصوصیت امولسیفایری این صمغ می تواند به دلیل وجود پروتئین و یا خواص سطحی بالای خود صمغ باشد. بستان و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که صمغ استخراج شده از دانه مرو دارای ۲/۸۴ درصد پروتئین می باشد. بعد از صمغ دانه مرو به ترتیب صمغ های دانه قدومه شیرازی، دانه شاهی، قدومه شهری، گوآر، لوبیای افاقیا و گزانتان بیشترین ظرفیت امولسیفایری را داشتند.

در واقع خصوصیت آبدوستی (هیدروفیلیک) پلی ساکاریدها به این معنی است که آنها فعالیت سطحی کمی در سطح مشترک روغن-آب دارند و بنابراین قابل استفاده بعنوان عوامل امولسیفایری نیستند. اما در این مورد استثنائاتی هم وجود دارد. برخی از هیدروکلئیدهای غذایی که خصوصیات بین سطحی نشان داده اند، منجر به کاربردهای امولسیفایری و پایدارکنندگی امولسیون شده اند. این صمغ ها شامل پکتین، مخصوصاً پکتین چغندر قند، پلی ساکاریدهای محلول سویا و صمغ عربی، مخصوصاً از آکاسیا سنگال و کتیرا می باشند. فعالیت امولسیفایری این هیدروکلئیدها به بخش پروتئینی و یا وجود بخش های

۲٪ و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد ۱۳۱/۳ mPa.s و مارکوت و همکارانش (۲۰۰۱) ویسکوزیته ظاهری محلول ۲٪ کاراجینان و گزانتان را در دمای ۲۰ درجه و درجه برش فوق الذکر به ترتیب، ۱۰۶/۸ و ۲۵/۲۲ میلی پاسکال ثانیه گزارش کردند.

رفتار جریان (رئوگرام تنش برشی-آهنگ برشی) حاکی از رفتار غیر نیوتنی روان شونده با برش کلیه محلول های صمغی مورد مطالعه بود (شکلها در مقاله آورده نشده است). رایمنت و همکاران (۱۹۹۵)، مارکوت و همکاران (۲۰۰۱)، توگرو و ارسلان (۲۰۰۳)، گومز-دیاز و ناوازا (۲۰۰۳) و فرهوش و ریاضی (۲۰۰۷) نظیر این رفتار را به ترتیب برای صمغ های گوآر، گزانتان، CMC و ثعلب گزارش کردند. پارامترهای حاصل از برازش مدل قانون توان بر داده های تنش برشی در برابر سرعت برش (ضریب قوام و شاخص رفتار جریان) برای صمغ های مورد بررسی به همراه ضریب تبیین برازش داده ها در جدول ۲ آورده شده است. ملاحظه می شود صمغ دانه مرو دارای بیشترین ضریب قوام و صمغ دانه قدومه شهری دارای کمترین شاخص رفتار جریان در بین صمغ دانه های بومی مورد بررسی می باشد. درجه سودوپلاستیسیته (شدت روان شوندگی) را می توان بوسیله شاخص رفتار جریان (n) تعیین نمود، به طوری که شاخص رفتار جریان با افزایش سودوپلاستیسیته کاهش می یابد (توگرو و ارسلان، ۲۰۰۳). تحقیقات نشان می دهد که رفتار غیر نیوتنی زمانی اهمیت دارد که شاخص رفتار جریان کمتر از ۰/۶ باشد (مولر و همکاران، ۱۹۹۴). در این تحقیق، شاخص رفتار جریان در کلیه نمونه ها زیر ۰/۵ بدست آمد، که نشاندهنده رفتار سودوپلاستیک قوی این صمغ ها است و موجب سهولت جریان در حین فرآیند و ایجاد احساس دهانی مطلوب در صورت استفاده از آنها در فرمولاسیون های غذایی می گردد.

اگرچه در غلظت ۱ درصد، صمغ دانه مرو به دلیل ویسکوزیته بالا و تشکیل شبکه بسیار قوی، امولسیون با حداکثر ظرفیت و پایداری تشکیل داده است. در مورد سایر هیدروکلوئیدهای مورد بررسی (دانه قدومه شهری، گوآر، زانتان و لوبیای افاقیا) در غلظت ۱ درصد، به علت مشخص نبودن مرز بین فازها، اعداد مربوطه گزارش نشده است، ولی از لحاظ ظاهری در سایر نمونه‌ها نیز چنین روندی قابل مشاهده بود.

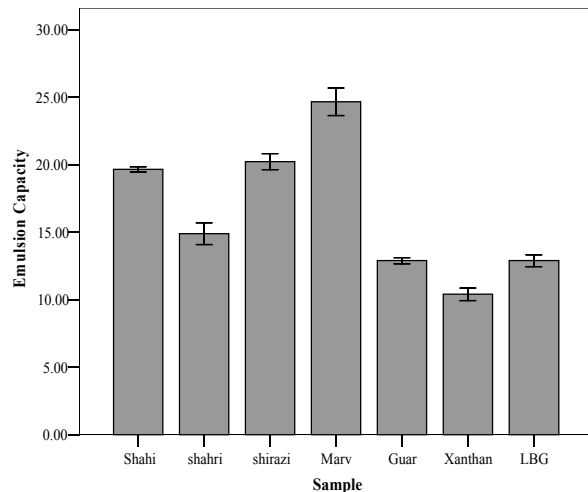
جدول ۳- ظرفیت امولسیون کنندگی (EC) و پایداری امولسیون (ES) نمونه‌ها در دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد

نوع صمغ	ظرفیت امولسیون کنندگی (%)		پایداری امولسیون (%)	
	غلظت ۰/۵	غلظت ۱	غلظت ۰/۵	غلظت ۱
صمغ دانه مرو	۲۴/۶۷ ^b	۱۰۰ ^a	۱۵/۵۶ ^d	۱۰۰ ^a
صمغ دانه شاهی	۱۹/۶۷ ^c	۲۴/۲۲ ^b	۱۷/۷۸ ^c	۲۴/۲۲ ^b
صمغ دانه قدومه شیرازی	۲۰/۲۲ ^c	۲۳/۵۶ ^b	۱۶/۲۲ ^{cd}	۲۲/۴۵ ^b

میانگین‌های دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری اختلاف معنی دار با یکدیگر دارند ($P < 0.05$)

شکل ۲ پایداری امولسیون‌های تهیه شده با صمغ‌های مختلف را نشان می‌دهد. بیشترین پایداری در نمونه امولسیون تهیه شده با صمغ دانه شاهی مشاهده می‌شود. بعد از این صمغ بیشترین پایداری به ترتیب مربوط به صمغ‌های دانه قدومه شیرازی، صمغ گزانتان، صمغ دانه مرو، صمغ قدومه شهری، گوآر و لوبیای افاقیا می‌باشد. با وجود اینکه صمغ دانه شاهی بر اساس نتایج قسمت‌های قبلی دارای ضریب قوام کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها بوده است، ولی پایداری امولسیون بالاتری را نشان داده است. این امر می‌تواند احتمالاً به دلیل عملکرد بهتر هموژنایزر ناشی از ویسکوزیته پایینتر صمغ دانه شاهی باشد، که به علت تولید ذراتی با اندازه کوچکتر توانسته است امولسیونی

آبگریز مانند گروه‌های متیل نسبت داده شده است (دیکسون، ۲۰۰۳).



شکل ۱- ظرفیت امولسیون کنندگی (%) هیدروکلوئید دانه‌های بومی ایران در مقایسه با صمغ‌های تجاری

جدول ۳ ظرفیت امولسیفایری و پایداری امولسیون نمونه‌های صمغ دانه‌های مرو، شاهی و قدومه شیرازی را در دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد، نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در همه نمونه‌ها ظرفیت امولسیفایری و پایداری امولسیون با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها بطور معنی داری افزایش یافته است ($P < 0.05$). اصولاً با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها مقدار ویسکوزیته سیستم افزایش خواهد یافت. این افزایش به دلیل بالا رفتن تعداد مولکول‌های با وزن ملکولی بالا در فاز مایع می‌باشد، که باعث افزایش مقاومت در برابر جریان امولسیون‌ها می‌شود (سیارینی و همکاران، ۲۰۰۸). پایین بودن ویسکوزیته باعث افزایش حرکت ذرات و در نتیجه افزایش سینرسیس و کاهش پایداری می‌شود. کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی را برای امولسیون روغن ذرت در آب که با صمغ قدومه شهری پایدار شده بود، گزارش نموده‌اند.

با ملاحظه داده‌های جدول ۳ می‌توان دریافت که بیشترین ظرفیت امولسیون کنندگی در غلظت ۰/۵٪ مربوط به صمغ دانه مرو و پایدارترین امولسیون در همین غلظت متعلق به صمغ دانه شاهی بوده است،

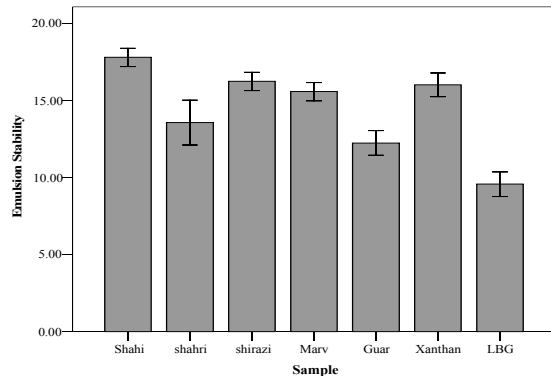
های صمغی است. افزایش ویسکوزیته سبب افزایش کشش سطحی و ناپایداری حباب های هوا نیز می گردد. از طرف دیگر شاخص پایداری کف نیز در محلول های ۰/۱٪ نسبت به ۰/۰۵٪ برای همه صمغ های مورد مطالعه کاهش یافته است، اگرچه این کاهش در هیچ موردی معنی دار نبوده است. نتایج این تحقیق با یافته های دیگران مطابقت دارد. سیارینی و همکاران (۲۰۰۸) ظرفیت کف کنندگی محلول ۰/۱٪ صمغ *Gleditsia triacanthos* را کمتر از ۵٪ و شاخص پایداری کنندگی آن را بیش از ۸۰٪ گزارش کردند. چوی و همکاران (۱۹۹۳) شاخص پایداری کف را برای جزء محلول در آب صمغ خردل، گزانتان، عربی و گوآر در محلول حاوی ۰/۳٪ صمغ و ۰/۱٪ آلومین سرم گاو به ترتیب ۵۶٪، ۱۰۰٪، ۸۶٪ و ۷۳٪ گزارش کردند.

جدول ۴- حداقل غلظت مورد نیاز برای تشکیل ژل هیدروکلوئیدها و نیروی مورد نیاز (سفتی) برای نفوذ پروب تا عمق ۴ mm

نوع صمغ	حداقل غلظت (%)	نیروی (نیوتن)
شاهی	۴/۴	۴۴/۱ ^a
قدومه ی شهری	۲/۳	۱۴/۷ ^c
قدومه ی شیرازی	۳/۵	۱۹/۶ ^{bc}
مرو	۱/۷	۲۹/۴ ^b

میانگین های دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری اختلاف معنی دار با یکدیگر دارند ($P < 0.05$)

پایدارتر تولید کند. همچنین ویژگیهای سطحی و مهاجرت سریعتر به سطح و انطباق بیشتر در سطح می تواند بر پایداری بیشتر امولسیون موثر باشد.



شکل ۲- پایداری امولسیون (%) هیدروکلوئید دانه های بومی ایران در مقایسه با صمغ های تجاری

۴-۳- ژل دهی

همان طور که در جدول ۴ نشان داده شده است کمترین و بیشترین غلظت برای تشکیل ژل به ترتیب مربوط به صمغ دانه های مرو (۱/۷٪) و شاهی (۴/۴٪) بود. احتمالاً صمغ مرو از پلی ساکاریدهای بلند زنجیرتری تشکیل شده است که در غلظت های کمتر می توانند به هم نزدیک شوند و شبکه ی سه بعدی ژل را تشکیل دهند. با توجه به نیروی مورد نیاز برای نفوذ پروب، ژل دانه های شاهی و قدومه ی شیرازی به ترتیب سفت ترین و نرمترین ژل بودند، اگرچه اختلاف بین قدرت ژل صمغ دانه قدومه شیرازی با صمغ دانه های قدومه شهری و دانه مرو معنی دار نبود ($P < 0.05$). می توان چنین فرض کرد که پیوند های تشکیل شده قوی تر بوده و یا تعداد رشته های پلیمری بیشتری جهت تشکیل شبکه ی ژلی کنار هم قرار می گیرند.

۵-۳- کف زایی

ظرفیت کف کنندگی و شاخص پایداری کف مربوط به صمغ های بومی و صمغ لوبیای اقاچیا در جدول ۵ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می شود با افزایش غلظت صمغ ها، ظرفیت کف کنندگی بطور معنی داری کاهش یافته ($P < 0.05$)، که احتمالاً به دلیل افزایش ویسکوزیته و کاهش امکان نفوذ هوا به داخل محلول

۱۵٪ بوده که قدومه شیرازی بیشترین راندمان را داشته و پس از آن به ترتیب قدومه شهری، مرو و شاهی قرار گرفتند. رفتار رئولوژیکی کلیه نمونه ها روان شونده با برش ($n < 0.43$) بود. محلول صمغ دانه مرو بیشترین ویسکوزیته ظاهری را نشان داد و پس از آن به ترتیب قدومه شهری، دانه شاهی و قدومه شیرازی قرار داشتند. ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون صمغ دانه مرو در غلظت ۱٪ بیش از سایرین بود، اما در غلظت ۰/۵٪ صمغ دانه مرو و شاهی به ترتیب، بیشترین ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون را داشتند. سخت ترین و نرم ترین ژل به ترتیب مربوط به دانه شاهی و قدومه شهری بود. قدومه شهری بیشترین ظرفیت کف کنندگی و قدومه شیرازی بالاترین شاخص پایداری کف را نشان دادند. این خصوصیات به خوبی پتانسیل کاربرد صمغ دانه های بومی ایران را به عنوان جایگزین صمغ های تجاری نشان می دهد.

جدول ۵- ظرفیت کف کنندگی (FC) و شاخص پایداری کف (FS) هیدروکلوئیدها در دو غلظت ۰/۱ و ۰/۵ درصد

نوع صمغ	ظرفیت کف کنندگی (%)		شاخص پایداری کف (%)	
	غلظت	غلظت	غلظت	غلظت
شاهی	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱	۰/۱
قدومه شهری	۴۶۶ ^b	۳۶۷ ^{cd}	۳۳ ^{ab}	۲۹ ^{bc}
قدومه شیرازی	۵۳۵ ^a	۳۸۹ ^c	۲۶ ^{bc}	۱۵ ^c
مرو	۳۷۲ ^{cd}	۲۵۶ ^e	۴۸ ^a	۳۶ ^{ab}
لوبیای اقاقیا	۲۲۷ ^e	۱۳۷ ^f	۳۶ ^{ab}	۳۰ ^{bc}
	۵۱۸ ^a	۳۴۰ ^d	۲۵ ^{bc}	۳۰ ^{bc}

میانگین های دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری اختلاف معنی دار با یکدیگر دارند ($P < 0.05$)

۴- نتیجه گیری

کلیه نمونه های مورد آزمایش (دانه شاهی، قدومه شهری، قدومه شیرازی و دانه مرو) خصوصیات عملکردی ارزشمندی در اکثر آزمایشات صورت گرفته نشان دادند. راندمان استخراج صمغ دانه ها بین ۸ تا

منابع مورد استفاده

- Amin G H, 2005. Medicinal plants of Iran (in Persian language), Tehran University Publication, First edition, Tehran. 106.
- Amin, A M, Ahmad A S, Yin Y Y, Norfariza Y and Norhayati I, 2007. Extraction, purification and characterization of durian (*Durio zibethinus*) seed gum. Food Hydrocolloids, 21, 273-279.
- Bostan, A, Razavi, SMA., and Farhoosh, R, 2010, Optimization of hydrocolloid extraction from wild sage seeds (*Salvia macrosiphon*) using Response Surface Methodology, International Journal of Food Properties, 13 (6), 1 380-1392 Bourne, M C 2002. Food Texture and Viscosity, Elsevier Science and Technology Publication, UK.
- Brummer Y, Cui W and Wang Q, 2003. Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek gum. Food Hydrocolloids 17, 229-236.
- Cui W, Mazza G, Oomah B D & Biliaderis C G, 1994. Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by response surface methodology. LWT- Journal of Food Science and Technology, 27, 363-369.
- Cui W & Eskin N A M, 1993. Chemical and physical properties of yellow mustard (*Sinapis alba L.*) mucilage. Food Chemistry, 46, 169-176.
- Dickinson E, 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids, 17, 25-39.

- Farhoosh R & Riazi A, 2007. A compositional study on two current types of salep in Iran and their rheological properties as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 21, 660-666.
- Glicksman M, 1982. *Food Hydrocolloids*. Vol 1, 2 and 3. FL: CRC Press Inc.
- Gomez-Diaz, D & Navaza J M, 2003. Rheology of aqueous solutions of food additives Effect of concentration, temperature and blending. *Journal of Food Engineering*, 56, 387- 392.
- Karazhiyan, H, Razavi, SMA, and Phillips, GO, 2011, Optimization of hydrocolloid extraction from garden seed (*Lepidium Sativum*) using Response Surface Methodology, *Food Hydrocolloids*, 25, 915-920.
- Koocheki A, Taherian A R, Razavi S M A, & Bostan A, 2009. Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from *Leidium perfoliatum* seeds, *Food Hydrocolloids*, 23, 2369-2379.
- Marcotte M, Taherian A R & Ramaswamy HS, 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34, 695-704.
- Muller F L, Pain J P and Villon P, 1994. On the behavior of non- Newtonian liquids in collinear ohmic heaters. In proceeding of the 10th international heat transfer conference. Freezing, melting, internal forces convection and heat exchanger (Vol. 4, pp. 285-290). Brighton, UK.
- Raiment P, Ross-Murphy S B, & Ellis P R, 1995. Rheological properties of sugar galactomannan and rice starch mixture. I. Steady shear measurements. *Carbohydrate Polymer* 28: 121-130.
- Razavi, SMA, Farhoosh R & Bostan, A, 2007. Functional properties of hydrocolloid extract of some Iranian seeds. Research project No.1475. Unpublished report, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Sepulveda E, Saenz C, Aliaga R and Aceituno C, 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environment*. 68: 534-545.
- Sciarini LS, Maldonado F, Ribotta PD, Perez GT & Leon AE, Chemical composition and functional properties of *Gleditsia triacanthos* gum. *Food Hydrocolloids* 23:306-313.
- Togrul H, and Arsalan N, 2003. Production of carboxymethyl cellulose from sugar beet pulp cellulose and rheological behavior of Carboxymethyl cellulose. *Carbohydrate Polymer* 54: 73-82
- Williams PA, and Phillips GO,. 2000. Introduction to food hydrocolloids; Chapter 1. In: Phillips, GO, Williams, P A(Eds.), *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press, New York.