



غنی‌سازی غذای انرژی‌زا با استفاده از صمغ‌های بومی ایران

امیرحسین رازجو^۱، مریم عزیزخانی^{۲*}، رضا اسماعیل زاده کناری^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران.
- ۲- دکترای تخصصی، دانشیار، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران.
- ۳- دکترای تخصصی، دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ‌های مقاله :	فرایند غنی‌سازی به منظور بهبود وضعیت دریافت ریزمغذی‌ها در جامعه هدف اجرا می‌شود. هدف از انجام این مطالعه، تولید ماده غذایی انرژی‌زا و غنی شده با ریزمغذی‌ها با استفاده از دو صمغ دانه شاهی و زرد و بررسی تاثیر صمغ‌ها بر ماندگاری و بازیابی مواد معدنی و ویتامین‌ها بود. فرمولاسیون شامل پودر گوشت، پودر سویا، روغن، ویتامین‌های محلول در چربی و مواد معدنی (آهن و روی) و کلرید سدیم بود. از میان فرمولاسیون‌هایی که بالاترین میزان انرژی و ویسکوزیته را داشتند، ۵ مورد انتخاب و میزان مواد معدنی، عناصر آهن و روی، ویتامین‌های A، D، E و K و میزان فعالیت آبی اندازه‌گیری شد. یک فرمول با ۰/۹۲٪ صمغ دانه شاهی و ۱/۲۳٪ صمغ زرد بالاترین میزان انرژی و ویسکوزیته را داشت. داده‌های این مطالعه نشان داد که حضور صمغ‌ها موجب حفظ محتوای ویتامین‌های محلول در چربی در نمونه‌ها می‌گردد و تفاوت معناداری میان میزان ویتامین‌های A، D، E و K در روز صفر و ۱۴ وجود ندارد لیکن در نمونه کنترل میزان ویتامین‌های ذکر شده کاهش یافت. پاسخ حاصل از حضور همزمان صمغ زرد و دانه شاهی در فرمولاسیون غذای انرژی‌زا نشان داد که نوع و غلظت صمغ تاثیری بر حفظ مواد معدنی (آهن و روی) ندارد. بهترین فرمولاسیون در این مطالعه حاوی ۳۵/۲۵٪ پروتئین و ۰/۵٪ مواد معدنی بود که می‌تواند ۲۷۷/۰۳ کیلوکالری انرژی، کل میزان مورد نیاز روزانه ویتامین A، D، E، ۶۲/۵٪ میزان مورد نیاز روزانه ویتامین K و ۱۰۰٪ میزان مورد نیاز روزانه به عناصر آهن و روی را تامین نماید.
کلمات کلیدی:	دانه شاهی، زرد، صمغ، غنی‌سازی، مواد معدنی، ویتامین.
DOI: 10.52547/fsct.18.04.08	
* مسئول مکاتبات:	
m.azizkhani@ausmt.ac.ir	

۱- مقدمه

فرآیند غنی‌سازی به افزودن عناصر ریزمغذی خاص به مواد غذایی فرموله شده یا فرآوری شده اطلاق می‌گردد. استراتژی غنی‌سازی معمولاً به منظور بهبود وضعیت دریافت ریزمغذی‌ها در افراد یا جامعه هدف (نوزادان، زنان باردار، ورزشکاران، نظامیان، بیماران، افراد مسن و غیره) اجرا می‌شود. در این راستا، استفاده از منابع در دسترس، ایمن و مقرون به صرفه که به خوبی جذب شده و بر خواص ارگانولپتیک مواد غذایی تأثیر نامطلوب نگذارد، ضروری است [۱]. غنی‌سازی مواد غذایی با ریز مغذی‌ها روش مناسبی برای تأمین این ترکیبات در سطح مورد نیاز در هر زمان و هر مکانی است که منابع غذایی موجود قادر به تأمین سطح کافی مواد مغذی در رژیم غذایی نمی‌باشند [۱].

در سال‌های اخیر، مصرف مواد غذایی پرانرژی حاوی مقدار اندک ترکیبات ریزمغذی در سراسر جهان در حال افزایش است که این روند برخی از گروه‌های مصرف‌کنندگان را در معرض خطر سوءتغذیه ریز مغذی‌ها قرار می‌دهد [۲]. در حال حاضر، این روند بیشتر در جوامع توسعه یافته و صنعتی مشاهده می‌شود، اما در بین کشورهای در حال توسعه اقتصادی و اجتماعی نیز رواج خواهد یافت. لذا، غنی‌سازی مواد غذایی به عنوان بخش مهمی از برنامه‌های بهبود تغذیه جهت جلوگیری از سوء تغذیه ناشی از کمبود ریز مغذی‌ها مورد توجه قرار گرفته است. ریزمغذی‌ها به طور عمده شامل ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشند که در فرآیندهای بیوشیمیایی تولید انرژی در سلول‌ها به عنوان کوآنزیم‌ها و کوفاکتورها نقش دارند. کمبود این ترکیبات و عناصر در تولید انرژی سلولی اختلال ایجاد نموده و منجر به بروز علائم خستگی و کمبود انرژی می‌گردد. بنابراین، با تأمین ترکیبی مواد مغذی و انرژی در مواد غذایی مورد مصرف روزانه می‌توان ضمن پیشگیری از بروز بسیاری از بیماری‌های ناشی از کمبود ریزمغذی‌ها، موجبات بهبود سلامت عمومی، صرفه جویی در هزینه‌ها درمان و افزایش کارایی افراد در فعالیت‌های روزانه را فراهم آورد. مهندسی فرمولاسیون یا مهندسی محصول بر ارتباط بین ویژگی‌های خاص محصول، ویژگی‌های ساختاری و تغذیه‌ای و انتخاب شرایط بهینه تولید متمرکز است، بنابراین، با اعمال اصلاحات فیزیکی و فیزیکوشیمیایی در محصول، خواص تغذیه

ای و ساختاری آن را بهبود می‌بخشد [۳]. تولید مواد غذایی پرانرژی، غنی شده با ویتامین‌ها، مواد معدنی و پروتئین، مقدار کمی چربی، بدون استفاده از قندهای ساده و سریع جذب، داشتن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مناسب یکی از مهمترین بخش‌های استراتژی غنی‌سازی به شمار می‌رود. در این زمینه، برای بدست آوردن ویژگی‌های رئولوژیکی بهینه از مواد حجم دهنده و غلظت دهنده مانند هیدروکلوئیدها و صمغ‌ها استفاده می‌شود.

هیدروکلوئیدها یا صمغ‌ها گروهی از مواد افزودنی هستند که به طور گسترده در صنایع غذایی به عنوان جایگزین چربی و کربوهیدرات استفاده می‌شوند [۴]. صمغ‌ها بیوپلیمرهای آب دوست با وزن مولکولی بالا می‌باشند که برای جذب آب، کنترل ویسکوزیته و کمک به ثبات ساختار محصول به کار می‌روند. از دیگر خواص هیدروکلوئیدها می‌توان به تشکیل ژل، تثبیت امولسیون و کف و جلوگیری از رشد بلورهای یخ و قند اشاره کرد [۵]. دانه شاهی (گیاهی با نام علمی *Lepidium sativum* L، خانواده *Crucifera*) حاوی مقدار قابل توجهی ترکیبات صمغی و موسیلاژ است که با خیساندن آب جذب نموده و به سرعت وزن مولکولی آن افزایش می‌یابد. مونوساکاریدهای اصلی این صمغ شامل مانوز، رامنوز، گلوکز، آرابینوز، فروکتوز، اسید گلوکورونیک، اسید گالاکتورونیک و گالاکتوز است (ناجی، رضوی و کاراژیان، ۲۰۱۲). صمغ دانه شاهی دارای قیمت پایین و توانایی بالایی برای تولید ژل و ویژگی‌های رئولوژیکی مطلوب می‌باشد [۶]. صمغ زرد (*Amygdalus scoparia*) صمغ شفافی است که از درخت بادام از خانواده *Rosaceae* تراوش می‌کند. درختان بادام که بومی ایران محسوب می‌شوند، در مناطق وسیعی از استان‌های مرکزی رشد می‌کنند. این صمغ به صمغ فارسی یا شیرازی نیز معروف است و متشکل از واحدهای آرابینوز و گالاکتوز است [۷]. هدف از انجام این مطالعه تولید ماده غذایی انرژی‌زا و غنی شده با ریزمغذی‌ها با استفاده از دو صمغ دانه شاهی و زرد و بررسی تأثیر صمغ‌ها بر ماندگاری و بازیابی مواد معدنی و ویتامین‌ها بود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه مواد شیمیایی و صمغ ها

مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی، ویتامین ها و مواد معدنی به کار رفته در این مطالعه از شرکت شارلو (اسپانیا) خریداری شد. روغن تجاری کانولا، سبوس برنج و کنجد، نمک و پودر سویا از فروشگاه مواد غذایی تهیه گردید. پودر گوشت گاو از شرکت گوشت یران (تهران، ایران) تهیه شد. دانه شاهی (*Lepidium sativum* L.) از داروخانه گیاهی خریداری و کلیه مواد خارجی، دانه های نارس و شکسته جداسازی گردید. شرایط بهینه برای به دست آوردن بالاترین درجه استخراج صمغ از دانه شاهی مطابق روش کاراژیان و همکاران تنظیم شد [۸]. صمغ زدو از درخت بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*) در تابستان ۱۳۹۸ در استان فارس جمع آوری، آسیاب و الک (الک آزمایشگاهی با مش ۲۰۰) گردید.

۲-۲- تهیه فرمولاسیون ماده غذایی

فرمولاسیون ماده غذایی انرژی زا در این پژوهش مطابق با میزان مواد مغذی دریافتی روزانه توصیه شده توسط آکادمی ملی تغذیه ایالات متحده آمریکا و برای رده سنی ۱۹ تا ۵۰ سال طراحی شد [۹]. فرمولاسیون شامل ۴۵ گرم پودر گوشت، ۲۵ گرم پودر سویا و ۱۵ گرم روغن (روغن کانولا ۹۰ درصد، روغن سبوس برنج ۵ درصد و روغن کنجد ۵ درصد) و ویتامین های محلول در چربی

(ویتامین A، D، E و K به ترتیب به میزان ۳ میلی گرم، ۵۰ میکروگرم، ۱ گرم و ۵۰ میکروگرم) و ۰/۵ گرم مواد معدنی (آهن و روی)، ۰/۵ گرم سدیم کلرید جهت غنی سازی بود. در ابتدا ویتامین های محلول در چربی و سپس ۰/۵ گرم امولسیفایر توئین ۸۰ به مخلوط روغن ها اضافه شد. در مرحله بعد، نمک و مواد معدنی به پودر گوشت و پودر سویا افزوده و پس از اضافه کردن به روغن به مدت ۱۰ دقیقه با استفاده از همزن برقی (مدل Braun، JB3010، آلمان) کاملاً مخلوط شد. فرمولاسیون طوری طراحی گردید که جمع ترکیبات به کار رفته در فرمولاسیون برابر ۱۰۰ شود. بعبارت دیگر پس از محاسبه نسبت های صمغ به آب بایستی مقدار باقیمانده با آب جایگزین و جمع نهایی ترکیبات شرکت کننده در فرمولاسیون برابر ۱۰۰ شود. صمغ های زدو و دانه شاهی به عنوان مواد حجم دهنده به کار رفتند. محلول های صمغ دانه شاهی، صمغ زدو و ترکیب (۱:۱) آنها مطابق جدول شماره ۱ به میزان ۰/۵، ۱ و ۲ گرم به آب اضافه شده و پس از انحلال کامل صمغ به فرمولاسیون اضافه گردید. در نهایت، نمونه ها به مدت ۲ ساعت روی همزن مغناطیسی بهم زده شدند. نمونه های تهیه شده در ظروف شیشه ای درب دار بسته بندی و به مدت ۱۴ روز در دمای یخچال نگهداری شدند و در روزهای صفر و ۱۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. روش بهینه سازی در این طرح روش سطح پاسخ با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت بود.

Table 1 Ingredients used for formulation of 100 g fortified energy food

Ingredients	F ₁	F ₂	F ₃
Meat powder (g)	45	45	45
Soybean powder (g)	25	25	25
Vegetable oil (g)	15	15	15
Vitamin A (mg)	3	3	3
Vitamin D (µg)	50	50	50
Vitamin E (g)	1	1	1
Vitamin K (µg)	50	50	50
NaCl (g)	0.5	0.5	0.5
Minerals (g)	0.5	0.5	0.5
Gums (g)	0.5	1	2

Table 2 Level of variables investigated in the study

Gums	Levels		
	+1	0	-1
watercress seed	0	1	2
Zedo	0	1	2

تیمار (فرمول) مطابق با جداول ۱ و ۲ تعیین و نوع و درصد صمغ به عنوان متغیرهای مستقل سطوح روش سطح پاسخ و یک نمونه به عنوان کنترل (فاقد صمغ) در نظر گرفته شد.

میکرولیتر نمونه به دستگاه HPLC (سری 200، PerkinElmer، ایالات متحده) مجهز به ستون C18 (5 × میکرومتر × قطر داخلی 4/6 میلیمتر × 250 میلیمتر، PerkinElmer، ایالات متحده) و آشکارساز (سری 200A، PerkinElmer، ایالات متحده) و تزریق کننده خودکار (مدل 9725، Rheodyne Inc.، ایالات متحده) تزریق شد. از متانول 95 درصد به عنوان فاز متحرک استفاده شد. پس از پایان جداسازی ویتامین‌ها، کروماتوگرام توسط نرم افزار HPLC manager و Nelson ترسیم و محاسبات انجام شد.

۲-۵-۲- مواد معدنی

اندازه‌گیری میزان عناصر آهن و روی در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی شعله‌ای (مدل Trace1800، Aurora Co.، کانادا) مطابق روش Abedi و همکاران در روزهای صفر و ۱۴ دوره نگهداری انجام شد [۱۴].

۲-۶- اندازه‌گیری فعالیت آبی

اندازه‌گیری فعالیت آبی (water activity, aw) نمونه‌ها در روزهای صفر و ۱۴ دوره نگهداری با استفاده از دستگاه سنجش واتراکتیویته در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد مطابق روش Kannat و همکاران انجام شد [۱۵].

۲-۷- آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دو طرفه (two-way ANOVA) در سطح اطمینان ۹۹/۹٪ و ۹۹٪ و ارزش p معادل، به ترتیب، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ با استفاده از نرم افزار SPSS 22.0 انجام شد.

۳- یافته‌ها و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون‌های سنجش محتوای انرژی و ویسکوزیته، ۵ فرمولاسیون با بالاترین میزان کالری و ویسکوزیته جهت ادامه بررسی‌ها انتخاب شدند (جدول ۳).

مقدار انرژی و ویسکوزیته نمونه غذایی به عنوان پاسخ در نظر گرفته شد. پس از بهینه‌سازی ۵ فرمولاسیون که دارای بیشترین ویسکوزیته و بالاترین کالری بودند انتخاب و پس از تهیه آزمون‌های مختلف بر روی آنها انجام شد.

۲-۳- اندازه‌گیری محتوای انرژی و میزان پروتئین

جهت اندازه‌گیری محتوای کالری، ۱ گرم از هر نمونه آسیاب و فشرده شده و با دستگاه بمب کالریتر 6200 (مدل 1108، Parr Instrument، ایالات متحده) مطابق روش Jumpertz و همکاران مورد آزمون قرار گرفت [۱۰]. اندازه‌گیری میزان پروتئین نیز با استفاده از روش کلدال انجام شد [۱۱].

۲-۴- اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (مدل DV2T، Brookfield، ایالات متحده) اندازه‌گیری شد. تیمارها به طور جداگانه در مخزن دستگاه ریخته شدند و از اسپیندل شماره L16 که مناسب برای سیالات غلیظ است، استفاده شد. با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده، اسپیندل مناسب جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته، اسپیندلی است که در سرعت مورد نظر گشتاوری بالاتر از ۱۰٪ را نشان دهد. در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد اسپیندل مناسب متصل به دستگاه در داخل مخزن قرار داده شد و در سرعت ۵۰ دور در دقیقه با رسیدن نرخ برش دستگاه به ۵۰ بر ثانیه ویسکوزیته قرائت شد [۱۲].

۲-۵- اندازه‌گیری ریزمغذی‌ها

۲-۵-۱- ویتامین‌ها

اندازه‌گیری ویتامین‌های محلول در چربی در روز صفر و ۱۴ دوره نگهداری با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع فاز معکوس با کارایی بالا (Reversed phase-High Performance Liquid Chromatography: RP-HPLC) مطابق روش Aarabi و Jalali (۲۰۰۳) انجام شد [۱۳]. به طور خلاصه پس از استخراج و آماده‌سازی، ۵۰

Table 3 Selected formulation based on energy content and viscosity

Formulation	Watercress seed gum (%)	Zedo gum (%)	Energy content (kcal)	Viscosity 50/s (pa.s)	Protein (%)
A	0.92	1.23	277.03	1.95	35.25
B	1.26	0.95	266.06	1.84	35.11
C	0.99	1.17	252.86	1.76	34.93
D	0.79	1.04	243.00	1.68	34.58
E	0.44	1.21	232.06	1.47	34.47

صمغ زرد در غلظت بیشتر ۱٪ به میزان قابل توجهی افزایش یافت [۱۶]. در محلول رقیق، مولکول‌های هیدروکلوئید به صورت آزادانه، مستقل و بدون درگیر شدن با یکدیگر در حرکت هستند لیکن در محلول‌های غلیظ، تعداد زیاد مولکول‌ها در واحد حجم و تجمع در محلول موجب برخورد، درگیر شدن و اتصال آنها شده و در نتیجه ویسکوزیته افزایش می‌یابد [۵]. ویسکوزیته محلول صمغ زرد در مقایسه با صمغ دانه شاهی در غلظت یکسان بالاتر بود. از مهمترین دلایل این اختلاف ویسکوزیته می‌تواند مربوط به تفاوت در ساختار مولکولی صمغ‌ها باشد. مطابق یافته‌های Vardhanabhuti و Ikeda (۲۰۰۶) شکل مولکول خطی و غیرقابل انعطاف موجب ایجاد حجم هیدرودینامیکی زیاد و ویسکوزیته بالای صمغ می‌گردد [۱۷].

فرمولاسیون A و کنترل، به ترتیب، بیشترین و کمترین میزان ترکیبات معدنی تام، آهن و روی را دارا بودند (جدول ۴). نتایج نشان داد که افزودن صمغ به فرمولاسیون موجب حفظ و افزایش بازیابی ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌گردد. میزان آهن و روی در روزهای صفر و ۱۴ در نمونه‌های فرمولاسیون‌های مختلف یکسان به دست آمد ($p > 0/001$) در حالی که در نمونه کنترل میزان بازیابی این دو عنصر کاهش یافت ($p < 0/001$).

رفع مشکل کمبود مواد مغذی در اقشار مختلف کشور و از طرف دیگر تامین انرژی روزانه افراد جامعه بسیار حائز اهمیت است. مسلم است که تلفیق دو مورد غنی‌سازی با ترکیبات ریزمغذی و تامین انرژی در رژیم غذایی در پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها، افزایش سلامت عمومی و افزایش کارایی افراد در امور و فعالیت های روزانه موثر خواهد بود. مواد غذایی انرژی‌زا، به طور معمول، غنی از ترکیبات کربوهیدراتی بوده لیکن میزان عناصر معدنی و ویتامین‌های محلول در چربی در آنها پائین است. در این مطالعه، جهت تامین مواد معدنی و ویتامین‌های محلول در چربی به میزان مکفی در ماده غذایی انرژی‌زا، نمونه‌ها با استفاده از بهترین فرمولاسیون‌ها بر اساس میزان ویسکوزیته و انرژی و ترکیب صمغ‌های دانه شاهی و زرد در سطوح متغیر تهیه شدند. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود فرمول A با ۰/۹۲٪ صمغ دانه شاهی و ۱/۲۳٪ صمغ زرد بالاترین میزان انرژی و ویسکوزیته را داشت ($p < 0/001$). میزان تغییرات مشاهده شده در ویسکوزیته در غلظت کمتر از ۱٪ صمغ زرد بسیار ناچیز بود اما در غلظت‌های بالاتر از ۱٪ معیار ویسکوزیته افزایش یافت و تغییرات آن قابل ملاحظه بود. نتایج مشابهی نیز توسط Khalesi و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده شد که ویسکوزیته ظاهری محلول

Table 4 Contents of minerals and fat-soluble vitamins in formulations

Micronutrients	Control	A	B	C	D	E
Minerals (%)	0.40	0.50	0.47	0.48	0.43	0.41
Fe (mg/100 g)-day0	19.41	19.51	19.51	19.49	19.47	19.45
Fe (mg/100 g)-day14	19.39	19.51	19.51	19.49	19.44	19.45
Zinc (mg/100 g)-day0	28.43	28.58	28.57	28.55	28.54	28.51
Zinc (mg/100 g)-day14	28.41	28.58	28.57	28.55	28.54	28.51
Vit A (mg/100g)-day0	2.970	2.969	2.971	2.963	2.974	2.972
Vit A (mg/100g)-day14	2.968	2.969	2.970	2.962	2.973	2.971
Vit D ($\mu\text{g}/100\text{g}$)-day0	49.864	49.863	49.865	49.864	49.861	49.862
Vit D ($\mu\text{g}/100\text{g}$)-day14	49.860	49.863	49.864	49.863	49.860	49.862
Vit E (g/100g)-day0	2.224	2.229	2.228	2.226	2.225	2.225
Vit E (g/100g)-day14	2.190	2.228	2.227	2.224	2.223	2.222
Vit K ($\mu\text{g}/100\text{g}$)-day0	49.892	49.895	49.894	49.896	49.895	49.895
Vit K ($\mu\text{g}/100\text{g}$)-day14	49.890	49.894	49.893	49.895	49.894	49.893

می‌گردد و تفاوت معناداری میان میزان ویتامین‌های A، D، E و K در روز صفر و ۱۴ وجود ندارد ($p > 0/001$) لیکن در نمونه

داده‌های این مطالعه (جدول ۴) نشان داد که حضور صمغ‌ها موجب حفظ محتوای ویتامین‌های محلول در چربی در نمونه‌ها

۱ روزه نگهداری رطوبت کمتری را نسبت به نمونه کنترل از دست دادند ($p < 0/01$).

در پژوهش حاضر، کاهش قابل ملاحظه رطوبت در نمونه کنترل موجب تخریب بخشی از ویتامین‌ها در طول دوره نگهداری گردیده است. مواد هیدروکلوئیدی به دلیل خاصیت سدکنندگی و ظرفیت بالای برقراری پیوندهای هیدروژنی و اتصال با آب مانع از مهاجرت مولکول‌های آب به بیرون از بافت ماده غذایی و کاهش اتلاف رطوبت نمونه‌ها می‌گردند. حضور و حفظ رطوبت در ماده غذایی موجب رقیق نمودن عوامل اکسیدکننده و اکسیژن، کاهش دسترسی این فاکتورها به ویتامین‌های محلول در چربی و جلوگیری از تخریب آنها می‌گردد. در این راستا، شعبانپور و همکاران (۱۳۹۹) گزارش نمودند که نمونه‌های میگوی حاوی کیتوزان و الیگوساکارید آن نقش موثری در به تعویق انداختن اکسیداسیون چربی و جلوگیری از اثرات نامطلوب آن در میگوی منجمد داشتند [۲۱]. در مطالعه فرج زاده و همکاران (۱۳۹۲) میزان رطوبت در همبرگرهای حاوی صمغ‌های زانتان و گوآر نسبت به نمونه شاهد (فاقد صمغ) بالاتر بود که علت بالاتر بودن میزان رطوبت در نمونه‌های دارای صمغ در حین سرخ کردن ناشی از خاصیت سدکنندگی صمغ‌هایی است که به عنوان پوشش به کار رفته و با قرار گرفتن روی سطح بیرونی همبرگر مانع خروج رطوبت از داخل بافت در حین سرخ کردن شدند [۲۲].

بهینه‌سازی اجزای تشکیل دهنده مواد غذایی جهت تولید محصولی با ارزش تغذیه‌ای و ارگانولپتیکی بالا ضروری است. علاوه بر بهینه‌سازی سطح پروتئین، چربی و کربوهیدرات، میزان مواد معدنی و ویتامین‌های موجود در مواد غذایی نیز باید بهینه‌سازی گردد تا از بروز عوارض و بیماری‌های ناشی از کمبود این ریزمغذی‌ها در افراد جامعه پیشگیری شود. غنی‌سازی باید به گونه‌ای انجام شود که ضمن تامین مقدار مناسبی از مواد مغذی، نیازهای غذایی روزانه فرد تامین شود. ماده غذایی غنی‌سازی شده را می‌توان در برنامه تغذیه‌ای دانش‌آموزان، کارگران، ورزشکاران، تغذیه در شرایط اضطراری گنجانید. صد گرم از نمونه غذای انرژی‌زای تهیه شده بر پایه فرمولاسیون A در این مطالعه حاوی ۳۵/۲۵٪ پروتئین و ۰/۵٪ مواد معدنی است که می‌تواند ۲۷۷/۰۳ کیلوکالری انرژی، کل میزان مورد نیاز روزانه ویتامین A، D و E، ۶۲/۵٪ میزان مورد نیاز روزانه ویتامین K و

کنترل میزان ویتامین‌های ذکر شده کاهش یافت ($p < 0/001$). پاسخ حاصل از حضور همزمان صمغ زرد و دانه شاهی در فرمولاسیون غذای انرژی‌زا نشان داد که نوع و غلظت صمغ تأثیری بر حفظ مواد معدنی (آهن و روی) ندارد اما با افزایش غلظت صمغ زرد به بالاتر از ۱٪ مقدار ویتامین‌ها در طول دوره نگهداری تغییر نموده یا به مقدار بسیار جزئی کاهش می‌یابد، در حالیکه با افزایش غلظت صمغ دانه شاهی موجب افت بیشتری در میزان ویتامین‌ها می‌گردد. با توجه به داده‌های بدست آمده نیز می‌توان چنین استنباط نمود که تأثیر صمغ زرد بر تغییرات ویتامین‌ها بیشتر از صمغ دانه شاهی بوده است.

در مطالعه فرزقی و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر متغیرهای نوع و غلظت صمغ (گوآر و ژلاتین) بر میزان ماندگاری ویتامین C در محصول نهایی پاستیل زرشک بررسی شد. نتایج نشان داد که اثرات خطی غلظت گوآر، اثر درجه دوم ژلاتین و اثر متقابل این دو ترکیب در مدل بدست آمده برای پاستیل معنی دار بود. پاسخ حاصل از حضور همزمان گوآر و ژلاتین در فرمولاسیون پاستیل نشان داد که با افزایش گوآر مقدار ویتامین C ابتدا افزایش و در ادامه کاهش یافت، در حالی که با افزایش غلظت ژلاتین در مقدار گوآر پایین میزان ویتامین C افزایش و سپس با افزایش میزان ژلاتین در مقدار گوآر بالا میزان ویتامین C کاهش داشته است [۱۸]. در مطالعه حاضر نیز تأثیر یک صمغ غالب بوده و افزایش غلظت آن موجب بهبود ماندگاری ویتامین‌ها گردیده است. به طور کلی، عوامل متعددی، مانند دمای نگهداری محصول، میزان اکسیژن محلول و نیز نرخ نفوذپذیری ماده بسته بندی در برابر ورود اکسیژن بر سرعت تخریب ویتامین‌ها تأثیر گذارند [۱۹]. هیدروکلوئیدها می‌توانند از تماس ویتامین‌ها با اکسیژن و ترکیبات اکسیدکننده جلوگیری نموده و میزان افت را طی دوره نگهداری کاهش دهند [۲۰].

Table 5 Water activity (g H₂O/g) of fortified energy food samples

Time	Control	A	B	C	D	E
Day 0	0.23	0.32	0.31	0.28	0.25	0.24
Day 14	0.18	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21

ارزیابی میزان رطوبت نمونه‌ها نشان داد که افزودن هیدروکلوئیدها به میزان قابل ملاحظه‌ای موجب حفظ آب در محصول می‌گردد و همه فرمولاسیون‌های حاوی صمغ طی دوره

- of nitrogen determination: Base or acid as titrant? *Journal of Chemical Education*, 2013. 90(2): p. 191-197.
- [12] Prakash, S., et al., Ultra-high-temperature processing of chocolate flavoured milk. *Journal of food engineering*, 2010. 96(2): p. 179-184.
- [13] Aarabi, M.H. and M. Jalali, Simultaneous measurement of vitamin A and E using reversed phase HPLC. *KAUMS Journal (FEYZ)*, 2003. 7(3): p. 1-7.
- [14] Abedi, A., et al., Determination of Lead, Cadmium, Iron and Zinc Contents in the Meat Products Supplied in Tehran. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 2018. 13(3): p. 93-102.
- [15] Kanatt, S.R., et al., Shelf-stable and safe intermediate-moisture meat products using hurdle technology. *Journal of food protection*, 2002. 65(10): p. 1628-1631.
- [16] Khalesi, H., et al., Whey protein isolate-Persian gum interaction at neutral pH. *Food Hydrocolloids*, 2016. 59: p. 45-49.
- [17] Vardhanabhuti, B. and S. Ikeda, Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. *Food hydrocolloids*, 2006. 20(6): p. 885-891.
- [18] Farzaghi, M.H., Sharifi, A., Estiri, S.H., Optimization of the production process of functional pastilles from seedless barberry fruit by response surface methodology. *Innovations in Food Science and Technology*, 2017. 9(1): p. 125-136.
- [19] Burdurlu, H.S., N. Koca, and F. Karadeniz, Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of food engineering*, 2006. 74(2): p. 211-216.
- [20] Xing, Y., et al., Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 2011. 124(4): p. 1443-1450.
- [21] Shabanpour, B., Taghani, T., PourAshoori, P., Alishahi, A., The effects of chitosan hydrocolloid and its oligosaccharides in comparison with sodium pyrophosphate on some quality properties of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during frozen storage. *Research and Innovations in Food Science and Technology*, 2020. doi: 10.22101/jrifst.2020.218798.1158.
- [22] Farajzadeh, Z., et al., Production of low fat hamburger using hydrocolloid coating *Journal of Food Hygiene*, 2012. 2(4): p. 61-71.
- ۱۰۰٪ میزان مورد نیاز روزانه به عناصر آهن و روی را تامین نماید.
- ### ۴- منابع
- [1] Dary, O. and R. Hurrell, Guidelines on food fortification with micronutrients. Geneva: World Health Organization, Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2006.
- [2] Huskisson, E., S. Maggini, and M. Ruf, The influence of micronutrients on cognitive function and performance. *Journal of international medical research*, 2007. 35(1): p. 1-19.
- [3] Alvarez Gomez, J.M. and J.M. Rodriguez Patino, Formulation engineering of food model foams containing diglycerol esters and β -lactoglobulin. *Industrial & engineering chemistry research*, 2006. 45(22): p. 7510-7519.
- [4] Kohajdová, Z. and J. Karovičová, Influence of hydrocolloids on quality of baked goods. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2008. 7(2): p. 43-49.
- [5] Farahnaky, A., H. Ashkari, and M. Bakhtiyari, An Investigating of Some Rheological Properties of Garden Cress Seed Mucilage. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 2011. 42(1): p. 113-120.
- [6] Najaf_Najafi, M. and A. Fazeli, Evaluation of *Lepidium sativum* seed gum effect on physical stability and flow properties of oil-in-water emulsion prepared by high-speed dispersing. *Food Science and Technology*, 2016. 14(64): p. 126-116.
- [7] Fadavi, G., et al., Composition and physicochemical properties of Zedo gum exudates from *Amygdalus scoparia*. *Carbohydrate polymers*, 2014. 101: p. 1074-1080.
- [8] Karazhiyan, H., S.M. Razavi, and G.O. Phillips, Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 2015. 52(5): p. 915-920.
- [9] Meyers, L.D., J.P. Hellwig, and J.J. Otten, Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements. 2006: National Academies Press.
- [10] Jumpertz, R., et al., Food label accuracy of common snack foods. *Obesity*, 2011. 19(1): p. 164-169.
- [11] Michałowski, T., A.G. Asuero, and S. Wybraniec, The titration in the Kjeldahl method



Fortification of energy food using Iranian native gums

Razjoo, A.¹, Azizkhani, M.^{2*}, Esmailzadeh Kenari, R.³

1. M.Sc. student, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran
2. Ph.D., Associate Professor, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran.
3. Ph.D., Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 2020/ 10/ 10

Accepted 2021/ 01/ 11

Keywords:

Gum,
Fortification,
Minerals,
Vitamin,
Watercress,
Zedo.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.08

*Corresponding Author E-Mail:
m.azizkhani@ausmt.ac.ir

The fortification process is carried out to improve the micronutrient intake in the target community. The aim of this study was to produce energy food fortified with micronutrients using zedo and watercress seed gums and to investigate the effect of the gums on the stability and recovery of minerals and vitamins. The formulation included meat powder, soy powder, oil, fat-soluble vitamins, minerals (iron and zinc) and sodium chloride. Among the formulations that had the highest amount of energy and viscosity, 5 were selected and the amount of minerals, iron and zinc, vitamins A, D, E and K and the amount of water activity were measured. Formula A had the highest amount of energy and viscosity with 0.92% of watercress seed gum and 1.23% of zedo gum. The data showed that the presence of gums preserves the content of fat-soluble vitamins in the samples and there is no significant difference between the amount of vitamins A, D, E and K on days 0 and 14, but in the control the amount of vitamins decreased. The response obtained from the simultaneous presence of zedo gum and watercress in the formulation of energy food showed that the type and concentration of gum had no effect on the preservation of minerals (iron and zinc). The best formulation in this study contained 35.25% protein and 0.5% minerals, which provides 277.03 kcal of energy, the total daily requirement of vitamins A, D and E, 62.5% of the daily requirement of vitamin K and 100% of the daily requirement of iron and zinc.