

## Production of Instant Energetic Supplement Food Powder for Tough Military Circumstances and Evaluation of its Shelf-Life and Qualitative Properties

Sharif S.<sup>2,3</sup> MSc, Golmakani M.T.\*<sup>1</sup> PhD, Imani B.<sup>3</sup> MSc

<sup>1</sup> Department of Food Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Islamic Republic of Iran.

<sup>2</sup> Center of Advance Research and Development, Etko Organization, Tehran, Islamic Republic of Iran.

<sup>3</sup> Department of Food Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Islamic Republic of Iran

### Abstract

**Aims:** The aims of this study were formulating and experimental production of IEFSPs for emergencies and tough military circumstances while patrol, in cold weather or at heights.

**Methods:** In the first place, 5 different formulation groups, each comprising 5 compounds made up of different percentages of ingredients were prepared; then from each group, the best one was picked out by test panels. Next, from the chosen IEFSPs, the optimum formulation was selected via taste panels. Shelf life and qualitative properties (organoleptic, chemical, and microbial) of the optimum formulation were evaluated at 38°C during the time of 0, 1.5, and 3 months after production (equal to 0, 9, and 18 months at 27°C respectively).

**Results:** Although organoleptic properties and moisture content of the optimum formulation showed a little decrease after 3 months incubation at 38 °C, this reductions were not significant ( $p < 0.05$ ). In addition, after 3.0 month incubation at 38°C, microbial properties of the optimum formulation were within the standard range.

**Conclusion:** Shelf-life and also qualitative properties of the IEFSPs, after 3 months incubation at 38°C, were acceptable and these IEFSPs can be easily used in emergencies and tough military circumstances.

**Keywords:** Instant energetic powder, Formulation, Physicochemical properties

## تولید آزمایشی پودر مکمل غذایی انرژی‌زای فوری جهت شرایط سخت نظامی و بررسی ماندگاری و خصوصیات کیفی آن

سهراب شریفی<sup>۲،۳</sup> MSc، محمد تقی گلمکانی<sup>۱</sup> PhD، بهنوش ایمانی<sup>۳</sup> MSc

<sup>۱</sup> بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، جمهوری اسلامی ایران

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات و توسعه، سازمان اتکا، تهران، جمهوری اسلامی ایران

<sup>۳</sup> بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، جمهوری اسلامی ایران

### چکیده

**اهداف:** هدف از این مطالعه تولید آزمایشی پودرهای مکمل فوری انرژی‌زا برای شرایط سخت نظامی می‌باشد.

**روش‌ها:** ۵ دسته فرمولاسیون، هر دسته شامل ۵ فرمولاسیون با درصد‌های مختلف مواد اولیه، تهیه شد. از هر دسته، یک فرمولاسیون توسط ارزیابان حسی انتخاب شد. پس از مقایسه ۵ فرمولاسیون منتخب، یکی از آن‌ها به عنوان فرمولاسیون بهینه انتخاب شد و آزمایشات شیمیایی، میکروبی و حسی در زمان‌های صفر، ۱/۵ و ۳/۰ ماه در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد (به ترتیب معادل صفر، ۹ و ۱۸ ماه در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد) روی آن انجام گرفت.

**یافته‌ها:** پس از ۳/۰ ماه نگهداری در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد و مقایسه نتایج آزمون‌ها نشان داد که با گذشت زمان، رطوبت فرمولاسیون بهینه کاسته شده، هرچند که این کاهش بر خواص حسی پودر تولیدشده تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. داده‌های حاصل از آزمایشات میکروبی نشان داد، که با گذشت زمان، خصوصیات میکروبی پودر بهینه در محدوده استاندارد قرار دارد.

**نتیجه‌گیری:** جیره انرژی‌زا پس از ۳/۰ ماه نگهداری در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد از لحاظ خصوصیات حسی، شیمیایی و میکروبی قابل قبول بود که می‌توان به عنوان منبع انرژی در شرایط سخت نظامی استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** پودر انرژی‌زای فوری، فرمولاسیون، خواص فیزیکوشیمیایی

## مقدمه

مقادیر کافی انرژی و ریزمغذی‌ها، پایداری و مقاومت نیروهای جنگی را در طی مأموریت افزایش دهد. ۶- بسته‌بندی، علاوه بر اینکه نوع بسته‌بندی روی قابلیت حمل و نقل و ماندگاری تأثیر دارد، شکل بسته‌بندی نیز باید جذاب بوده و به راحتی قابل باز کردن باشد [۴-۷].

عوامل زیادی وجود دارند که باعث می‌شوند سربازان وعده غذایی را مصرف نکرده یا کمتر مصرف بکنند. به علاوه، کاهش علائم حسی در جیره سربازان نیز عامل مهمی در کاهش مصرف جیره است، عامل مهم دیگر در رابطه با مصرف کم جیره‌های عملیاتی، رابطه آن با نوشیدن مایعات می‌باشد. مطالعات مختلف نشان داده اند که نوشیدن مایعات علاوه بر انرژی‌زا بودن، خود مایعات بر میزان دریافت انرژی از غذاهای جامد نیز موثرند؛ این در حالی است که در شرایط نظامی مصرف آب کاهش می‌یابد [۴، ۶، ۷].

در شرایط عملیاتی، انتخاب غذا محدود شده و جیره‌های نظامی موجود در طول مأموریت جایگزین غذا می‌شوند. تحقیقات نشان داده‌اند که میزان دریافت انرژی در مبادین عملیاتی در مقایسه با شرایط عادی (پادگان) حدود ۲۰۰۰-۵۰۰ کیلوکالری کاهش می‌یابد، و این امر منجر به کاهش وزن نظامیان و در نتیجه کاهش کارایی جسمی و فکری خواهد شد. تغذیه نظامیان از دو دیدگاه اهمیت دارد: وسعت و گستردگی زیاد گروه و از آنجایی که امنیت جامعه در گرو نظامیان است، حفظ سلامت آن‌ها اهمیت زیادی دارد [۴، ۶، ۷].

از آنجایی که کاهش مصرف غذا همراه با مصرف انرژی ذخیره‌شده بدن منجر به کاهش وزن می‌شود، کاهش وزن در مدت زمان مشخص ساده‌ترین راه برای ارزیابی کاهش مصرف است. با توجه به انجام سریع مراحل هیدراتاسیون، نوشیدن مایعات کافی برای جلوگیری از کم‌آبی اولین گام برای غلبه بر هر نوع کاهش عملکردی محسوب می‌شود، زیرا هیدراتاسیون موجب کاهش اشتها، رخوت و کاهش سطح انرژی بدن می‌گردد [۸-۱۱]. در تهیه جیره نظامیان باید سعی شود نیاز به آب افزایش پیدا نکند زیرا دسترسی به آب مشکل می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند انسان می‌تواند ۳۰ روز بدون اینکه غذا بخورد زندگی کند ولی زنده ماندن بدون آب، به عوامل متفاوتی از جمله شرایط محیطی وابسته است. مطالعات انجام‌شده بر روی سربازان عراقی که در دمای ۴۶ درجه سانتی‌گراد می‌جنگیدند، نشان داده است برای تعادل بدن نیاز تقریباً روزانه ۷/۵ لیتر آب داشتند. به علاوه نیاز به آب تحت تأثیر ترکیب رژیم غذایی به ویژه پروتئین رژیم می‌باشد. میزان پروتئین باید در حد معقولی باشد تا نیاز به آب بالا نرود. لازم به ذکر است، که در محیط‌های سرد با هوای سنگین غذا سریع‌تر سرد شده و گرما سریع‌تر به اطراف پراکنده می‌گردد. تأمین مقدار کافی جیره غذایی گرم توسط فرماندهان در طی عملیات جنگی در ارتفاع زیاد یک مشکل عمده است [۹].

هدف از انجام این تحقیق تولید پودرهای انرژی‌زا می‌باشد که از گروه‌های مختلف غذایی تشکیل شده‌اند. همچنین مصرف ساده و

لازمه امنیت ملی و اقتدار نظامی، وجود نیروی انسانی سالم و فعال است که بتواند در بالاترین سطح از کارایی و شادابی با تکیه بر قدرت ایمان و سلامت جسم و روان به دفاع از کشور، دین و ارزش‌های انقلابی جامعه بپردازد. این موضوع در شرایط جنگ از اهمیت مضاعفی برخوردار بوده و یکی از مهم‌ترین مسائل آن، تغذیه نیروهای مسلح نظامی و رزمندگان می‌باشد. بر همین اساس است که تأمین غذای سالم برای نظامی‌ها بر غیرنظامی‌ها ارجحیت دارد [۱]. غذای پرسنل نظامی در سرویس‌های غذاخوری پادگان‌های نظامی و در طول عملیات‌های صحرایی به صورت جیره غذایی عرضه می‌گردد. از نظر نظامی، جیره (Ration) مقدار غذای کافی برای یک فرد نظامی در یک روز است. جیره عملیاتی (Operational ration) یک اصطلاح کلی برای جیره‌های مورد استفاده در مناطق عملیاتی و جنگی می‌باشد. برای جیره‌های عملیاتی، انتخاب یک جیره خاص یا یک نوع وعده غذایی برای افراد یا گروه‌ها، به شرایط لجستیکی و تاکتیکی، شرایط محیطی مصرف غذا، نوع مأموریت، وضعیت دشمن، منطقه عملیات و شرایط زمانی بستگی دارد. جیره‌های نظامی همواره در سطح ارتش‌های جهان اهمیت داشته و به عنوان یکی از طرح‌های اصلی لجستیکی مورد مطالعه می‌باشد و متناسب با شرایط جنگی، جیره‌های غذایی خاصی پیشنهاد می‌شود [۱]. جیره‌های انرژی‌زا می‌توانند کارایی فرد را هنگام عملیات جنگی به خصوص زمانی که فرصت کافی برای مصرف مواد غذایی وجود نداشته باشد، بهبود بخشیده و به همین دلیل است، که این جیره‌ها همواره در حال اصلاح شدن می‌باشند [۲، ۳]. طراحان جیره‌های عملیاتی باید ملاحظات و محدودیت‌های خاصی را، به خصوص هنگامی که جیره جنگی انفرادی قابل قبولی برای نظامیان طراحی می‌کنند، مد نظر قرار دهند. از جمله این محدودیت‌ها به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: ۱- قابلیت پذیرش همگانی، الگوی انتخاب جیره باید بر اساس پیشینه فرهنگی، مسائل مذهبی و منطقه‌ای در نظر گرفته شود. ۲- محیط جهانی، جیره باید کاملاً قابل حمل و قابل استفاده در تمامی شرایط آب و هوایی در محدوده‌ی گسترده دمایی از ۵۱- تا ۴۹ درجه سانتی‌گراد باشد. ۳- امکان حمل و نقل هوایی، گاهی اوقات شرایط جنگی اقتضا می‌کند جیره به صورت هوایی به سربازان برسد، لذا بسته‌بندی جیره باید طوری باشد که بتوان آن را با چتر یا حتی بدون چتر به پایین انداخت. ۴- وزن و حجم مناسب، وزن و حجم جیره باید طوری باشد که سربازان قادر باشند تعدادی از آن‌ها را با خود داشته و در مسافت‌های طولانی همراه ببرند. ۴- قابلیت ماندگاری بالا، دوره ماندگاری محصولات در این بسته‌ها حداقل برابر با ماندگاری غذا در قوطی‌های کنسرو است اما فضای کمی را اشغال می‌کند و به سادگی پاره می‌شود. ۵- افزایش قدرت عملکرد، ارتش تمایل دارد تا از جیره به عنوان نیروی فزاینده‌ای استفاده کند که به کمک مواد تشکیل‌دهنده طبیعی غذا و تأمین

تسریع و تسهیل حل شدن در مایعات در این فرمولاسیون‌ها از درصد ناچیزی چربی استفاده گردید. در تمامی فرمولاسیون‌های ۵ دسته، از وانیل به عنوان تعدیل‌کننده عطر و طعم به مقدار ۱ درصد و از امولسیفایر گلیسرین منواسترات نیز به مقدار ۱ درصد استفاده شده است. ابتدا ۵ دسته فرمولاسیون با مواد اولیه متفاوت تهیه شد. هر کدام از این دسته‌ها شامل ۵ نوع فرمولاسیون با مواد اولیه مشابه اما در درصدهای مختلف می‌باشد. در ادامه ۵ فرمولاسیون هر دسته باهم مقایسه شدند و توسط روش ارزیابی حسی یک فرمولاسیون از هر دسته که بیش‌ترین امتیاز ارزیابی حسی را کسب کرد انتخاب شد. آن‌گاه این ۵ فرمولاسیون انتخاب‌شده، نیز جهت تعیین فرمولاسیون بهینه توسط ارزیابان حسی باهم مقایسه شدند و فرمولاسیونی که بیش‌ترین امتیاز را در این مرحله کسب کرده بود به عنوان فرمولاسیون بهینه برگزیده شد و آزمایشات شیمیایی، میکروبی و حسی در بازه‌های زمانی صفر، ۱/۵ و ۳/۰ ماه نگهداری شده در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد (به ترتیب معادل صفر، ۹ و ۱۸ ماه در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد) بر روی فرمولاسیون بهینه انجام گرفت.

**روش کار:** روش کار مورد استفاده در تهیه پودر انرژی‌زا به این ترتیب بود که پس از توزین ترکیبات فرمولاسیون مورد نظر، به منظور همگن‌تر کردن نمونه‌ها، مواد اولیه توسط آسیاب پره دنده-ای (مدل ۸۶۰۰ شرکت طوس‌شکن خراسان، ایران) در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد آسیاب شدند. سپس منابع پروتئینی به خوبی توسط دستگاه همزن (Coffee grinder مدل GOG705 شرکت Gosonic، چین) مخلوط گردیدند. در مرحله بعد مواد ایجادکننده عطر و طعم به مخلوط اولیه اضافه و نهایتاً مواد قندی به ترکیب ذکرشده افزوده شدند. در مرحله آخر از دوره‌های پایین همزن جهت پخش کامل و یکنواخت ذرات استفاده گردید. در نهایت نمونه‌های مورد نظر، در بسته‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با وزن ۵۰ گرم بسته‌بندی شد.

**آزمون ارزیابی حسی:** از آنجایی که در کشورمان اکثر نیروهای نظامی را جنس مذکر تشکیل می‌دهند، در این پژوهش تنها از ارزیابان حسی مذکر [۱۲ نفر از کارکنان و دانشجویان مذکر نیمه آموزش‌دیده بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز [۱۲]] استفاده شد. پس از تهیه فرمولاسیون‌های مختلف، پودرهای انرژی‌زای تولیدشده، به ارزیابان حسی که همگی مرد و در رده سنی ۲۵ تا ۳۵ سال بودند ارائه گردید و از آن‌ها خواسته شد که پودرهای انرژی‌زا را بر اساس فاکتورهای طعم و عطر، رنگ، زمان حل شدن، یکنواختی محصول و پذیرش کلی امتیازبندی نمایند. در این تحقیق از دامنه ۲۰-+ به منظور امتیازدهی در آزمون ارزیابی حسی (نمره صفر برای کم‌ترین مطلوبیت در کیفیت و نمره ۲۰ برای بیش‌ترین مطلوبیت در کیفیت) استفاده شد. لازم به ذکر است که ارزیابان حسی همگی از دانشجویان پسر نیمه آموزش‌دیده بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز بودند. ارزیابی حسی در اتاقک مخصوص ارزیابی حسی انجام شد و

آسان این نوع از جیره‌های غذایی علاوه بر تولید انرژی و رساندن مواد لازم به بدن، مقداری از نیاز بدن به آب و مایعات دیگر را نیز رفع می‌کند. استفاده از این نوع پودرهای غذایی با شیر پیشنهاد می‌شود که علاوه بر تأمین مقدار زیادی از کلسیم و پروتئین بدن، به دلیل داشتن ۸۷/۵ درصد آب می‌تواند نیاز بدن به آب را نیز مرتفع سازد. اما در شرایط اضطرار و نبود شیر این مواد با آب و آب‌میوه نیز به راحتی قابل استفاده می‌باشند. بررسی‌ها نشان می‌دهد، که همراه با مصرف جیره‌های غذایی مکمل‌هایی وجود دارد که حاوی کربوهیدرات زیادی بوده و نیاز سربازانی را که از جیره‌های غذایی مختلف استفاده می‌کرده‌اند از لحاظ کربوهیدرات و مایعات برطرف می‌نماید. مکمل‌های نوشیدنی حاوی کربوهیدرات قادرند مصرف کالری و مایعات را در ارتفاع زیاد افزایش دهند. لازم به ذکر است که تحقیقات نشان می‌دهد که افراد در ارتفاعات تمایل بیشتری به مصرف کربوهیدرات‌ها دارند و مصرف چربی و سایر مواد محدود می‌شود. بر همین اساس است که موضوع این پژوهش نیز در راستای تأمین نیاز سربازان به مصرف کربوهیدرات و پروتئین و در واقع تولید مکمل‌های نوشیدنی انرژی‌زا می‌باشد.

## روش‌ها

**مواد اولیه مورد استفاده در تولید پودرهای انرژی‌زا، آرد** برنج از کارخانه پودرینه شمال (بابل، ایران)، وانیل از شرکت کشت سبز (شیراز، ایران) کاکائو از شرکت رایان شیمی (تهران، ایران)، گلیسرین منو استرات، (MBK؛ تهران، ایران)، پودر نارگیل از بازار محلی شیراز، پودر سفیده تخم‌مرغ و پودر تخم‌مرغ از شرکت گل‌پودر گلستان (گرگان، ایران)، شیر خشک کامل و پودر آب پنیر فرآپالایش از کارخانه رامک شیراز (شیراز، ایران)، مالتو دکسترین، شکر، گلوتن و دکستروز از شرکت آرد، نشاسته و گلوکز یاسوج (یاسوج، ایران)، سویا از شرکت پرتو دانه سویا (کرمانشاه، ایران)، پودر شکلات از شرکت رایان شیمی (تهران، ایران)، خریداری شدند. کلیه مواد شیمیایی و محیط کشت میکروب‌های مورد استفاده نیز از (Merck؛ آلمان) خریداری شدند.

**تهیه فرمولاسیون‌های مختلف:** همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، مواد مورد نیاز جهت انجام این تحقیق شامل، شیر خشک، پودر آب‌پنیر، آرد برنج، وانیل، کاکائو، امولسیفایر گلیسرین منواسترات، مالتو دکسترین، پودر سفیده‌ی تخم‌مرغ، پودر تخم‌مرغ، دکستروز، پودر شکلات، پودر کاکائو، پودر شکر، پودر سویا و گلوتن بوده، که دربرگیرنده‌ی گروه‌های مختلف غذایی مورد نیاز بدن از جمله کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی می‌باشد و در هر فرمولاسیون به مقدار مشخصی از هر کدام از آن‌ها استفاده شده است. از پودر شیر خشک، پودر آب‌پنیر و پودر تخم‌مرغ جهت تأمین پروتئین بدن استفاده شده است. به منظور تأمین قند بدن از دکستروز، شکر و مالتو دکسترین استفاده شد. به منظور

مربوطه تهیه گردید. پس از مشخص شدن فرمولاسیون بهینه توسط ارزیابان حسی، به منظور بررسی تأثیر زمان بر پذیرش فرمولاسیون بهینه، در فواصل زمانی صفر، ۱/۵ حل شدن و پذیرش کلی برای انتخاب فرمولاسیون بهینه تحت نور سفید و ارزیابی یکنواختی محصول به منظور حذف اثر رنگ، تحت نور قرمز انجام شد. به این منظور ابتدا ۳۵ گرم از نمونه‌ها به صورت محلول در ۷۵ میلی‌لیتر آب درون لیوان مصرف که با اعداد ۳

نحوه امتیازدهی و ارزیابی به طور کامل برای هر کدام از ارزیاب‌ها توضیح داده شد. ارزیابی رنگ، عطر، طعم، زمان حل شدن و پذیرش کلی برای انتخاب فرمولاسیون بهینه تحت نور سفید و ارزیابی یکنواختی محصول به منظور حذف اثر رنگ، تحت نور قرمز انجام شد. به این منظور ابتدا ۳۵ گرم از نمونه‌ها به صورت محلول در ۷۵ میلی‌لیتر آب درون لیوان مصرف که با اعداد ۳ رقمی کد گذاری شد بودند، قرار داده شدند و پرسش‌نامه‌های

جدول ۱. درصد مواد اولیه فرمولاسیون‌های پودرهای انرژی‌زا

کد فرمولاسیون	مواد اولیه مورد استفاده و مقدار آن‌ها
<b>فرمولاسیون دسته ۱</b>	
۱	پودر سفیده تخم‌مرغ (۳۰٪)، شیر خشک (۲۴٪)، آرد برنج (۱۰٪)، گلوتن (۱۰٪)، سویا (۱۰٪)، پودر شکلات (۵٪)، دکستروز (۵٪)، پودر شکر (۴٪)، پودر کاکائو (۱٪)
۲	پودر سفیده تخم‌مرغ (۲۰٪)، شیر خشک (۳۰٪)، آرد برنج (۱۰٪)، گلوتن (۱۰٪)، سویا (۱۵٪)، پودر شکلات (۳٪)، دکستروز (۵٪)، پودر شکر (۴٪)، پودر کاکائو (۱٪)
۳	پودر سفیده تخم‌مرغ (۲۵٪)، شیر خشک (۲۰٪)، آرد برنج (۱۵٪)، گلوتن (۱۵٪)، سویا (۱۰٪)، پودر شکلات (۳٪)، دکستروز (۵٪)، پودر شکر (۴٪)، پودر کاکائو (۱٪)
۴	پودر سفیده تخم‌مرغ (۳۰٪)، شیر خشک (۲۵٪)، آرد برنج (۱۵٪)، گلوتن (۱۰٪)، سویا (۵٪)، پودر شکلات (۳٪)، دکستروز (۵٪)، پودر شکر (۴٪)، پودر کاکائو (۱٪)
۵	پودر سفیده تخم‌مرغ (۲۵٪)، شیر خشک (۲۵٪)، آرد برنج (۱۵٪)، گلوتن (۱۵٪)، سویا (۵٪)، پودر شکلات (۳٪)، دکستروز (۵٪)، پودر شکر (۴٪)، پودر کاکائو (۱٪)
<b>فرمولاسیون دسته ۲</b>	
۱	پودر سفیده تخم‌مرغ (۴۰٪)، گلوتن (۱۵٪)، شیر خشک (۱۵٪)، سویا (۱۲٪)، پودر آب پنیر (۱۰٪)، پودر کاکائو (۱٪)، دکستروز (۵٪)
۲	پودر سفیده تخم‌مرغ (۵۰٪)، گلوتن (۱۰٪)، شیر خشک (۱۰٪)، سویا (۱۲٪)، پودر آب پنیر (۱۰٪)، پودر کاکائو (۱٪)، دکستروز (۵٪)
۳	پودر سفیده تخم‌مرغ (۴۷٪)، گلوتن (۱۰٪)، شیر خشک (۱۵٪)، سویا (۱۰٪)، پودر آب پنیر (۱۰٪)، پودر کاکائو (۱٪)، دکستروز (۵٪)
۴	پودر سفیده تخم‌مرغ (۴۵٪)، گلوتن (۱۵٪)، شیر خشک (۱۵٪)، سویا (۷٪)، پودر آب پنیر (۱۰٪)، پودر کاکائو (۱٪)، دکستروز (۵٪)
۵	پودر سفیده تخم‌مرغ (۵۰٪)، گلوتن (۱۵٪)، شیر خشک (۱۵٪)، سویا (۵٪)، پودر آب پنیر (۱۰٪)، پودر کاکائو (۱٪)، دکستروز (۲٪)
<b>فرمولاسیون دسته ۳</b>	
۱	پودر تخم‌مرغ (۴۰٪)، شیر خشک (۲۰٪)، سویا (۲۰٪)، شکلات (۵٪)، دکستروز (۵٪)، شکر (۷٪)، پودر کاکائو (۱٪)
۲	پودر تخم‌مرغ (۵۰٪)، شیر خشک (۲۰٪)، سویا (۱۰٪)، شکلات (۵٪)، دکستروز (۷٪)، شکر (۵٪)، پودر کاکائو (۱٪)
۳	پودر تخم‌مرغ (۴۰٪)، شیر خشک (۳۰٪)، سویا (۱۰٪)، شکلات (۵٪)، دکستروز (۵٪)، شکر (۷٪)، پودر کاکائو (۱٪)
۴	پودر تخم‌مرغ (۴۵٪)، شیر خشک (۲۰٪)، سویا (۱۵٪)، شکلات (۵٪)، دکستروز (۷٪)، شکر (۵٪)، پودر کاکائو (۱٪)
۵	پودر تخم‌مرغ (۴۵٪)، شیر خشک (۲۵٪)، سویا (۱۰٪)، شکلات (۵٪)، دکستروز (۷٪)، شکر (۵٪)، پودر کاکائو (۱٪)
<b>فرمولاسیون دسته ۴</b>	
۱	شکلات (۲۰٪)، پودر کاکائو (۲۰٪)، شکر (۲۳٪)، دکستروز (۲۰٪)، شیر خشک (۱۵٪)
۲	شکلات (۲۵٪)، پودر کاکائو (۲۵٪)، شکر (۲۰٪)، دکستروز (۱۵٪)، شیر خشک (۱۳۰٪)
۳	شکلات (۳۰٪)، پودر کاکائو (۱۵٪)، شکر (۲۳٪)، دکستروز (۲۰٪)، شیر خشک (۱۰٪)
۴	شکلات (۲۰٪)، پودر کاکائو (۲۰٪)، شکر (۲۵٪)، دکستروز (۱۸٪)، شیر خشک (۱۵٪)
۵	شکلات (۳۰٪)، پودر کاکائو (۲۰٪)، شکر (۲۳٪)، دکستروز (۱۵٪)، شیر خشک (۱۰٪)
<b>فرمولاسیون دسته ۵</b>	
۱	شیر خشک (۳۰٪)، مالتودکسترین (۱۰٪)، دکستروز (۱۵٪)، گلوتن (۲۰٪)، سویا (۱۰٪)، شکر (۱۱٪)، کاکائو (۲٪)
۲	شیر خشک (۲۰٪)، مالتودکسترین (۱۵٪)، دکستروز (۲۰٪)، گلوتن (۱۵٪)، سویا (۱۵٪)، شکر (۱۱٪)، کاکائو (۲٪)
۳	شیر خشک (۲۵٪)، مالتودکسترین (۲۰٪)، دکستروز (۱۵٪)، گلوتن (۱۵٪)، سویا (۱۰٪)، شکر (۱۱٪)، کاکائو (۲٪)
۴	شیر خشک (۲۵٪)، مالتودکسترین (۲۰٪)، دکستروز (۱۰٪)، گلوتن (۱۵٪)، سویا (۱۵٪)، شکر (۱۱٪)، کاکائو (۲٪)
۵	شیر خشک (۳۰٪)، مالتودکسترین (۱۵٪)، دکستروز (۱۵٪)، گلوتن (۱۵٪)، سویا (۱۰٪)، شکر (۱۱٪)، کاکائو (۲٪)

\*در تمامی فرمولاسیون از یک درصد وانیل و یک درصد امولسیفایر گلیسرین منواسترات نیز استفاده شده است.

سه بعدی به وجود می‌آید که هر رنگی در این فضا قرار می‌گیرد [۱۷].

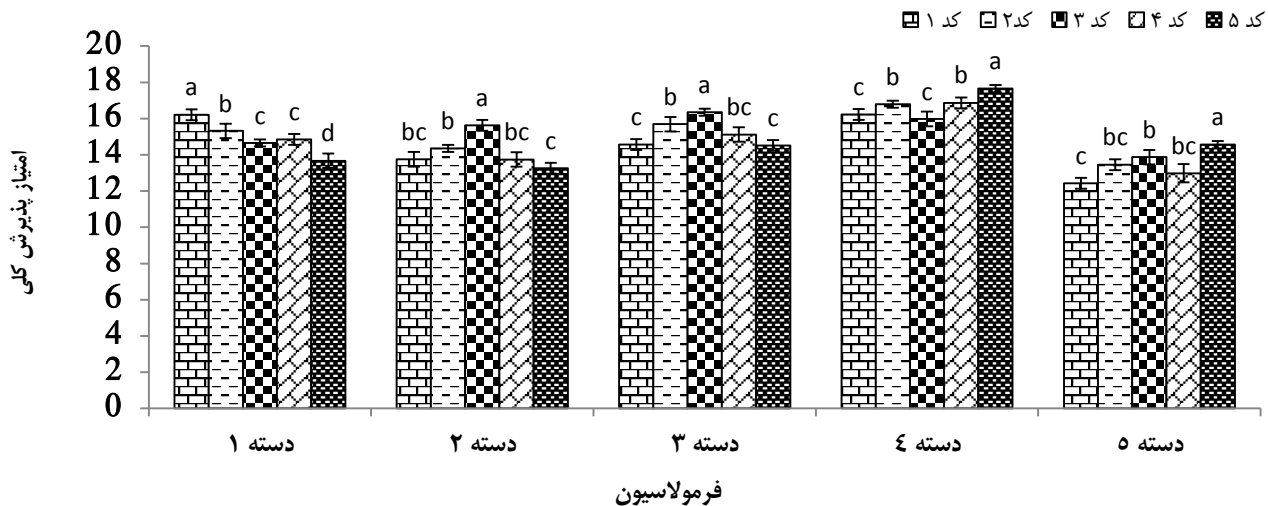
**آزمایش‌های نهایی روی نمونه‌ها:** آزمون‌های میکروبی، شیمیایی، زمان حلالیت و اندازه‌گیری اندیس پراکسید بر روی فرمولاسیون بهینه، در فاصله‌های زمانی تعیین شده (صفر، ۱/۵ و ۳/۰ ماه) انجام گرفت. آزمایشات شیمیایی شامل اندازه‌گیری درصد رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر و کربوهیدرات [۱۸-۲۲] و اندیس پراکسید [۲۳]، مدت زمان حل شدن [۲۴] و آزمون‌های میکروبی شامل شمارش کلی میکروارگانیسم، اشرفیا کلای، انتروباکتریاسه، سالمونلا و کپک [۲۵] بود. در کل ۱۰۰ نمونه برای انجام آزمایشات شیمیایی، میکروبی و حسی آماده گردید. **تجزیه و تحلیل آماری:** پانل‌ها با استفاده از پرسش‌نامه‌های حاوی تست‌های ترجیحی و تشریحی، نمونه‌ها را مورد ارزیابی حسی قرار دادند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 و بر اساس روش GLM و با آزمون مقایسه میانگین‌های LSD در سطح اطمینان ۹۵٪ ( $p < 0.05$ ) انجام گرفت. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Office Excel 2007 نسخه ۱۴ ترسیم گردیدند.

## نتایج

**تعیین درصد مواد اولیه هر فرمولاسیون:** در جدول ۱، ترکیبات و درصد مواد اولیه هر دسته مشخص شده است. لازم به ذکر است که ترکیبات اولیه در هر دسته ثابت و تنها درصد مواد اولیه متفاوت می‌باشد. هر دسته به طور جداگانه با هم مقایسه و از هر دسته، فرمولاسیونی که بیش‌ترین امتیاز را از نظر ارزیابان حسی کسب کرد انتخاب شد. (نمودار ۱). مقایسه آماری بین ۵ فرمولاسیون هر دسته انجام شد و از هر دسته بهترین فرمولاسیون انتخاب گردید. در نمودار ۱ حروف کوچک متفاوت به معنی اختلاف آماری معنی‌دار در هر دسته می‌باشد. به طور کلی در فرمولاسیون‌های دسته ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵

رقمی کد گذاری شد بودند، قرار داده شدند و پرسش‌نامه‌های مربوطه تهیه گردید. پس از مشخص شدن فرمولاسیون بهینه توسط ارزیابان حسی، به منظور بررسی تأثیر زمان بر پذیرش فرمولاسیون بهینه، در فواصل زمانی صفر، ۱/۵ و ۳/۰ ماه در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد (معادل صفر، ۹ و ۱۸ ماه در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد) پس از تولید نیز ارزیابی حسی انجام شد [۱۲-۱۶].

**ارزیابی رنگ:** رنگ از جمله فاکتورهای مهم و تأثیرگذار بر نظر مصرف‌کننده بوده و از نخستین فاکتورهایی می‌باشد که توسط مصرف‌کننده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به منظور رنگ‌سنجی محصولات تولیدی از روش عکس‌برداری دیجیتالی استفاده شد، به این ترتیب که به طور تصادفی نمونه‌هایی از محصول نهایی انتخاب و درون یک جعبه با دیواره‌های سفید (با ابعاد  $50 \times 50 \times 60$  سانتی‌متر) که دارای لامپ فلورسنت کم مصرف (40W، Cixing220V) با نور سفید بود در آن قرار گرفت (توزیع نور کاملاً به طور یکنواخت بود). عکس برداری توسط یک دوربین دیجیتالی با وضوح تصویر ۱۶ مگاپیکسل (شرکت کائن، مدل A3300، ساخت ژاپن و نرم‌افزار گرافیکی فتوشاپ ۸ برای رنگ‌سنجی) که در موقعیت عمود بر نمونه (با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از نمونه) درون جعبه قرار داشت، انجام گرفت. سپس تصاویر به‌دست آمده به نرم‌افزار فتوشاپ منتقل شدند و مؤلفه‌های رنگ L، a و b آن‌ها به دست آمدند. مؤلفه رنگ L بیانگر میزان روشنایی (Lightness) بوده و مقدار آن از ۰ تا ۱۰۰ متغیر می‌باشد. مؤلفه رنگ a نشان‌دهنده‌ی میزان سبزی-قرمزی است و مقدار آن بین ۶۰ تا -۶۰ متغیر می‌باشد. اعداد منفی نشان‌دهنده‌ی رنگ سبز و اعداد مثبت نشان‌دهنده‌ی رنگ قرمز می‌باشند. همچنین مؤلفه‌ی رنگ b میزان آبی-زرد بودن را نشان می‌دهد و مقدار آن از ۶۰ تا -۶۰ متغیر است. اعداد منفی نشان‌دهنده‌ی رنگ آبی و اعداد مثبت نشان‌دهنده‌ی رنگ زرد می‌باشد. دو محور a و b بر هم عمود بوده و یک صفحه را ایجاد می‌کنند. محور L عمود بر این صفحه است و بنابراین یک فضای



نمودار ۱. ارزیابی حسی دسته‌های مختلف هر فرمولاسیون.

در نمودار ۲ میانگین‌های با حروف مختلف از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. به طور کلی شاخص‌های حسی بعد از ۳/۰ ماه کاهش پیدا کرده است، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بین نمونه‌ها در زمان تولید و ۳/۰ ماه بعد از تولید مشاهده نشد. در میان ویژگی‌های مورد بررسی رنگ و یکنواختی محصول کم‌ترین کاهش را از خود نشان داده‌اند.

لازم به ذکر است که تمام ویژگی‌های مورد بررسی نمونه تولیدشده در ابتدای تولید با نمونه تولیدشده بعد از ۳/۰ ماه از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند. در طی پژوهشی که توسط فرج‌زاده و گل‌مکانی در سال ۱۳۸۹ انجام شد امتیاز ارزیابی حسی جیره‌های تهیه‌شده بعد از ۶ ماه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند [۳، ۲۶]

**ارزیابی رنگ نمونه‌های تولیدی:** فاکتورهای رنگ‌سنجی  $L$ ،  $a$  و  $b$  به عنوان شاخص‌های ارزیابی رنگ برای فرمولاسیون‌های تولیدی اندازه‌گیری شدند. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار  $L$  (شاخص روشنایی) به ترتیب مربوط به نمونه‌ی دسته ۱، کد ۱ و دسته ۴ کد ۵ با مقادیر ۵۷/۲۰ و ۴۲/۲۰ می‌باشد. در مورد مقدار  $b$  (شاخص زردی) بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار مربوط به نمونه‌ی دسته ۲ کد ۳ و نمونه‌ی دسته ۱ کد ۱ با مقادیر ۱۵/۶۰ و ۹/۸ می‌باشد. در مورد مقدار  $a$  (شاخص قرمزی) نیز بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار مربوط به نمونه‌ی شماره دسته ۴ کد ۵ و دسته ۲ کد ۳ با مقادیر ۸- و ۱۲/۶- می‌باشد. با توجه به فرمولاسیون نمونه‌ها می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که وجود مقادیر بالای پودر شکلات در نمونه‌ی دسته ۴ کد ۵ باعث تیرگی زیاد و کاهش شاخص  $L$  و افزایش شاخص  $a$  شده است.

**تأثیر زمان نگهداری بر شاخص‌های رنگ سنجی فرمولاسیون بهینه:** جدول ۴ تأثیر زمان ماندگاری را بر شاخص‌های رنگ‌سنجی فرمولاسیون بهینه (فرمولاسیون دسته ۴ کد ۵) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش

به ترتیب کدهای ۱، ۳، ۳، ۵ و ۵ از نظر ارزیابان بیش‌ترین امتیاز را کسب کردند.

به همین دلیل این ۵ نوع فرمولاسیون در مرحله بعدی با هم مقایسه شدند و فرمولاسیون بهینه از مقایسه این ۵ فرمولاسیون (دسته ۱ کد ۱، دسته ۲ کد ۲، دسته ۳ کد ۳، دسته ۴ کد ۴ و دسته ۵ کد ۵) حاصل شد.

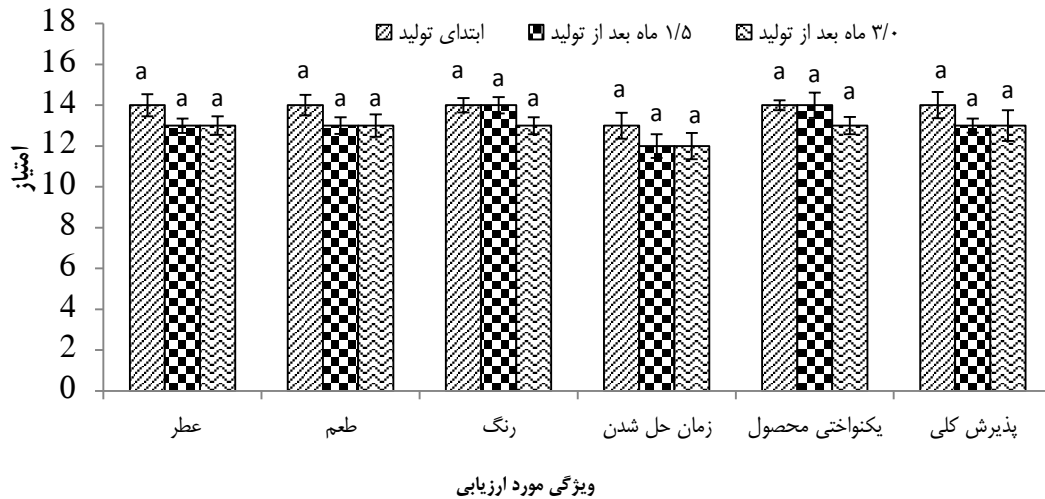
جدول ۲، فرمولاسیون پودرهای انرژی‌زا و درصد بهینه مواد مورد استفاده در هر فرمولاسیون را نشان می‌دهد. برای بررسی بهینه بودن یک فرمولاسیون، نکات زیادی را باید مورد توجه قرارداد، از جمله مهم‌ترین آن‌ها هزینه‌ی اقتصادی، در دسترس بودن و قابلیت تولید در داخل می‌باشند. جدول ۲ نتایج حاصل از مقایسه ارزیابی حسی فرمولاسیون‌های بهینه را از نظر ارزیابان نشان می‌دهد. به عبارت دیگر از هر دسته از فرمولاسیون‌ها، نمونه‌هایی که بیش‌ترین امتیاز را کسب کردند دوباره از نظر حسی جهت تعیین بهترین فرمولاسیون (فرمولاسیون نهایی) با هم مقایسه شدند. امتیاز نمونه‌ها از ۲۰ امتیاز کلی بین ۱۳/۴۵ تا ۱۷/۱۹ قرار داشت (جدول ۲). بیش‌ترین و کمترین امتیاز به ترتیب مربوط به نمونه‌ی دسته ۴ کد ۵ و نمونه‌ی دسته ۵ کد ۵ با مقادیر ۱۷/۱۹ و ۱۳/۴۵ می‌باشد. نمونه‌ی دسته ۴ کد ۵ از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ با سایرین اختلاف آماری معنی‌داری دارد. به همین دلیل این فرمولاسیون به عنوان فرمولاسیون بهینه انتخاب شد و آزمون‌های میکروبی، شیمیایی، زمان حلالیت و اندازه‌گیری اندیس پراکسید بر روی نمونه انتخاب‌شده از سوی ارزیابان حسی در فاصله‌های زمانی تعیین‌شده (صفر، ۱/۵ و ۳/۰ ماه) انجام گرفت.

**ارزیابی حسی پودر انرژی‌زای تولیدی در زمان‌های مختلف:** ارزیابی حسی نمونه بهینه بر اساس ۶ فاکتور عطر، طعم، رنگ، زمان حل شدن، یکنواختی محلول و پذیرش کلی در زمان صفر (بالافاصله بعد از تولید)، ۱/۵ و ۳/۰ ماه بعد از تولید در نمودار ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. فرمولاسیون و امتیاز ارزیابی حسی پودرهای انرژی‌زای انتخاب‌شده

امتیاز	شماره فرمولاسیون	مواد اولیه مورد استفاده و مقدار آن‌ها
۱۵/۵۲±۰/۴۱۲ <sup>bc*</sup>	دسته ۱ کد ۱	پودر سفیده تخم‌مرغ (۳۰٪)، شیر خشک (۲۴٪)، آرد برنج (۱۰٪)، گلوتن (۱۰٪)، سویا (۱۰٪)، پودر شکلات (۵٪)، دکستروز (۵٪)، پودر شکر (۴٪) و پودر کاکائو (۱٪)
۱۴/۹۵±۰/۵۶ <sup>c</sup>	دسته ۲ کد ۳	پودر سفیده تخم‌مرغ (۴۷٪)، گلوتن (۱۰٪)، شیر خشک (۱۵٪)، سویا (۱۰٪)، پودر آب پنیر (۱۰٪)، پودر کاکائو (۱٪)، دکستروز (۵٪)
۱۶/۰۱±۰/۶۲۳ <sup>b</sup>	دسته ۳ کد ۳	پودر تخم‌مرغ (۴۰٪)، شیرخشک (۳۰٪)، سویا (۱۰٪)، پودر شکلات (۵٪)، دکستروز (۵٪)، پودر شکر (۸٪) و پودر کاکائو (۱٪)
۱۷/۱۹±۰/۲۳۵ <sup>a</sup>	دسته ۴ کد ۵	پودر شکلات (۳۰٪)، پودر کاکائو (۲۰٪)، پودر شکر (۲۳٪)، دکستروز (۱۵٪) و شیرخشک (۱۰٪)
۱۳/۴۵±۰/۳۸۱ <sup>d</sup>	دسته ۵ کد ۵	شیرخشک (۳۰٪)، مالتودکسترین (۱۵٪)، دکستروز (۱۵٪)، گلوتن (۱۵٪)، سویا (۱۰٪)، پودر شکر (۱۱٪) و پودر کاکائو (۲٪)

\* میانگین‌ها با حروف مختلف از لحاظ آماری متفاوت می‌باشند ( $P < 0.05$ )؛ اعداد میانگین (۲۵ تکرار) ± انحراف از استاندارد هستند



نمودار ۲. ارزیابی حسی فرمولاسیون بهینه در ابتدای تولید، ۱/۵ و ۳/۰ ماه بعد از تولید در دمای ۳۸ درجه سانتی گراد.

جدول ۳. ارزیابی رنگ پودرهای انرژی زای تولیدی

شماره فرمولاسیون	L	a	b
دسته ۱ کد ۱	۵۷/۲۰ ± ۱/۹۴ <sup>A*</sup>	-۱۲/۴۰ ± ۰/۶۰ <sup>C</sup>	۹/۸۰ ± ۰/۴۸ <sup>C</sup>
دسته ۲ کد ۳	۵۵/۶۰ ± ۱/۰۱ <sup>A</sup>	-۱۲/۶۰ ± ۰/۷۵ <sup>C</sup>	۱۵/۶۰ ± ۰/۵۳ <sup>A</sup>
دسته ۳ کد ۳	۵۴/۲۰ ± ۰/۹۱ <sup>A</sup>	-۱۲/۲۰ ± ۰/۴۸ <sup>BC</sup>	۱۴/۲۰ ± ۰/۸۴ <sup>B</sup>
دسته ۴ کد ۵	۴۲/۲۰ ± ۰/۸۱ <sup>C</sup>	-۸/۰۰ ± ۰/۴۰ <sup>A</sup>	۱۰/۰۰ ± ۰/۵۳ <sup>C</sup>
دسته ۵ کد ۵	۵۰/۶۰ ± ۰/۹۳ <sup>B</sup>	-۱۱/۰۰ ± ۰/۳۵ <sup>B</sup>	۱۰/۰۰ ± ۰/۹۱ <sup>C</sup>

\* میانگین‌ها با حروف مختلف در هر ستون از لحاظ آماری متفاوت می‌باشند ( $p < 0.05$ ); اعداد میانگین (۵ تکرار) ± انحراف از استاندارد هستند

جدول ۴. تأثیر زمان نگهداری بر شاخص‌های رنگ سنجی فرمولاسیون بهینه

فرمولاسیون بهینه تولیدشده در زمان‌های مختلف	L	a	b
نمونه در ابتدای تولید	۴۲/۲ ± ۰/۸۱ <sup>A*</sup>	-۸/۰ ± ۰/۴۰ <sup>A</sup>	۱۰/۰ ± ۰/۵۳ <sup>A</sup>
۱/۵ ماه پس از تولید	۴۱/۵ ± ۰/۷۹ <sup>A</sup>	-۷/۵ ± ۰/۷۵ <sup>A</sup>	۹/۶ ± ۰/۴۹ <sup>A</sup>
۳/۰ ماه پس از تولید	۴۱/۰ ± ۰/۹۷ <sup>A</sup>	-۷/۵ ± ۰/۴۷ <sup>A</sup>	۹/۵ ± ۰/۴۲ <sup>A</sup>

\* میانگین‌ها با حروف مختلف در هر ستون از لحاظ آماری متفاوت می‌باشند ( $p < 0.05$ ); اعداد میانگین (۵ تکرار) ± انحراف معیار هستند.

جدول ۵. اندیس پراکسید چربی استخراج شده فرمولاسیون بهینه نگهداری شده در دمای ۳۸ درجه سانتی گراد

فرمولاسیون بهینه تولیدشده در زمان‌های مختلف	اندیس پراکسید چربی استخراج شده (میلی‌اکی‌والان اکسیژن به ازای ۱۰۰ گرم نمونه)
در ابتدای تولید	۰/۴۳ ± ۰/۰۱ <sup>a*</sup>
۱/۵ ماه بعد از تولید	۰/۴۵ ± ۰/۰۲ <sup>a</sup>
۳/۰ ماه بعد از تولید	۰/۵۷ ± ۰/۰۱ <sup>a</sup>
محدوده استاندارد	۲/۰۰ <sup>b</sup>

\* میانگین‌ها با حروف مختلف در هر ستون از لحاظ آماری متفاوت می‌باشند ( $p < 0.05$ ); اعداد میانگین (۳ تکرار) ± انحراف معیار هستند.

زمان، عدد پراکسید چربی استخراج شده افزایش یافت، اما این افزایش حتی ۳ ماه بعد از تولید نیز همچنان در محدوده استاندارد قرار داشت و از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ این افزایش معنی‌دار نبود.

اندیس پراکسید چیره تولیدی خود را پس از ۱۰ ماه نگهداری در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد، ۲/۱ میلی‌اکی‌والان گرم در کیلوگرم گزارش شده بود [۲۶] که این میزان بالاتر از حد استاندارد بود و همچنین ۴ برابر اندیس پراکسید چیره تولید شده در این پژوهش پس از ۳/۰ ماه نگهداری در دمای ۳۸ درجه سانتی گراد است.

زمان نگهداری از هنگام تولید تا ۱/۵ و ۳/۰ ماه پس از آن مقدار L (شاخص روشنایی) و مقدار b (شاخص زردی) کاهش و مقدار a (شاخص قرمزی) افزایش یافته است. به عبارت دیگر با افزایش زمان، رنگ نمونه‌ها تیره‌تر شده است. اما هیچ‌کدام از تغییرات (کاهش مقادیر L و b و افزایش مقدار a) از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نمی‌باشد.

**عدد پراکسید:** جدول ۵ اندیس پراکسید چربی استخراج شده پودر انرژی‌زای نگهداری شده در دمای ۳۸ درجه سانتی گراد را بعد از گذشت ۱/۵ و ۳/۰ ماه از تولید نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش



**آزمون‌های شیمیایی پودر انرژی‌زای تولیدی در زمان‌های مختلف:** همان‌گونه که در جدول ۸ مشاهده می‌شود ۳/۰ ماه پس از تولید، میزان رطوبت نمونه‌ها از ۴/۰۱٪ به ۳/۰۵٪ کاهش یافت اما قند کل، چربی و پروتئین به شکل غیر معنی‌داری افزایش یافت، میزان خاکستر پس از گذشت ۱/۵ ماه ثابت، اما پس از گذشت ۳/۰ ماه به شکل جزئی و غیر معنی‌داری افزایش یافت. نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد که با افزایش زمان تغییرات جزئی در ترکیبات شیمیایی جیره انرژی‌زا مورد نظر به وجود آمد که البته این تغییرات جزئی و در سطح ۰/۰۵ غیر معنی‌دار و بیشتر مربوط به تبخیر آب نمونه‌ها بوده‌است [۳].

**محاسبه مقدار انرژی در فرمولاسیون انتخاب‌شده:** همان طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، نمونه بهینه (نمونه دسته ۴ کد ۵) حاوی ۴۴/۲۶٪ کربوهیدرات (قند کل)، ۵/۱۷٪ چربی و ۴۵/۲۵٪ پروتئین هست. با توجه به این که از متابولیسم هر گرم کربوهیدرات، چربی و پروتئین به ترتیب ۴، ۹ و ۴ کیلوکالری انرژی آزاد می‌شود. ۱۰۰ گرم از این فرمولاسیون تقریباً ۴۰۴/۵۷ کیلوکالری انرژی تولید می‌کند که سهم کربوهیدرات، چربی و پروتئین به ترتیب ۱۷۷/۰۴، ۱۷۷/۰۴، ۴۶/۵۳ و ۱۸۱ کیلوکالری انرژی می‌باشد.

**زمان حلالیت:** جدول ۶ تأثیر زمان نگهداری بر شاخص زمان حلالیت نمونه فرمولاسیون بهینه را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری از زمان صفر تا ۱/۵ ماه بعد از تولید در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد، زمان لازم برای حلالیت نمونه از ۷۲ به ۷۳ ثانیه افزایش یافت اما از زمان ۱/۵ تا ۳/۰ ماه بعد از تولید، این شاخص افزایشی نداشت. به طور کلی افزایش زمان نگهداری، تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ در مدت زمان حلالیت نمونه نداشت.

**آزمون‌های میکروبی پودر انرژی‌زای تولیدی در زمان‌های مختلف:** همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، با گذشت زمان از صفر تا ۱/۵ ماه پس از تولید، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها از  $2/8 \times 10^2$  به  $3/4 \times 10^2$  و بعد از ۳/۰ ماه به  $5/9 \times 10^2$  کلونی در گرم افزایش یافت. نکته حائز اهمیت این است، که با وجود افزایش در تعداد میکروارگانیسم‌ها، همچنان تعداد آن‌ها در محدوده‌ی استاندارد قرار داشت. تعداد آنتروباکتریاسه و کپک نیز در زمان تولید کمتر از ۱۰ عدد بود، که بعد از ۳ ماه این تعداد افزایش یافت [۳].

جدول ۶. شاخص زمان حلالیت فرمولاسیون بهینه نگهداری شده در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد

فرمولاسیون بهینه تولیدشده در زمان‌های مختلف	زمان حلالیت (ثانیه)
نمونه تولیدشده در ابتدای تولید	$72/02 \pm 1/68^a$
۱/۵ ماه بعد از تولید	$73/01 \pm 2/08^a$
۳/۰ ماه بعد از تولید	$73/01 \pm 1/91^a$

میانگین‌ها با حروف مختلف از لحاظ آماری متفاوت می‌باشند. ( $P < 0/05$ ): اعداد میانگین ۵ تکرار  $\pm$  انحراف معیار هستند.

جدول ۷. نتایج آزمون میکروبی فرمولاسیون بهینه نگهداری شده در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد

فرمولاسیون بهینه تولیدشده در زمان‌های مختلف	شمارش کلی	سالمونلا	آنتروباکتریاسه	اشرشیاکلی	کپک
در ابتدای تولید	$2/8 \times 10^{2**}$	در ۲۵ گرم نمونه منفی	کمتر از ۱۰	منفی	کمتر از ۱۰
۱/۵ ماه بعد از تولید	$3/4 \times 10^2$	در ۲۵ گرم نمونه منفی	کمتر از ۱۰	منفی	کمتر از ۱۰
۳/۰ ماه بعد از تولید	$5/9 \times 10^2$	در ۲۵ گرم نمونه منفی	کمتر از ۱۰	منفی	کمتر از ۱۰
محدوده‌ی استاندارد	-	در ۲۵ گرم نمونه منفی	$10^2$	منفی	$10^2$

\*مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۹۵ شیرینی و قنادی- ویژگی‌های میکروبیولوژی

\*\*اعداد میانگین (۵ تکرار)  $\pm$  انحراف از استاندارد هستند.

جدول ۸. ترکیبات شیمیایی فرمولاسیون بهینه نگهداری شده در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد

فرمولاسیون بهینه تولیدشده در زمان‌های مختلف	رطوبت	قند کل	چربی	پروتئین	خاکستر
در ابتدای تولید	$4/01 \pm 0/25^a$	$44/26 \pm 0/22^a$	$5/17 \pm 0/15^a$	$45/25 \pm 0/23^a$	$1/31 \pm 0/11^a$
۱/۵ ماه بعد از تولید	$3/15 \pm 0/13^a$	$44/83 \pm 0/14^a$	$5/34 \pm 0/24^a$	$45/37 \pm 0/21^a$	$1/31 \pm 0/31^a$
۳/۰ ماه بعد از تولید	$3/05 \pm 0/16^a$	$44/88 \pm 0/18^a$	$5/37 \pm 0/27^a$	$45/38 \pm 0/31^a$	$1/32 \pm 0/26^a$

\*مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۷۱۱ تافی و آب‌نبات- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

میانگین‌ها با حروف مختلف از لحاظ آماری متفاوت می‌باشند. ( $P < 0/05$ ) اعداد میانگین (۳ تکرار)  $\pm$  انحراف از استاندارد هستند

دارند. به طور کلی افزایش تعداد میکروارگانیسم‌ها در زمان تولید و ۳/۰ ماه پس از تولید، در محدوده‌ی استاندارد ملی ایران قرار داشت. به طور کلی به کار بردن ترکیبات تشکیل‌دهنده مناسب، استفاده از ترکیبات دارای فعالیت آبی پایین دلایل جلوگیری از رشد میکروبی در پودر انرژی‌زای بهینه بوده‌اند. در پژوهشی که توسط فرج‌زاده و همکاران در سال انجام ۱۳۸۲ شد، نیز به این نتیجه رسیدند که ویژگی‌های جیره تولیدشده بعد از گذشت ۶/۰ ماه در محدوده‌ی استاندارد ملی ایران قرار داشت و علت این امر را استفاده از ترکیبات دارای فعالیت آبی پایین و در دسترس نبودن آب برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها و همچنین استفاده از ترکیبات ضد میکروبی (اسانس وانیل) بیان کردند [۳]. همچنین نتایج فرمولاسیون جیره غذایی فرج‌زاده در سال ۱۳۷۸ مشابه نتایج حاصل از این پژوهش می‌باشد [۱]. همچنین در پژوهش مشابهی که توسط فرج‌زاده و گل‌مکانی در سال ۱۳۹۰ با عنوان فرمولاسیون و تولید آزمایشی جیره انرژی‌زا و بررسی ماندگاری و ویژگی‌های کیفی آن انجام شد نتایج زیر حاصل شد، جیره تولیدی پس از طی زمان ۶ ماه گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد ماندگاری و همچنین خصوصیات کیفی آن در حد قابل قبول است و عنوان کردند که در شرایط اضطراری می‌توان از این جیره استفاده کرد [۲۶].

### نتیجه‌گیری

نمونه بهینه دارای پودر شکلات، پودر کاکائو، دکستروز، شیرخشک، وانیل و امولسیفایر گلیسرین منو استئارات بوده و به نظر می‌رسد انتخاب این فرمولاسیون از نظر ارزیابان به عنوان فرمولاسیون بهینه به دلیل مزه و طعم مطلوب (طعم کاکائو و شکلات) آن است. همچنین از دلایل دیگر انتخاب پودر انرژی‌زای فوق، می‌توان به فراهم‌نمودن مواد مغذی و آب مورد نیاز بدن، آسان بودن روش تولید، در دسترس بودن مواد اولیه، تولید بومی مواد اولیه در داخل کشور و حمل و نگهداری آسان آن اشاره کرد. این پودر بعد از ۳ ماه نگهداری در دمای ۳۸ درجه‌ی سانتی‌گراد (معادل ۱۸ ماه در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد)، از نظر ویژگی‌های حسی، میکروبی، شیمیایی، زمان حلالیت و اندیس پراکسید با نمونه‌های تازه تولیدشده از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارد. تمام خصوصیات کیفی و همچنین ماندگاری محصول نیز در محدوده‌ی استاندارد و قابل قبول قرار دارند. در نتیجه به راحتی می‌توان از این پودر انرژی‌زا در شرایط اضطراری استفاده نمود.

### تشکر و قدردانی:

نویسندگان مقاله وظیفه خود می‌دانند از تمامی کارمندان بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز و کارکنان مرکز پژوهش، توسعه و امور نخبگان سازمان اتکا به خصوص دکتر آقایی، مهندس انصاری و مهندس رستمی برای فراهم نمودن زمینه انجام این مطالعه سپاسگزاری نمایند.

. به طور معمول جیره‌های انرژی‌زا تولیدشده در سایر کشورها دارای ۴۰۰-۵۰۰ کیلوکالری انرژی، در ۱۰۰ گرم جیره هستند که معمولاً این جیره‌ها حاوی ۶۰ گرم کربوهیدرات، ۱۵ گرم چربی و ۱۲ گرم پروتئین هستند [۱۰، ۱۱]. ۱۳۷۸ در تحقیقی مشابه، جیره‌ای اضطرابی بر پایه‌ی شیر خرم‌طراحی گردید که حاوی ۶۵٪ کربوهیدرات، ۱۷٪ چربی و ۲٪ پروتئین بود. هر ۱۰۰ گرم از این جیره، ۴۹۷ کیلوکالری انرژی آزاد می‌کرد [۳]. همچنین فرج‌زاده و گل‌مکانی همکاران در سال ۱۳۸۹ جیره‌ای با اجزای اصلی شربت گلوکز، روغن قنادی و شیر کم‌چرب طراحی کردند، که ۱۰۰ گرم از این جیره حدود ۴۸۰ کیلوکالری انرژی تولید می‌کرد. که این مقادیر تقریباً مشابه میزان انرژی حاصل از ۱۰۰ گرم جیره انرژی‌زا تولیدشده در این بررسی است [۱، ۲۶].

### بحث

به طور کلی در فرمولاسیون‌های دسته ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب کدهای ۱، ۳، ۳، ۵ و ۵ از نظر ارزیابان حسی بیش‌ترین امتیاز را کسب کردند. به همین دلیل این ۵ نوع فرمولاسیون در مرحله بعدی با هم مقایسه شدند و فرمولاسیون بهینه از مقایسه این ۵ فرمولاسیون (دسته ۱ کد ۱، دسته ۲ کد ۳، دسته ۳ کد ۳، دسته ۴ کد ۵ و دسته ۵ کد ۵) حاصل شد در بین این ۵ فرمولاسیون نمونه‌ی دسته ۴ کد ۵ از لحاظ آماری سطح ۰/۰۵ با سایرین اختلاف آماری معنی‌داری داشت. به همین دلیل این فرمولاسیون به عنوان فرمولاسیون بهینه انتخاب شد و آزمون‌های میکروبی، شیمیایی، زمان حلالیت و اندازه‌گیری اندیس پراکسید بر روی نمونه انتخاب‌شده از سوی ارزیابان حسی در فاصله‌های زمانی تعیین‌شده (صفر، ۱/۵ و ۳/۰ ماه) انجام گرفت. به نظر می‌رسد گلوتن و آرد سویا موجود در سه نمونه دسته ۱ کد ۱، دسته ۲ کد ۳ و دسته ۵ کد ۵ باعث شده است تا ارزیابان نمره کمتری به این سه فرمولاسیون بدهند. فرمولاسیون دسته ۴ کد ۵ به علت دارا بودن میزان زیادی شکلات و کاکائو امتیاز بیشتری را از نظر ارزیابان به خود اختصاص داده است. لازم به ذکر است مواد موجود در نمونه دسته ۴ کد ۵ که شامل پودر شکلات، پودر کاکائو، شکر، دکستروز، شیر خشک، وانیل و گلیسرین منو استئارات به عنوان امولسیفایر بوده که همگی در داخل کشور به راحتی و به مقدار فراوان قابل دسترس می‌باشند. تمامی ترکیبات فوق‌ارزان‌قیمت بوده و در مقیاس صنعتی قابل تولید می‌باشند و در نتیجه در مواقع بحرانی این نمونه‌ها به راحتی و در مقیاس صنعتی قابل تولید و عرضه هستند. تمامی این ترکیبات به علت پودری بودن، فعالیت آبی کمی دارند در نتیجه آب در دسترس میکروارگانیسم‌ها محدود می‌شود. از دلایل عدم افزایش اندیس پراکسید و کم ماندن این اندیس، بعد از مدت زمان ۳/۰ ماه می‌توان به کم بودن میزان چربی مواد اولیه و استفاده از مواد اولیه با کیفیت مناسب و همچنین استفاده از ترکیبات ضد میکروبی (اسانس وانیل) اشاره کرد [۳، ۲۶] و همچنین چربی اصلی فرمولاسیون از شکلات و شیرخشک است که این‌ها اسیدهای چرب چند غیراشباعی (Polyunsaturated fatty acids) پایینی

## منابع

1. Farajzadeh D. Emergency rations formulation based on the date juice [thesis]. Tehran, Iran: Baqiyatallah University of Medical Sciences; 1999[Persian].
2. Tavakkoli H, Farajzadeh D, Sofiabadi G, Ezadi M, Ghorbanpoor A. Satisfaction survey of five types of diets used inoperational exercises, Payambar Azam hospital. *Journal of Military Medicine*. 2008;10(3):193-202. [Persian].
3. Farajzadeh D, Tavakkoli R, Sarrafpoor R. The food arrangements and planning for emergencies. *Journal of Military Medicine*. 2003;5(4):309-18. [Persian].
4. Cardello AV, Bell R, Kramer FM. Attitudes of consumers toward military and other institutional foods. *Food Qual Prefer*. 1996;7(1):7-20.
5. Iran NSO Packaged foods: Prepared with a layer of aluminum Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 1995 [Persian].
6. Smith J, Simpson B, Lambert A. Use of modified atmosphere for shelf-life extension of food. *Journal of Food Science and Technology*. 1988;2:250-5.
7. Smith JP, Ramaswamy HS, Simpson BK. Developments in food packaging technology. Part II. Storage aspects. *Trends Food Sci Tech*. 1990;1:111-8.
8. Meals, Ready to Eat, set the standard for military rations 2000 [cited 2000 January ]. Available from: [Seabeecook.com/recent additions](http://Seabeecook.com/recent%20additions).
9. Edwards Lt Col J, Roberts D, Mutter S. Rations for use in a cold environment. *J Wilderness Med*. 1992;3(1):27-47.
10. Cold Weather Feeding Study, Food and Nutrition Research and Engineering Board. Natick, Massachusetts, USA: Department of Defense Food, 1990.
11. The Evaluation of Operational Rations for Use in cold Envaironmen- An American Experience. New Zealand: Commen Health Defense Science Organization, 1991.
12. Stone H, Sidel JL. Sensory evaluation practices: Academic press; 2004.
13. Iran NSO Evaluation of taste in food Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 1986 [Persian].
14. Iran NSO Sensory testing, methodology, sampling methods and detection of the flavor Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 1994 [Persian].
15. Iran NSO Sensory Testing-evaluation of products with a scale of oral Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 1993 [Persian].
16. Iran NSO Sensory testing-diagnostic evaluation of taste in food Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 1984 [Persian].
17. Afshari-Jouybari H, Farahnaky A. Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. *J Food Eng*. 2011;106(2):170-5.
18. Iran NSO Edible oils and fat, cocoa butter, characteristics and test methods Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 1992 [Persian].
19. Iran NSO Chocolate: Characteristics and test methods Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 2007 [Persian].
20. Iran NSO Methods for measuring crude protein grain and its products Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 1987 [Persian].
21. Iran NSO Sweets Tehran, Iran, National Standard of Iran Publication; 1995 [Persian].
22. Iran NSO Biscuit features Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 2009 [Persian].
23. Iran NSO Toffee candy: Characteristics and test methods Tehran, Iran, National Standard of Iran Publication; 2007 [Persian].
24. Goula AM, Adamopoulos KG. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *J Food Eng*. 2005;66(1):35-42.
25. Iran NSO Pastry and confectionary: Microbiological characteristics Tehran, Iran: National Standard of Iran Publication; 2007 [Persian].
26. Farajzadeh D, Golmakani M. Formulation and experimental production of energy bar and evaluating its shelf-life and qualitative properties. *MilMed Journal*. 2011;13(3):181-7. [Persian].