DOI: http://dx.doi.org/ 10.22104/JIFT.2021.5253.2073

فصلنامه فناوری‌های جدید در صنعت غذا، دوره ۹، شماره ۲، صفحه ۱۶۵-۱۴۹، زمستان ۱۴۰۰

*مقاله پژوهشی*

# بررسی اثر عوامل حامل بر خواص فیزیکوشیمیایی پودر گل گاوزبان تولید شده به روش کف‌پوشی- خشک کردن انجمادی

**مرتضی حاجی علی اصغری[۱]، اکرم شریفی[۱*]**

**۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران**

**۲. استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران**

**(تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۸/۱۱، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴)**

## چکیده

گل گاوزبان ایرانی گیاهی علفی، دو یا چند ساله از خانواده *بورگیناسه‌ها* می‌باشد. بیشتر گونه‌های گل گاوزبان دارای خواص دارویی هستند که با فعالیت علمی و تولید صنعتی فراورده‌های متنوع از آن می‌توان به ترویج مصرف آن کمک نمود. در این پژوهش اثر عوامل حامل مالتودکسترین و صمغ عربی (۰(نمونه شاهد)، ۲۰، ۲۵، ۴۰، ۵۰٪) در خشک کردن به روش کف‌پوشی- انجمادی بر رطوبت‌پذیری، درجه کیکی شدن، توان رطوبتی، پراکندگی پذیری ذرات، حلالیت، شاخص جذب آب، ترکیبات فنولی‌کل، ترکیبات آنتوسیانین کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی قرار گرفت. با افزایش غلظت عوامل حامل، درجه کیکی شدن، پراکندگی پذیری ذرات و شاخص جذب آب به ترتیب بیش از ۱۳، ۲۸ و ۳۴٪ افزایش یافت و رطوبت پذیری نسبت به نمونه شاهد ۲٪ کاهش نشان داد. آنتوسیانین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی‌کل نیز نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. با توجه به نتایج ارزیابی حسی بهترین تیمار از نظر پذیرش کلی، عطر و بو، طعم مربوط به نمونه تولید شده با ۲۵٪ مالتودکسترین و ۲۵٪ صمغ عربی با هم بود که حاوی ۰/۰۰۵ mg/100 ml آنتوسیانین کل، ۹/۴٪ فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ۳۷ mg/100 ml ترکیبات فنلی کل بود.

**واژه‌های کلیدی: پودر گل گاوزبان، مالتودکسترین، صمغ عربی، کف‌پوشی، خشک کردن انجمادی، عوامل حامل.**

* نویسنده مسئول: asharifi@qiau.ac.ir

**۱. مقدمه**

گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) بومی منطقه مدیترانه است و بعضی محققین عقیده دارند بومی خاورمیانه است. نحوه کشت گل گاوزبان به وسیله عرب‌ها در جنوب اسپانیا در قرون وسطی معرفی شد[۱]. در طبّ سنّتی ایران به منظور اثرات آرام بخشی، تصفیه کنندگی خون و .... مورد استفاده می‌باشد[۲]. گل گاوزبان ایرانی شامل مواد مؤثره فراوان از قبیل تانن، موسیلاژ، ترکیبات فنولی، مواد قندی، فلاونوئید و مقدار کمی آلکالوئید است. میزان موسیلاژ در این گیاه به میزان ۳ تا ۵٪، فلاونوئید ۱۵٪ و آنتوسیانین با آگلیکون دلفیدین و سیانیدین به میزان ۱۳/۴۳٪ و به مقدار ناچیز آلکالوئید از دسته پیرولیزیدین[1] است [۲, ۳]. بیش‌تر گونه‌های گل گاوزبان دارای خواص دارویی هستند که با فعالیت‌های علمی و تولید صنعتی می‌توان از اثرات فراسودمند آن در رژیم غذایی بهره جست. در حال حاضر استفاده از دمنوش‌های گیاهی در میان مصرف کنندگان رواج زیادی دارد. تولید محصولات متنوع از گل گاوزبان مثل پودر نوشیدنی فوری، عادت استفاده از این گیاه ارزشمند را گسترش خواهد داد.

خشک کردن محصولات کشاورزی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری و محافظت آنها به حساب می‌آید[۴]. روش‌های بسیار زیادی مانند مایکروویو، آفتابی، هوای داغ، اسپری و .... برای خشک کردن مواد غذایی وجود دارد که کاربرد آن‌ها بر اساس راندمان انرژی، زمان خشک کردن، کیفیت نهایی فراورده و میزان تقاضا تعیین می‌شود و ایجاد تعادل بین این عوامل بیان کننده روشی مناسب برای تولید ماده غذایی با طعم و کیفیت مطلوب می‌باشد[۵]. در این پژوهش از روش کف‌پوشی و خشک کردن انجمادی استفاده شد. خشک کردن کف‌پوشی برای خشک کردن ضایعات با ویسکوزیته بالا یا مواد غذایی شبه مایع بسیار مناسب است[۶]. ساختار متخلخل کف باعث افزایش نرخ اولیه خروج آب در نتیجه باعث کوتاه شدن سیکل خشک کردن و استفاده از دماهای پایین می‌شود[۷]. در این روش محصول قبل از خشک کردن تبدیل به کف می‌شود که این امر باعث افزایش سطح خشک کردن در نتیجه بهبود سرعت خشک کردن می‌شود[۶]. افزایش سرعت خشک کردن به دلیل افزایش سطح تماس و انتقال ساده‌تر رطوبت از میان ساختار کف خشک شده، متخلخل، نسبت به ساختار دارای تخلخل کمتر مایع خشک شده می‌باشد[۸]. لازمه خشک کردن کف-پوشی ایجاد کف پایدار است که به سادگی از غذاهای غلیظ خصوصاً غذاهای با محتوی پروتئینی تولید نمی‌شود جز این که مقدار مناسب عامل کف‌ساز با پایدار کننده به آن افزوده شود[۹]. خشک کردن انجمادی فرآیندی است که در طی آن ماده‌ای را منجمد می‌کنند و سپس با کاهش فشار سامانه، آب منجمد درون ماده مورد نظر را به طور مستقیم به بخار تبدیل می‌کنند. از این فرآیند برای افزایش مدت نگهداری مواد غذایی و دارویی و هم‌چنین آسان کردن حمل و نقل آن‌ها بهره می‌برند. نمونه‌های گیاهی اغلب با روش خشک کردن انجمادی (لیوفیلیزه شده)[2] برای استفاده در مطالعات تحقیقاتی و عرضه به بازار برای مصرف گیاهان دارویی تولید می‌شوند[۱۰].

سیرانگورایار[3] و همکاران (۲۰۱۷) اثر عوامل حامل[4] بر خواص فیزیکوشیمیایی پودر خرما تولید شده به روش کف‌پوشی و خشک کردن انجمادی را مورد بررسی قرار دادند. پودر خرما بدون عوامل حامل و با عوامل حامل (مالتودکسترین[5] و صمغ عربی) در دو سطح غلظت ۴۰ و ۵۰٪ تهیه شد. اثر عوامل حامل بر خاصیت رطوبت‌پذیری[6]، درجه کیکی‌شدن[7]، رطوبت[8]، پراکندگی[9]، حلالیت[10]، شاخص جذب آب[11]، رنگ و محتوای فنول تام مورد بررسی قرار گرفت. عوامل حامل افزوده شده به پودرهای خرما دارای کم‌ترین میزان رطوبت-پذیری بود که ثبات ذخیره‌سازی خوب را فراهم می‌کند. پودرهای حاوی مالتودکسترین دارای رطوبت کم‌تری بوده و باعث افزایش حلالیت‌پذیری می‌شوند. میزان رطوبت‌پذیری، درجه کیکی‌شدن و میزان ترکیبات فنولی با افزایش میزان

1. Pyrrolizidine

2. Lyophilized
3. Seerangurayar
4. Carrier Agents
5. Maltodexterine
6. Hygroscopicity
7. Degree of Caking
8. Wettability
9. Dispersibility
10. Solubility
11. Water Absorption Index

غلظت حامل کاهش قابل توجهی داشته است[۱۱]. افندی[1] و همکاران(۲۰۱۷) تولید پودر نوشیدنی سیاه‌دانه با روش خشک کردن کف‌پوشی را مورد بررسی قرار دادند. کف ایجاد شده از محلول سیاه‌دانه با افزودن غلظت‌های متفاوت آلبومین[2] تخم مرغ و متیل‌سلولز[3] در زمان‌های min ۲، ۵ و ۸ تهیه شد. تولید پودر نوشیدنی سیاه‌دانه با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا و خواص فیزیکوشیمیایی مطلوب از نتایج این تحقیق بود[۱۲]. حاجی آقایی و شریفی (۱۳۹۹) برخی ویژگی‌های فیزیکی پودر نوشیدنی فوری عصاره چغندر قرمز، به و دارچین تهیه شده به روش خشک کردن کف پوشی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد با روش خشک کردن کف پوشی در هوای داغ می‌توان پودر نوشیدنی دارای خصوصیات فیزیکی مناسب و مقرون به صرفه تولید نمود[۱۲].

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر عوامل حامل (مالتودکسترین و صمغ عربی) بر ویژگی‌های کیفی پودر گل گاوزبان تولید شده به روش کف‌پوشی و خشک کردن انجمادی بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. مواد

گل گاوزبان (*Echium amoenum*)، از عطاری‌های مطمئن شهر قزوین خریداری شد. مالتودکسترین (DE[4] ۲۰٪) و صمغ عربی از شرکت مرک آلمان و آلبومین تخم مرغ از شرکت سیگما تهیه شد.

### ۲.۲. آماده‌سازی عصاره و کف

در مرحله اول گل‌های گاوزبان در داخل آسیاب برقی خرد شدند. سپس گل گاوزبان خرد شده به مقدار gr/l ۴۰ در آب °C ۹۰ به مدت min ۱۰ دم شد. عصاره حاصل از صافی عبور داده شد و سپس مقدار (۴٪ وزنی- وزنی) آب‌لیمو تازه به عصاره افزوده شد که موجب تغییر رنگ تیره عصاره گل گاوزبان از سیاه مایل به آبی به ارغوانی- صورتی گردید. مالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بعد از آزمون‌های اولیه در نسبت‌های ۰، ۲۰، ۲۵، ۴۰، ۵۰٪ به عصاره گل گاوزبان اضافه شد و در نهایت ۷ تیمار با کدهای M40, M50, G40, Control, M25-G25, G50, M20-G20 تولید گردید. پودر آلبومین تخم مرغ به عنوان عامل کف‌ساز با غلظت ۳٪ وزنی، وزنی به مخلوط اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ده دقیقه با دور تند هم‌زن برقی ( IKA LABORTECHNIK, Germany) هم زده شدند و کف هموژن شده به دست آمد.

### ۳.۲. فرایند خشک کردن

کف‌ها با ضخامت cm ۱/۵ در داخل پلیت‌های شیشه‌ای ریخته شد و به مدت ۲۴h در داخل فریزر منفی °C ۸۰ قرار گرفت. سپس به خشک کن انجمادی (زیست فرآیند تجهیز سهند SBPE، ساخت ایران) با دمای منفی °C ۷۰ منتقل و به مدت h ۲۴ خشک شد. کف‌های خشک شده از پلیت‌های شیشه‌ای جمع‌آوری شد و برای ایجاد پودر یک دست با آسیاب برقی پودر شده و در نهایت به ظروف شیشه‌ای درب-دار برای نگه‌داری برای انجام آزمایش‌های بعدی ریخته شد.

### ۴.۲. آزمایش‌های پودر گل گاوزبان

#### ۱.۴.۲. رطوبت پذیری پودر[5]

رطوبت‌پذیری پودر با توجه به روش سیرانگورایار[6] و همکاران (۲۰۱۷) اندازه‌گیری شد. رطوبت‌پذیری توانایی یک ماده غذایی پودری، برای جذب آب از یک محیط با رطوبت نسبی بالاتر از محدوده رطوبت می‌باشد و با پایداری فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی آن ارتباط دارد. حدود gr ۱ پودر به طور یکنواخت در ظروف با قطر cm ۹، میان هوای مرطوب و پودر، پخش گردید. ظروف در دسیکاتور با دمای °C ۲۵ و رطوبت نسبی ۷۵/۳٪ که با استفاده از محلول اشباع کلریدسدیم (نمک) ایجاد شده بود، قرار گرفت. به علت جذب رطوبت به مدت h ۲۴ افزایش وزن نمونه‌ها، در فواصل ۳۰ دقیقه‌ای ثبت شد [۱۱].

$$Hygroscopicity = \left(\frac{b+H}{a-H}\right) \times 100 \quad (۱)$$

1. Norhazirah Affandi
2. Albomin
3. Methyl Cellulose
4. Dextrose equivalent
5. Hygroscopicity
6. Seerangurayar

H: رطوبت اولیه ۱ گرم نمونه، B: فزایش وزن نمونه بر حسب گرم، a: وزن اولیه نمونه بر حسب گرم

### ۲.۴.۲. درجه کیکی شدن[1]

درجه کیکی شدن پودر گل گاوزبان با توجه به روش کوچ و همکاران (۲۰۱۴) اندازه‌گیری شد. نمونه‌ی پودر خیس گل گاوزبان (از آزمایش رطوبت پذیری) به مدت ۱ h در دمای ۱۰۲ °C خشک شد. پس از خنک‌سازی نمونه در دسیکاتور، نمونه خشک شده توزین شد و به یک الک ۵۰۰ میکرومتری منتقل شد. سپس الک ۵ دقیقه به صورت دستی تکان خورد. وزن پودر باقی مانده در غربالگری اندازه‌گیری شد[۱۳]. درجه کیکی شدن با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$Degree\ of\ caking = \left(\frac{b}{a}\right) \times 100 \qquad (۲)$$

a (بر حسب گرم) جرم اولیه پودر مورد استفاده برای غربالگری است و b (بر حسب گرم) جرم پودری است که روی غربال باقی مانده است.

### ۳.۴.۲. توان رطوبتی[2]

توان رطوبتی یا زمان مرطوب شدن، به عنوان مدت زمان (در ثانیه) مورد نیازی است که تمام پودر، برای خیس شدن و نفوذ به سطح آب مقطر نیاز دارد. رطوبت پودر گل گاوزبان با توجه به روش جیناپونگ[3] و همکاران تعیین شد. مقدار ml ۱۰۰ آب مقطر در دمای °C ۲۵ ± ۱ به یک بشر ml ۲۵۰ ریخته شد. نمونه‌های پودر (gr ۰/۱)، در ارتفاع cm ۱۰ بالاتر از سطح آب، قرار گرفتند. در نهایت، زمان برای پودر کاملاً مرطوب شده ثبت شد (به صورت بصری به عنوان زمانی که همه ذرات پودر، به سطح آب نفوذ کردند)[۱۴].

### ۴.۴.۲. پراکندگی‌پذیری ذرات[4]

اندازه‌گیری پراکندگی‌پذیری ذرات بر اساس روش توصیف شده توسط جیناپونگ و همکاران با کمی اصلاحات انجام شد. مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به یک بشر ml ۵۰ ریخته شد و سپس gr ۱ پودر به داخل بشر اضافه شد. نمونه پودر معلق شده با یک اسپاتول به مدت s ۱۵، حدود ۲۰ بار رفت و برگشت، در سراسر قطر بشر هم‌زده شد. نمونه‌های آماده شده به وسیله یک غربال (۲۱۲ میکرومتری) جدا شدند. نمونه‌های غربال شده، توزین و به ظروف آلومینیومی منتقل شدند و به مدت h ۱ در آون با دمای °C ۱۰۵±۱ خشک شدند[۱۴]. پراکندگی پودر به شرح زیر محاسبه شد.

$$(\%)\text{Dispersibility} = \frac{(10+a)\times \%TS}{(a\times\frac{100-b}{100})} \qquad (۳)$$

که در آن a مقدار پودر (برحسب گرم)، b رطوبت در پودر و TS٪ ماده خشک در نمونه بازسازی شده پس از عبور از غربال می‌باشد.

### ۵.۴.۲ حلالیت[5]

حلالیت پودر بر اساس روش سیرانگورایار[6] و همکاران (۲۰۱۷) با کمی اصلاحات تعیین شد. gr ۱ پودر گل گاوزبان به ml ۱۰ آب مقطر افزوده شد و سپس این ترکیب به وسیله یک هم‌زن مغناطیسی به مدت ۱۰ دقیقه هم‌زده شد. سپس این مخلوط به مدت min ۳۰ در دمای °C ۳۷ در انکوباتور نگه‌داری شد، سپس با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت min ۲۵ سانتریفوژ شد. قسمت رویی آن به ظرفی برای خشک کردن در آون با دمای °C ۱۰۵ منتقل شد و تا زمان رسیدن به وزن ثابت خشک شد[۱۱]. درصد حلالیت از رابطه زیر به دست آمد.

$$S = \frac{b(g)}{a(g)} \times 100 \qquad (۴)$$

که در آن S حلالیت، b جرم جامد خشک قسمت رویی بر حسب گرم و a مقدار وزن اولیه نمونه (gr ۱) به دست می‌آید.

### ۶.۴.۲ شاخص جذب آب[7]

شاخص جذب آب پودر گل گاوزبان توسط روش توضیح داده شده توسط آلتان[8] و همکاران تعیین شد. پس از

1. Degree of Caking
2. Wettability
3. Jinapong
4. Dispersibility
5. Solubility
6. Seerangurayar
7. Water absorption index
8. Altan

برداشتن قسمت رویی از نمونه سانتریفوژ شده، با توجه به آزمایش حلالیت، رسوب باقیمانده وزن شد[۱۵]. شاخص جذب آب از رابطه زیر به دست آمد.

$$WAI = \frac{S}{M} \times 100 \quad (۵)$$

که در آن WAI درصد شاخص جذب آب، S وزن رسوبات باقیمانده نمونه سانتریفوژ شده، M وزن پودر اصلی (۱ gr) است.

### ۷.۴.۲ اندازه‌گیری آنتوسیانین[1] به روش pH افتراقی

اندازه‌گیری آنتوسیانین به روش pH افتراقی انجام شد [۱۶]. برای آماده سازی عصاره جهت اندازه‌گیری آنتوسیانین ابتدا بافر pH=۱ شامل ۱۲۵ ml، کلریدپتاسیم ۰/۲ M و ۳۳۵ ml اسید کلریدریک ۰/۲ M و بافر pH=۴/۵ شامل ۴۰۰ ml استات‌سدیم ۱ M، ۲۴۰ ml اسیدکلریدریک ۱ M و ۳۶۰ml آب مقطر تهیه شد. سپس ۰/۵ ml عصاره با بافر pH=۱ به حجم ۲۵ ml رسیده و پس از گذشت ۱۵ min در دستگاه اسپکتوفتومتر قرار داده می‌شود و میزان جذب آن به دست می‌آید و سپس ۰/۵ ml از عصاره با بافر pH=۴/۵ به حجم ۲۵ ml رسیده و بعد از ۵ min جذب در دستگاه اسپکتوفتومتر، اندازه‌گیری می‌شود. درصد آنتوسیانین بر پایه قانون بیرلامبرت طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$A = € CL \quad (۶)$$

که در آن A: جذبی که دستگاه اسپکتوفتومتر نشان می‌دهد. L: طول سل که (۴/۴۹ cm) است. €: جذب مولی، شاخص جذب مولی برای رنگدانه‌های خالص است که برای گل گاوزبان ۲۶۹۰۰ است. C: غلظت مولی است که غلظت بر حسب میلی‌گرم در لیتر به‌وسیله فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$\text{Anthocyanin (C) mg/100ml} = \triangle A/€L \times M \times D \quad (۷)$$

که در آن D: فاکتور رقیق کردن است که در این آزمایش ۵۰ می‌باشد. △A: اختلاف بین دو جذب در (pH=۱ و pH=۴/۵). M: جرم مولکولی آنتوسیانین اصلی گل گاوزبان که سیانیدین ۳-گلوکوزیدکلراید[2] (۴۴۹/۲ گرم بر مول) می‌باشد.

### ۸.۴.۲ تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی

برای تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روش برند ویلیام[3] و همکاران (۱۹۹۵) که بر اساس ارزیابی مهار رادیکال آزاد دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل[4] (DPPH) است انجام گرفت. در این روش ۳/۹ ml از DPPH استوک ساخته شده (۰/۰۰۴ gr DPPH در ۱۰۰ ml متانول) را داخل لوله آزمایش ریخته و سپس ۰/۱ ml از عصاره را به آن افزوده و به مدت ۳۰ min در تاریکی قرار داده و میزان جذب آن را در ۵۱۷ nm خوانده شد[۱۷]. درصد مهار رادیکال DPPH با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$I(\%)=100\times(A_0-A_s)/A \quad (۸)$$

که در آن $A_0$ جذب کنترل (حاوی همه اجزا واکنشگر بدون نمونه) و $A_s$ جذب نمونه است [۱۷].

### ۹.۴.۲. ترکیبات فنولی کل[5]

اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل به روش فولین‌سیوکالچو[6] بر اساس شیوه الفارسی[7] و همکاران (۲۰۰۵) انجام شد. برای آماده‌سازی عصاره جهت اندازه‌گیری ترکیبات فنولی تام ابتدا حدود ۲ گرم از پودر گل گاوزبان در ۱۰۰ ml آب مقطر حل شد، با استفاده از یک هم‌زن به مدت ۱۰ min هم‌زده شد و سپس در یک سانتریفوژ با سرعت ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ min قرار گرفت. پس از سانتریفوژ شدن ۰/۳ ml از قسمت رویی عصاره با ۲/۵ ml معرف فولین‌سیوکالتیو که ۱۰ بار رقیق شده، مخلوط و به مدت ۱۵ s ورتکس به هم زده شد. پس از گذشت ۵ min، ۲ ml محلول بی‌کربنات سدیم ۷/۵٪ به عصاره افزوده شده و سپس در محیط تاریک در دمای ۲۵ °C به مدت ۹۰ min استراحت داده و جذب با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۷۲۵ nm خوانده شد. برای ساخت محلول استاندارد از اسیدگالیک استفاده شد، بدین صورت که محلول اسیدگالیک با غلظت-

1. Anthocyanin
2. Cyanidin-3-glucoside chloride

3. Brand-Williams
4. Diphenyl-1-picrylhydrazyl
5. Total Phenolic Content (TPC)
6. Folin–Ciocalteau
7. Al-Farsi

های (۱۵-۲۵-۵۰-۱۰۰-۲۰۰-۳۰۰-۵۰۰ ppm[1]) تهیه و بعد از طی مراحل آزمون مشابه نمونه، جذب در طول موج nm ۷۲۵ خوانده شد[۱۶].

### ۱۰.۴.۲. ارزیابی حسی

پودر نوشیدنی به نحوی بازآبپوشی شد که مقدار ماده جامد آن مشابه ماده جامد عصاره اولیه باشد سپس از لحاظ وضعیت ظاهری، عطر، طعم، بو، رنگ و پذیرش‌کلی به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس و مطابق با فرم‌های کنترل کیفی تهیه شده از افراد خواسته شد به نمونه‌ها از ۱ تا ۵ امتیاز دهند که امتیازات بیان‌گر خوب و بد بودن نمونه‌ها به ترتیب، بسیار خوب (۵ امتیاز)، خوب (۴ امتیاز)، متوسط (۳ امتیاز)، بد (۲ امتیاز)، بسیار بد (۱ امتیاز) بود. برای تعیین اختلاف حسی بین تیمارها، مقایسه میانگین‌ها از نرم افزار Minitab استفاده شد. به منظور بررسی معنی‌دار بودن اختلاف موجود بین میانگین‌ها در آزمون‌های دستگاهی از روش آنووا[2] استفاده شد و نمودارها با Excel رسم شد.

### ۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شدند و میانگین ± انحراف استاندارد آن‌ها گزارش شد. برای اثبات وجود و یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری بین میانگین‌ها از آنالیز واریانس (ANOVA) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از تست توکی و در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد ($p\leq$۰/۰۵). آنالیزهای آماری با مینی‌تب[3] نسخه ۱۸/۱ انجام شدند و نمودارها با برنامه Excel (۲۰۱۶) رسم شدند.

## ۳. نتایج و بحث

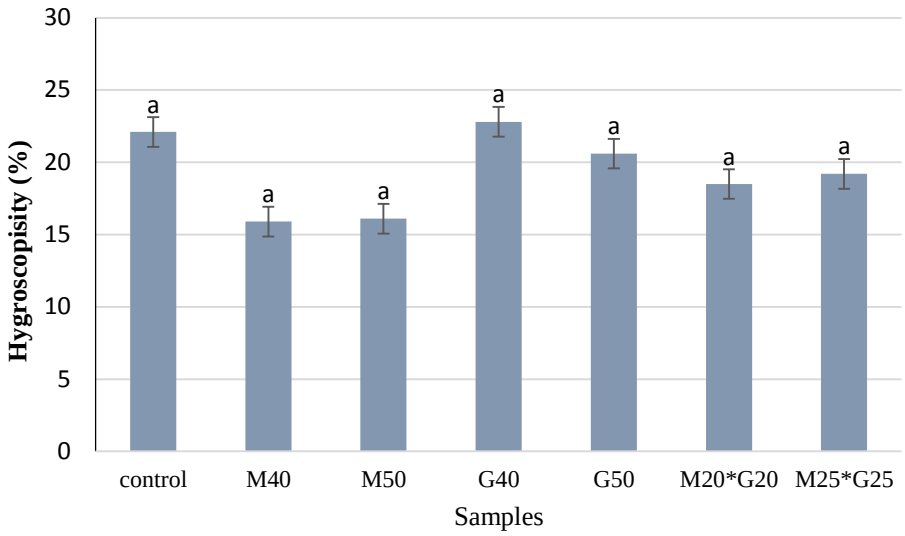
### ۱.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر رطوبت پذیری پودرهای تولیدی

رطوبت پذیری توانایی مواد در جذب رطوبت از محیط اطراف دارای رطوبت نسبی بالا می‌باشد[۱۸]. اثر مالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر رطوبت پذیری پودرهای گل گاوزبان تولیدی معنی‌دار نبود($p\leq$۰/۰۵). همان‌طور که در شکل۱ دیده می‌شود، پودر گل گاوزبان شاهد، درصد رطوبت پذیری بالاتری نسبت به پودرهای گل گاوزبان حاوی عوامل حامل داشت. پودرهای گل گاوزبان تولید شده با مالتودکسترین به طور قابل توجهی رطوبت پذیری پایین‌تری از پودرهای تولید شده با صمغ عربی داشته‌اند. این ممکن است به علت ساختار بسیار شفاف صمغ عربی نسبت به مالتودکسترین باشد. گزارش شده است که ویژگی ظرفیت جذب رطوبت یا هیگروسکوپیسیتی[4] پودرهای خشک شده به روش انجمادی به اندازه ذرات آن‌ها بر می‌گردد. هرچه اندازه ذرات کوچکتر باشد، ناحیه سطحی که در معرض محیط قرار می‌گیرد بیشتر می‌شود، بنابراین منجر به جذب آب بیشتری می‌گردد. طبق مطالعات انجام شده نمونه‌های حاوی صمغ عربی ذرات کوچک‌تری نسبت به نمونه‌های حاوی مالتودکسترین دارند[۱۹]. اولیویرا و همکاران (۲۰۰۳) نیز ظرفیت جذب رطوبت پودرهای غذایی را به اندازه ذرات پودر مرتبط دانسته‌اند. بر این اساس فراورده‌هایی که ذرات ریز تری دارد سطح تماس بیشتری دارد و بنابراین تعداد جایگاه‌های فعال برای جذب آب افزایش می‌یابد[۲۰].

نتایج مشابهی توسط دو[5] و همکاران برای تولید پودر میوه خرمالو خشک شده افشانه‌ای[۲۱] و مانیکوساگان[6] و همکاران برای پودر خرما[۲۲] گزارش شده است. روند مشابه کاهش رطوبت پذیری با افزایش غلظت حامل توسط سبلانی و همکاران برای پودر خرما [۲۳]، بوشاری و همکاران برای پودر تامارند[7] (تمبر هندی) [۱۸] و میشرا[8] و همکاران برای پودر آملا[9] (انگور فرنگی هندی) مشاهده شد [۲۴].

1. Part Per Milion
2. ANOVA
3. Minitab

4. Hygroscopicity
5. Du
6. Manickavasagan
7. Tamarind
8. Mishra
9. Amla (*Emblica officinalis*)




**شکل (۱)** اثر مالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر رطوبت پذیری پودرهای گل گاوزبان تولیدی (M25-G25: نسبت ۲۵-۲۵ مالتودکسترین و صمغ عربی، M20-G20: نسبت مساوی ۲۰-۲۰ مالتودکسترین و صمغ عربی، G50: ۵۰ درصد صمغ عربی، G40: ۴۰ درصد صمغ عربی، M50: ۵۰ درصد مالتودکسترین، M40: ۴۰ درصد مالتودکسترین، Control: نمونه شاهد)

**Fig 1.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the Hygroscopisity of produced *Echium amoenum* powders (M25-G25: equal ratio of M and G, 25-25; M20-G20: equal ratio of M and G, 20-20, G50: 50% Arabic gum, G40; 40% Arabic gum, M50: 50% Maltodextrin, M40: 40% Maltodextrin and Control)

### ۲.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر درجه کیکی شدن

نتایج نشان داد اثر مالتودکسترین و اثر متقابل مالتودکسترین و صمغ عربی روی درجه کیکی شدن معنی‌دار ($p<0.05$) بود، ولی اثر صمغ عربی به تنهایی معنی‌دار نبود ($p>0.05$). با بررسی مقادیر عددی مشخص شد مالتودکسترین بیش‌ترین تأثیر مثبت بر درجه کیکی شدن را داشت و اثر متقابل مالتودکسترین و صمغ عربی تأثیر کم‌تری داشت.

علت اصلی کلوخه‌ای شدن و متراکم شدن، اثر نرم کنندگی آب در سطح ذرات است. کوروزاوا[1] و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که افزودن موادی مثل مالتودکسترین و صمغ عربی (در محلول در معرض خشک شدن) به طور مثبتی سبب پایداری محصول می‌شوند[۲۵]. پودرهای حاوی مالتودکسترین درجه کیکی شدن بالاتری نسبت به پودر شاهد داشته‌اند که علت آن را می‌توان به وجود ترکیبات قندی مانند مالتوز در مالتودکسترین نسبت داد. نتایج مشابهی توسط بوشاری و همکاران که پودر تمبر هندی[2] را مورد بررسی قرار دادند[۱۸]، و سیرانگورایار و همکاران که پودر خرما کف‌پوشی خشک شده انجمادی را مورد بررسی قرار دادند[۱۱]، مشاهده شد.

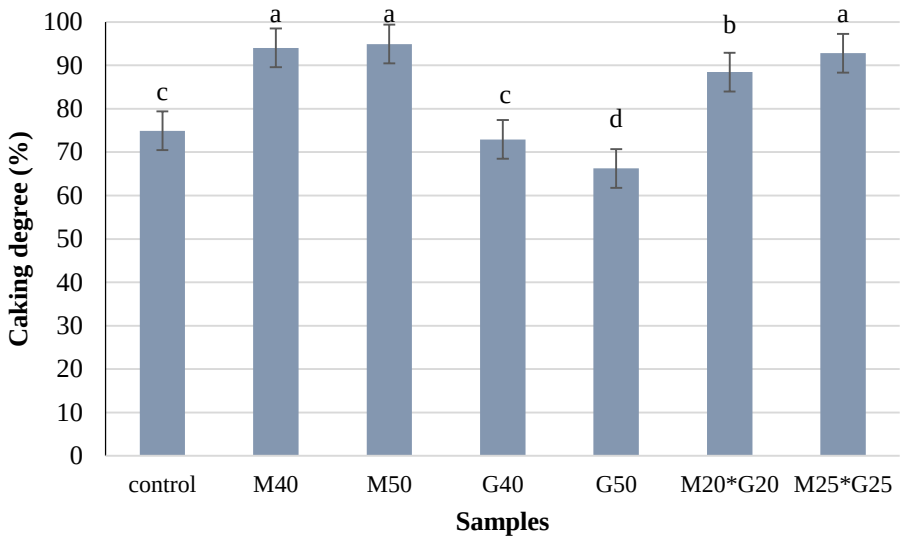
### ۳.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر توان رطوبتی

با توجه به شکل (۳) اثر مالتودکسترین و صمغ عربی روی توان رطوبتی پودرهای تولیدی معنی‌دار ($p<0.05$) بود، پودر شاهد توان رطوبتی کم‌تری نسبت به پودرهای حاوی عوامل حامل داشت. هنگام مقایسه عوامل حامل، پودرهای گل گاوزبان تولید شده با مالتودکسترین، توان رطوبتی قابل ملاحظه‌ای کم‌تر از پودر تولید شده با صمغ عربی داشته‌اند. این تغییرات می‌تواند به ابعاد ذرات پودر گل گاوزبان نسبت داده شود. عوامل حامل اندازه‌های مختلف و شکل ذرات متفاوتی را تولید می‌کنند[۲۶]. در پودرهای تولید شده با نسبت مالتودکسترین بیشتر، اندازه ذرات بزرگ‌تر است در

1. Kurozawa

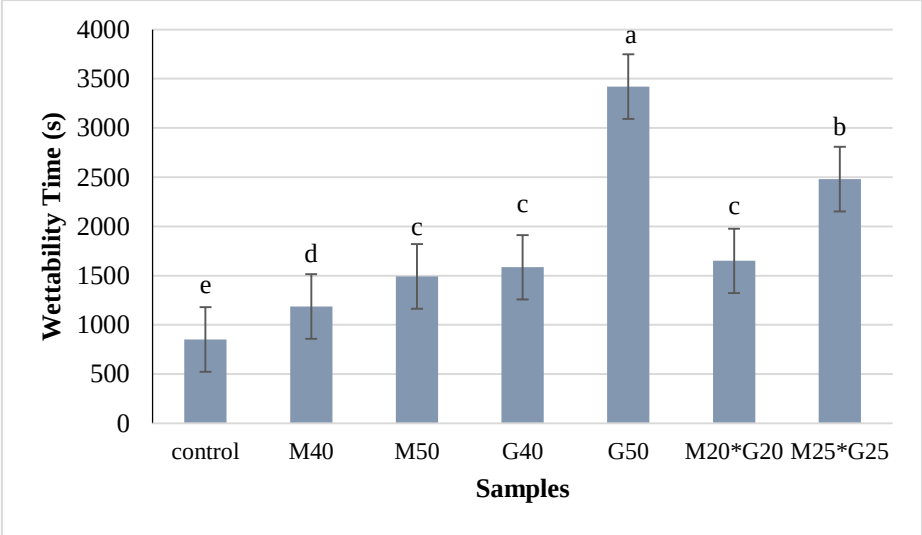
2. Tamarind

نتیجه سرعت خشک شدن این ذرات بیشتر می‌باشد که منجر به تشکیل سریع پوسته و در نهایت مانع انتشار و تبخیر آب می‌شود[۲۶]. توان رطوبتی به طور معکوس با اندازه ذرات در ارتباط است، از آنجا که فضای بیشتری بین ذرات بزرگ‌تر است پس به راحتی آب در آن‌ها نفوذ می‌کند. از سوی دیگر، ذرات کوچک‌تر دارای ساختار متخلخل کم‌تر هستند که نفوذ آب را دشوار می‌سازد. نتایج مشابه توسط فراری[1] و همکاران برای پودر توت سیاه خشک شده افشانه‌ای [۲۶] و سیرانگورایار و همکاران برای پودر خرما کف‌پوشی خشک شده انجمادی[۱۱] گزارش شد. در تولید پودر چغندر به روش کف پوشی نیز گزارش شد که نمونه‌های پودر چغندر بدون مالتودکسترین بالاترین توان رطوبتی را داشتند[۲۷].




**شکل(۲)** اثرمالتودکسترین(M) و صمغ عربی (G) بر درجه کیکی شدن پودرهای گل گاوزبان

**Fig 2.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the Degree of caking of produced *Echium amoenum* powders.




**شکل(۳)** اثرمالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر توان رطوبتی پودرهای گل گاوزبان

**Fig 3.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the Wettability of produced *Echium amoenum* powders.

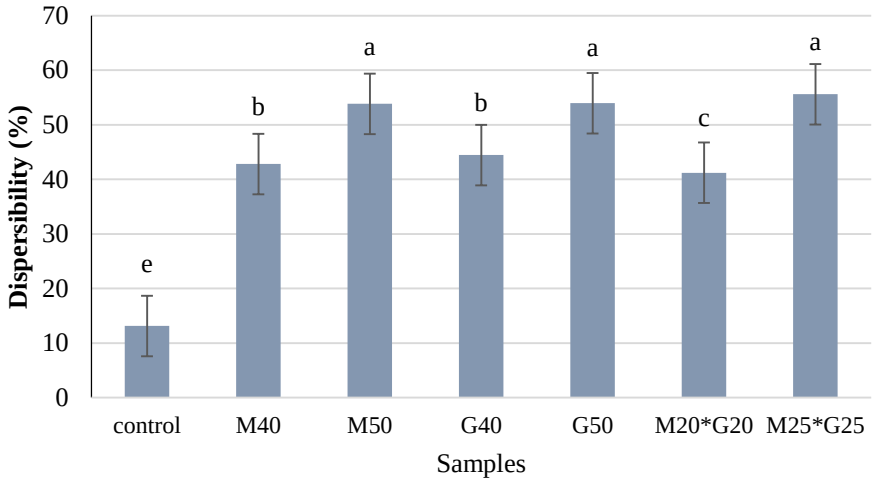
1. Ferrari

### ۴.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر پراکندگی‌پذیری

نتایج بررسی پراکندگی پذیری ذرات نشان از اثر معنی‌دار مالتودکسترین و صمغ عربی داشت ($p<0.05$) اما اثر متقابل مالتودکسترین و صمغ عربی معنی‌دار نبود ($p>0.05$). صمغ عربی و سپس مالتودکسترین تأثیر مثبت بر پراکندگی‌پذیری ذرات داشتند. همان‌طور که در شکل (۴) دیده می‌شود، میزان پراکندگی‌پذیری در پودرهای حاوی عوامل حامل نسبت به پودر شاهد افزایش قابل توجهی یافته است؛ که علت را می‌توان به اندازه ذرات، چگالی، تخلخل، سطح شارژ ذرات، سطح مقطع و مورفولوژی مواد ارتباط داد. پودرهای گل گاوزبان تولید شده با صمغ عربی تأثیر بیش‌تری در پراکندگی پذیری نسبت به پودرهای حاوی مالتودکسترین داشتند. بیشترین مقدار این شاخص در نمونه حاوی ۲۵٪ مالتودکسترین و ۲۵٪ صمغ عربی به میزان ۵۵٪ مشاهده شد. نتیجه مشابه توسط سیرانگورایار و همکاران (۲۰۱۸) که پودر خرما کف‌پوشی خشک شده انجمادی را بررسی کردند، گزارش شده است. پراکندگی‌پذیری پودر خرمای تولیدی در محدوده ۸۷ تا ۹۲٪، ۶۷ تا ۷۵٪ و ۸۲ تا ۸۷٪ به ترتیب برای نمونه‌های شاهد، نمونه حاوی مالتودکسترین و نمونه حاوی صمغ عربی گزارش شد [۱۱]. دینگ[1] و همکاران (۲۰۲۰) اثر عوامل مختلف در پراکندگی پذیری ذرات در پودر شیر خشک فوری را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد اندازه ذرات و مورفولوژی آن‌ها دو عامل تأثیرگذار در شدت پراکندگی پذیری ذرات است [۲۸].

### ۵.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر حلالیت

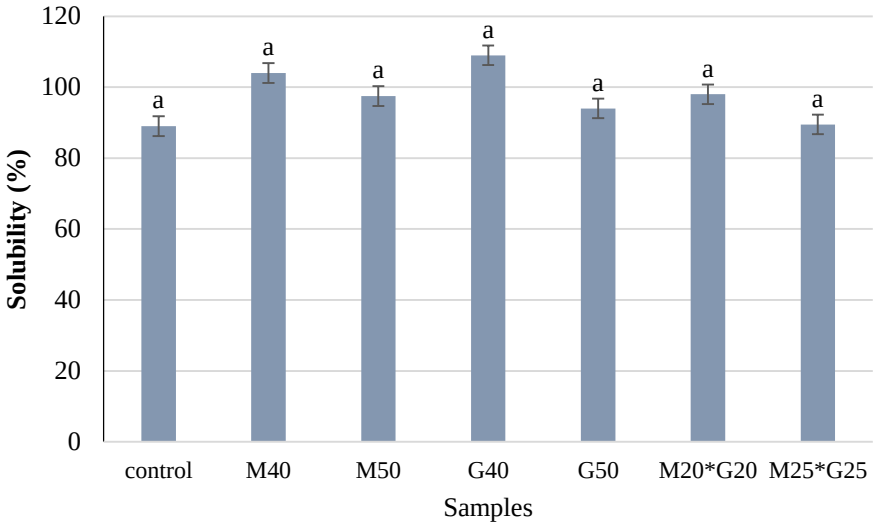
نتایج نشان داد اثر مالتودکسترین و صمغ عربی روی حلالیت پودرها معنی‌دار نبود ($p>0.05$). همان‌طور که در شکل (۵) دیده می‌شود، کم‌ترین مقدار حلالیت مربوط به پودر گل گاوزبان شاهد است. طی خشک کردن انجمادی با افزایش درصد مالتودکسترین حلالیت نیز افزایش یافت. افزایش مالتودکسترین، باعث تولید پودرهای متخلخل‌تری شد. در اغلب پودرهای غذایی آبگیری مجدد مهم است؛ این بدین معنی است که پودرها باید بتوانند در کوتاه‌ترین زمان مرطوب شوند و کمتر شناور بمانند. در کنار این موارد، پودرها باید بتوانند به راحتی در آب حل یا پراکنده شوند بدون این‌که کلوخه‌ای تشکیل شود [۱۲]. نتایج مشابه گزارش سیرانگورایار و همکاران (۲۰۱۸) (پودر خرما کف-پوشی خشک شده انجمادی با عوامل حامل) [۱۱] و دو و همکاران (۲۰۱۴) (پودر خرمالو خشک شده به روش افشانه‌ای) [۲۱] بود. بیش‌ترین مقادیر حلالیت به ترتیب مربوط به پودر حاوی ۴۰٪ صمغ عربی و ۴۰٪ مالتودکسترین بود.




**شکل(۴)** اثرمالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر پراکندگی‌پذیری پودرهای گل گاوزبان

**Fig 4.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the Dispersibility of produced *Echium amoenum* powders.

1. Ding

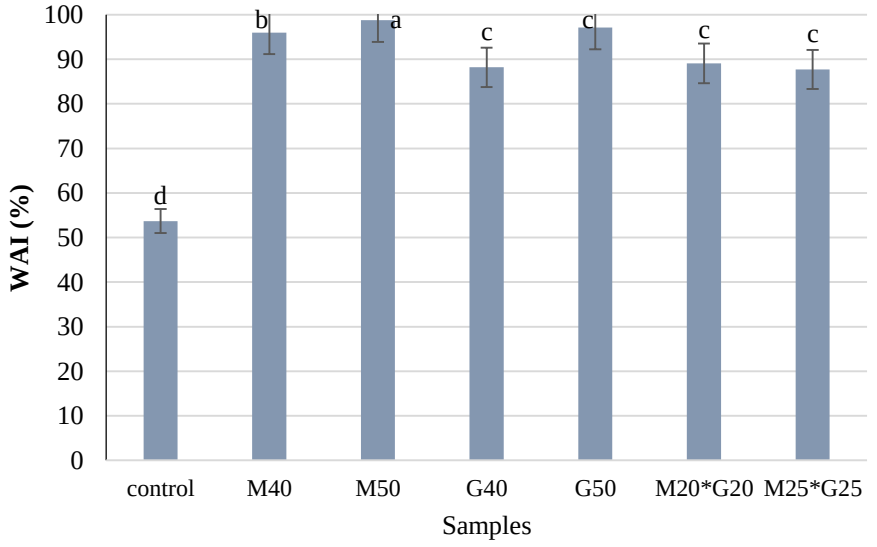



**شکل (۵)** اثرمالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر درصد حلالیت پودرهای گل گاوزبان.

**Fig 5.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the Solubility of produced *Echium amoenum* powders.

### ۶.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر شاخص جذب آب

نتایج نشان داد اثر مالتودکسترین بر شاخص جذب آب پودرها معنی‌دار بود ($p<0.05$)، اما صمغ عربی و اثر متقابل مالتودکسترین و صمغ عربی معنی‌دار نبود ($p>0.05$). با بررسی مقادیر عددی ضرایب مالتودکسترین بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر شاخص جذب آب داشت اما مابقی موارد بی‌تأثیر بودند. همان‌طور که در شکل (۶) دیده می‌شود، کم‌ترین مقدار شاخص جذب آب مربوط به پودر گل گاوزبان شاهد بود و بیشترین مقدار مربوط به پودر گل گاوزبان با ۵۰٪ مالتودکسترین بود. با افزایش درصد مالتودکسترین و صمغ عربی، شاخص جذب آب افزایش یافت. نتایج مشابه گزارش سیرانگورایار و همکاران (۲۰۱۸) (پودر خرما کف‌پوشی خشک شده انجمادی با عوامل حامل) [۱۱] و دو و همکاران (۲۰۱۴) (پودر خرمالو خشک شده به روش افشانه‌ای) [۲۱] بود.




**شکل (۶)** اثرمالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر شاخص جذب آب پودرهای گل گاوزبان.

**Fig 6.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the WAI (Water absorption index) of produced *Echium amoenum* powders.

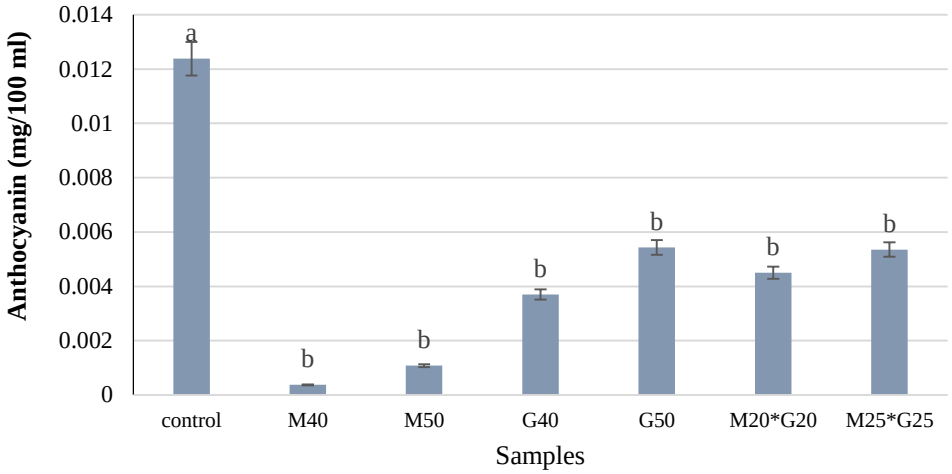
### ۷.۳. بررسی اثر متغیرها بر آنتوسیانین

نتایج نشان داد که اثر مالتودکسترین و صمغ عربی بر آنتوسیانین معنی‌دار نبود ($p>0.05$). همان‌طور که در شکل (۷) دیده می‌شود، بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین در پودر شاهد و کم‌ترین مقدار در پودرهای با مالتودکسترین است. در پودرهای حاوی صمغ عربی مقادیر بیشتری آنتوسیانین مشاهده شد. شریفی و همکاران (۲۰۱۵) در تولید پودر عصاره زرشک به نتایج مشابهی دست یافتند. مقدار و نوع عوامل حامل بر میزان آنتوسیانین تأثیر نداشت ولی طی دوره نگهداری پودر، وجود عوامل حامل سبب پایداری آنتوسیانین می‌شود. عامل اصلی تخریب آنتوسیانین‌ها طی فرآوری افزایش دما می‌باشد [۲۹]. تانون[1] و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش دادند پایداری آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب‌میوه آسای[2] (توت بنفش) تحت تأثیر عوامل حامل قرار نمی‌گیرد [۳۰]. شریفی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند با افزایش سهم دیواره غلظت هسته کاهش می‌یابد [۲۹]. آدتورو[3] و همکاران برای پودر آب انار خشک شده انجمادی بیشترین تأثیر در حفظ آنتوسیانین کل را ابتدا به مالتودکسترین سپس به صمغ عربی نسبت دادند[۳۱]. در تحقیق سوراوانیچنیراچورن[4] و همکاران(۲۰۱۸) برای پودرهای برگ بوی چینی [5] خشک شده به روش انجمادی، با افزایش غلظت عوامل حامل مقادیر آنتوسیانین کاهش یافت[۳۲].

### ۸.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی

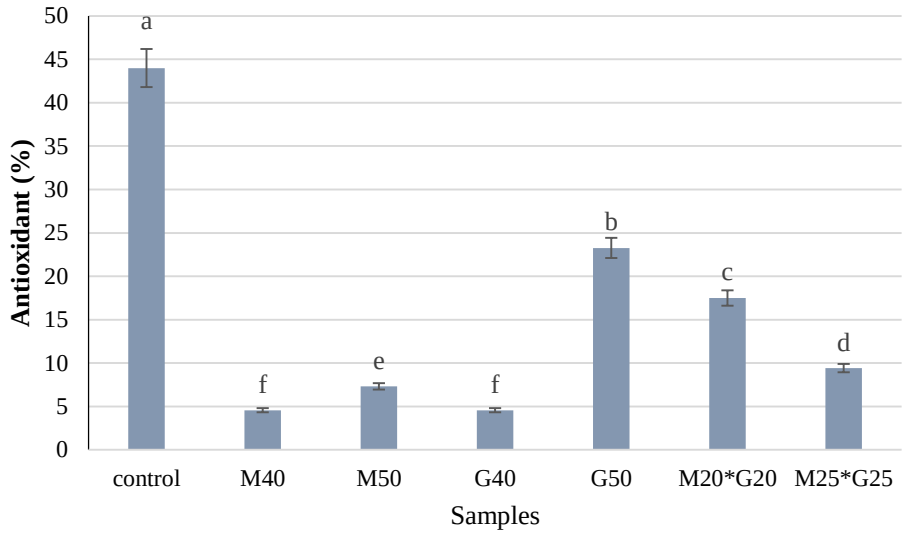
نتایج نشان داد که اثر مالتودکسترین و صمغ عربی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بود ($p<0.05$). همان‌طور که در شکل (۸) دیده می‌شود، بیش‌ترین مقدار فعالیت آنتی-اکسیدانی در پودر شاهد بوده است که علت را می‌توان به سطح غلظت بیش‌تر عصاره گل گاوزبان در پودر شاهد نسبت داد. افزایش درصد و نسبت عوامل حامل فعالیت آنتی‌اکسیدانی را کاهش داد؛ که تأثیر کاهشی درصد عوامل حامل شدیدتر بود. طبیعی است که ترکیبات حامل ویژگی آنتی‌اکسیدانی برجسته‌ای ندارند و بنابراین مقادیر بیش‌تر آن‌ها تأثیری بر ویژگی آنتی‌اکسیدانی محصول نداشته است. اندازه ملکولی دیواره‌های مورد استفاده، نیز نقش مهمی در خروج عصاره دارند، به این ترتیب با افزایش مواد حامل انتشار ملکولی ترکیبات زیست فعال به داخل پوسته اطراف ریزکپسول‌ها و جابجایی آنها به سطح کاهش می‌یابد [۳۳]. در تحقیقات مرتبط با این موضوع نتایج مختلفی دیده می‌شود. برای مثال متینی[6] و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیق خود اعلام کردند که نسبت مالتودکسترین و صمغ عربی تأثیری در فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره انگور ریز پوشانی شده نداشت[۳۴]. توین[7] و همکاران(۲۰۱۰) اثر خشک کردن افشانه‌ای بر خواص فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پودر میوه‌گاک[8] را مورد بررسی قرار دادند که بیش‌ترین تأثیر مثبت بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به دمای ۱۲۰ °C و ۱۰٪ مالتودکسترین بود[۳۱]. سوراوانیچنیراچورن[9] و همکاران (۲۰۱۸) اثر نوع حامل و غلظت بر خواص، آنتوسیانین‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پودرهای برگ بوی چینی خشک شده به روش انجمادی را مورد بررسی قرار دادند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش غلظت حامل کاهش می‌یابد یا می‌توان آن را به عنوان یک اثر رقیق‌سازی در نظر گرفت[۳۲]. تانون و همکاران(۲۰۱۰) پایداری آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه‌آسای[10](توت بنفش) با عوامل حامل خشک شده به روش افشانه‌ای را مورد بررسی قرار دادند که بیش‌ترین تأثیر مثبت بر فعالیت آنتی-اکسیدانی مربوط به دمای ۳۵ °C و ۱۰٪ مالتودکسترین بود[۳۰].

1. Tonon
2. Açai
3. Adetoro
4. Suravanichnirachorn
5. Antidesma bunius (L.)
6. Matini
7. Tuyen
8. Gac
9. Suravanichnirachorn
10. Açai




**شکل (۷)** اثرمالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر آنتوسیانین پودرهای گل گاوزبان تولیدی.

**Fig 7.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the Anthocyanin of produced *Echium amoenum* powders.




**شکل (۸)** اثرمالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی.

**Fig 8.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the Antioxidant of produced *Echium amoenum* powders.

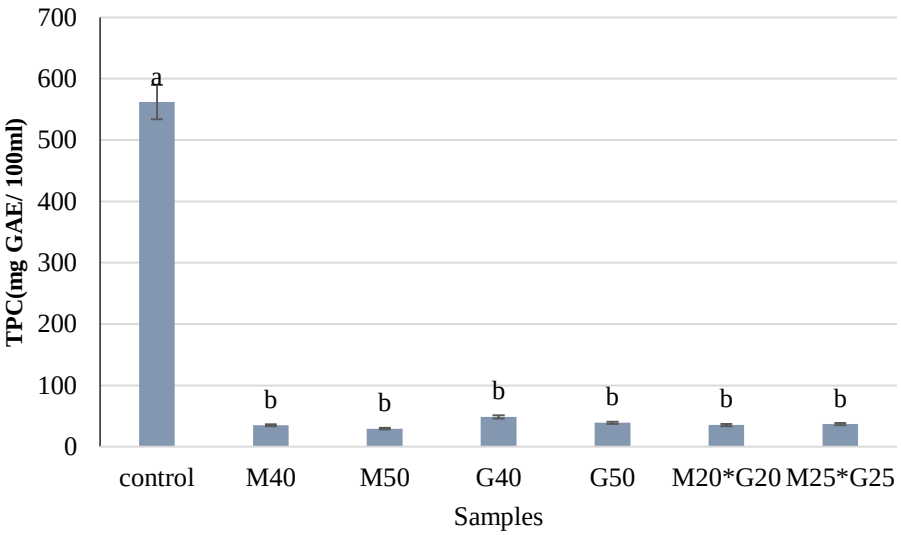
### ۹.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر ترکیبات فنولی کل

نتایج نشان داد که اثر مالتودکسترین و صمغ عربی نسبت به نمونه شاهد بر ترکیبات فنولی کل معنی‌دار بود ($p<0.05$). پودرهای گل گاوزبان تولید شده با صمغ عربی دارای فنول کل بیش‌تری از پودرهای تولید شده با مالتودکسترین بودند. همان‌طور که در شکل (۹) دیده می‌شود، مقدار ترکیبات فنولی کل در پودر گل گاوزبان شاهد به طور قابل توجهی بیش‌تر از پودرهای حاوی عوامل حامل بود که علت را می‌توان به اضافه کردن عوامل حامل و کمتر شدن محتوای فنولی در گل گاوزبان نسبت داد ولی عوامل حامل سپر حفاظتی برای ترکیبات زیست فعال طی دوره نگهداری خواهند بود. در این تحقیق نوع عوامل حامل روی مقدار ترکیبات فنلی تأثیر نداشت. محققان نشان دادند ترکیب دیواره مالتودکسترین و صمغ عربی برای محافظت ترکیبات

فنلی مناسب است. مالتودکسترین انحلال‌پذیری بالاتری در آب دارد، زیرا ترکیب امولسیون پایدار داده و مواد فرار را به خوبی نگه‌داری می‌کند؛ بنابراین افزایش آن می‌تواند باعث بهبود حفظ ترکیبات فنلی باشد [۳۳]. آدتورو و همکاران برای پودر آب میوه انار خشک شده انجمادی بیشترین تأثیر در حفظ ترکیبات فنولی کل را ابتدا به مالتودکسترین سپس به صمغ عربی نسبت دادند[۳۵] و سیرانگورایار و همکاران برای پودر خرما کف‌پوشی خشک شده انجمادی با عوامل حامل[۱۱] گزارش شد.

### ۱۰.۳. بررسی اثر عوامل حامل بر ویژگی‌های حسی

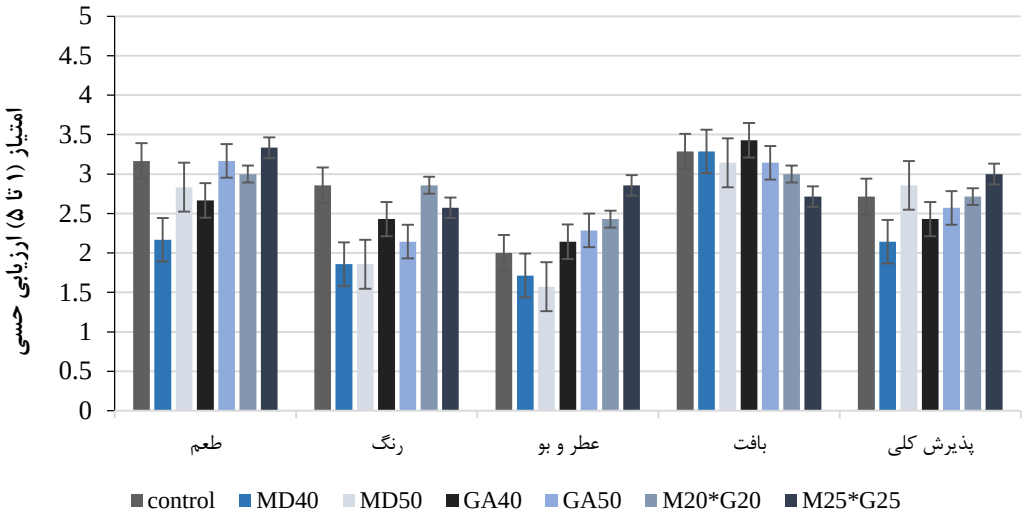
نتایج نشان داد که اثر مالتودکسترین و صمغ عربی بر طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی معنی‌دار نبود ($p>0.05$) اما برای عطر و بو معنی‌دار بود ($p<0.05$). صمغ عربی بیشترین تأثیر مثبت بر عطر و بو را داشت و بعد از آن اثر متقابل مالتو دکسترین و صمغ عربی در رتبه بعدی بود، اثر مالتودکسترین به تنهایی کم‌تر بود. صمغ عربی یکی از رایج‌ترین مواد دیواره در ریزپوشانی توسط خشک‌کن پاششی و انجمادی و رایج‌ترین بیوپلیمر امولسیون کننده مورد استفاده در تهیه امولسیون مواد طعمی است[۳۶]. پوشش صمغ عربی در حفظ و پایدار ماندن عطر و بوی گل گاوزبان در طی فرآیند تولید مؤثر بوده است. در مجموع بهترین تیمارها برای پذیرش کلی، عطر و بو، طعم مربوط به ۲۵٪ مالتودکسترین و ۲۵٪ صمغ عربی با هم بود. بیشترین امتیاز رنگ با اختلاف معنی‌دار به نمونه شاهد تعلق گرفت. نال[1] و همکاران(۲۰۱۷) ویژگی‌های حسی کفیر ریزپوشانی شده با استفاده از مخلوط مالتودکسترین و صمغ عربی را مورد بررسی قرار دادند ارزیابی حسی نشان داد که نمونه‌های بازسازی شده به دست آمده از نمونه‌های کفیر ریزکپسوله شده، نمرات بالا و یا کامل برای طعم، ظاهر، رنگ و ساختار، بافت داشتند[۳۷].




**شکل(۹)** اثرمالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر ترکیبات فنولی کل در پودر های گل گاوزبان.

**Fig 9.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the TPC of produced *Echium amoenum* powders.

1. Nale




**شکل (۱۰)** اثرمالتودکسترین (M) و صمغ عربی (G) بر طعم، رنگ، عطر و بو، بافت، پذیرش کلی پودرهای گل گاوزبان.

**Fig 10.** Effect of Maltodextrin (M) and Arabic gum(G) on the Taste, color, aroma, texture, general acceptance of produced *Echium amoenum* powders.

## ۴. نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر عوامل حامل شامل مالتودکسترین و صمغ عربی و آلبومین تخم مرغ در خشک کردن به روش کف‌پوشی-انجمادی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پودر نوشیدنی گل گاوزبان مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد پودر گل گاوزبان شاهد، درصد رطوبت پذیری بالاتری نسبت به پودرهای گل گاوزبان حاوی عوامل حامل داشت. پودرهای گل گاوزبان تولید شده با مالتودکسترین به طور قابل توجهی رطوبت پذیری پایین‌تری از پودرهای تولید شده با صمغ عربی داشته‌اند. هنگام مقایسه عوامل حامل، درجه کیکی‌ای شدن نمونه حاوی صمغ عربی به طور قابل توجهی پایین‌تر از نمونه‌های حاوی مالتودکسترین بود. با افزایش غلظت عوامل حامل توان رطوبتی افزایش یافت. با افزایش غلظت عوامل حامل پراکندگی‌پذیری و شاخص جذب آب افزایش و حلالیت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت. مقدار ترکیبات فنولی کل و آنتوسیانین در پودر گل گاوزبان شاهد به طور قابل توجهی بیشتر از پودرهای حاوی عوامل حامل بود. نتایج ارزیابی حسی نشان داد نمونه حاوی ۲۵٪ مالتودکسترین و ۲۵٪ صمغ عربی پذیرش کلی بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت. نتایج این تحقیق نشان داد با کاربرد حامل‌هایی نظیر صمغ عربی و مالتودکسترین می‌توان خصوصیات کاربردی پودرها را بهبود بخشید و با روش کف پوشی- خشک کردن انجمادی می‌توان پودر نوشیدنی دارای خصوصیات فیزیکی مناسب تولید نمود.

## منابع

[1] Emad, M. (2000). *Identification plants: Medicinal, Industrial, Rangeland and forest.* Iranian Institute of Rural Development Publisher, 112 p. [In Persian]

[2] Asadi-Samani, M., Bahmani, M., & Rafieian-Kopaei, M. (2014). The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of Borago officinalis: a review. *Asian Pac J Trop Med.*, *7*, S22-S28.

[3] Abbaszadeh, S., Radjabian, T., & Taghizadeh, M. (2013). Identification and determination of phytosterols in oilseeds of some populations from two Iranian Echium species. *Iranian J Med Arom Plant Res (IJMAPS).*, *28*(4), 741-755. [In Persian]

[4] Chen, X. D., & Mujumdar, A. S. (2009). *Drying technologies in food processing*. John Wiley & Sons.

[5] Doymaz, I. (2008). Drying of leek slices using heated air. *J Food Process Eng.*, *31*(5), 721-737.

[6] Muthukumaran, A., Ratti, C., & Raghavan, V. G. (2008). Foam-mat freeze drying of egg white and mathematical modeling Part I optimization of egg white foam stability. *Dry Technol.*, *26*(4), 508-512.

[7] Alakali, J. S., Kucha, E. I., & Ariahu, C. C. (2010). Drying characteristics of osmo-foam-mat mango pulp. *J Agric Biotech Ecolog.*, *3*(1), 87-98.

[8] Tavakolipour, H. (2020). *Drying of foods: principles of methods*. AIJ Publisher. [In Persian].

[9] Kadam, D. M., Wilson, R. A., & Kaur, S. (2010). Determination of biochemical properties of foam-mat dried mango powder. *Int J Food Sci Technol.*, *45*(8), 1626-1632.

[10] Abascal, K., Ganora, L., & Yarnell, E. (2005). The effect of freeze drying and its implications for botanical medicine: a review. *Phytother Res.*, *19*(8), 655-660.

[11] Seerangurayar, T., Manickavasagan, A., Al-Ismaili, A. M., & Al-Mulla, Y. A. (2018). Effect of carrier agents on physicochemical properties of foam-mat freeze-dried date powder. *Dry Technol.*, *36*(11), 1292-1303.

[12] Affandi, N., Zzaman, W., Yang, T. A., & Easa, A. M. (2017). Production of Nigella sativa beverage powder under foam mat drying using egg albumen as a foaming agent. *Beverag.*, *3*(1), 9.

[13] Koç, B., Sakin-Yılmazer, M., Kaymak-Ertekin, F., & Balkır, P. (2014). Physical properties of yoghurt powder produced by spray drying. *J Food Sci Technol.*, *51*(7), 1377-1383.

[14] Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *J Food Eng.*, *84*(2), 194-205.

[15] Altan, A., McCarthy, K. L., & Maskan, M. (2008). Evaluation of snack foods from barley–tomato pomace blends by extrusion processing. *J Food Eng.*, *84*(2), 231-242.

[16] Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (Phoenix dactylifera L.) varieties grown in Oman. *J Agric Food Chem.*, *53*(19), 7592-7599.

[17] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol.*, *28*(1), 25-30.

[18] Bhusari, S. N., Muzaffar, K., & Kumar, P. (2014). Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. *Powder Technol.*, *266*, 354-364.

[19] Tchabo, W., Ma, Y., Kaptso, G. K., Kwaw, E., Cheno, R. W., Wu, M., ... & Farooq, M. (2018). Carrier effects on the chemical and physical properties of freeze-dried encapsulated mulberry leaf extract powder. *Acta Chim Slov.*, *65*(4), 823-835.

[20] Oliveira, D. M., Clemente, E., & da Costa, J. M. C. (2014). Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (Acrocomia aculeata) powder. *J Food Sci Technol.*, *51*(10), 2783-2789.

[21] Du, J., Ge, Z. Z., Xu, Z., Zou, B., Zhang, Y., & Li, C. M. (2014). Comparison of the efficiency of five different drying carriers on the spray drying of persimmon pulp powders. *Dry Technol.*, *32*(10), 1157-1166.

[22] Manickavasagan, A., Thangavel, K., Dev, S. R., Delfiya, D. A., Nambi, E., Orsat, V., & Raghavan, G. S. V. (2015). Physicochemical characteristics of date powder produced in a pilot-scale spray dryer. *Dry Technol.*, *33*(9), 1114-1123.

[23] Sablani, S. S., Shrestha, A. K., & Bhandari, B. R. (2008). A new method of producing date powder granules: Physicochemical characteristics of powder. *J Food Eng.*, *87*(3), 416-421. [In Persian]

[24] Mishra, P., Mishra, S., & Mahanta, C. L. (2014). Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (Emblica officinalis) juice powder. *Food Bioprod Process.*, *92*(3), 252-258.

[25] Kurozawa, L. E., Park, K. J., & Hubinger, M. D. (2009). Effect of maltodextrin and Arabic gumon water sorption and glass transition temperature of spray dried chicken meat hydrolysate protein. *J Food Eng.*, *91*(2), 287-296.

[26] Ferrari, C. C., Germer, S. P. M., Alvim, I. D., Vissotto, F. Z., & de Aguirre, J. M. (2012). Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. *Int J Food Sci Technolo.*, *47*(6), 1237-1245.

[27] Ng, M. L., & Sulaiman, R. (2018). Development of beetroot (Beta vulgaris) powder using foam mat drying. *Food Sci Technol.*, *88*, 80-86.

[28] Ding, H., Yu, W., Boiarkina, I., Depree, N., & Young, B. R. (2020). Effects of morphology on the dispersibility of instant whole milk powder. *J Food Eng.*, *276*, 109841.

[29] Sharifi, A., Niakousari, M., Maskooki, A., & Mortazavi, S. A. (2015). Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of barberry (Berberis vulgaris) extract powder. *Int Food Res J.*, *22*(6), 2364. [In Persian]

[30] Tonon, R. V., Brabet, C., & Hubinger, M. D. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (Euterpe oleracea Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Res Int.*, *43*(3), 907-914.

[31] Tuyen, C. K., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (Momordica cochinchinensis) fruit aril powder. *J Food Eng.*, *98*(3), 385-392.

[32] Suravanichnirachorn, W., Haruthaithanasan, V., Suwonsichon, S., Sukatta, U., Maneeboon, T., & Chantrapornchai, W. (2018). Effect of carrier type and concentration on the properties, anthocyanins and antioxidant activity of freeze-dried mao [Antidesma bunius (L.) Spreng] powders. *Agriculture and Natural Resources*, *52*(4), 354-360.

[33] Shahidi, B., Sharifi, A., Roozbehnasiraii, L., Niakousari, M., Ahmadi, M (2021). Phytochemical properties evaluation of drink powder of flixweed (Descurainia Sophia) extract produced by ohmic heating. *Innov Food Technol.,* 8(3):24-309. [In Persian]

[34] Matini, S., Mortazavi, S.A., Maskooki, A.R., & Sharifi, A. (2018). Studying physicochemical properties of Sardasht red grape skin encapsulated extract and stability evaluation of these compounds in yoghurt. *J Res Innov Food Sci Technol.*, *7*(3), 241-254. [In Persian]

[35] Adetoro, A. O., Opara, U. L., & Fawole, O. A. (2020). Effect of Carrier Agents on the Physicochemical and Technofunctional Properties and Antioxidant Capacity of Freeze-Dried Pomegranate Juice (Punica granatum) Powder. *Foods*, *9*(10), 1388.

[36] Shahidi, M., & Molaveasi, M. (2020). Microencapsulation of cardamom essential oil with gum arabic, maltodextrin and inulin and the investigation of their physical-chemical properties. *Innovative Food Technologies*, *7*(3), 433-446.

[37] Nale, Z., Tontul, I., Aşçi Arslan, A., Sahin Nadeem, H., & Kucukcetin, A. (2018). Microbial viability, physicochemical and sensory properties of kefir microcapsules prepared using maltodextrin /Arabic gum mixes. *International Journal of Dairy Technology*, *71*, 61-72.

*Research Article*

# Effect of carrier agents on physicochemical properties of foam-mat freeze-dried *Echium amoenum* powder

**Morteza Haji Ali Asghari[1], Akram Sharifi[1*]**

**1. MSc Graduate, Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran**
**2. Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran**

**Abstract**
*Echium amoenum* is an herbaceous Iranian herb, two or many years old from the Boraginaceae family. Most *Echium amoenum* varieties have medicinal properties that can be promoted through scientific activity and industrial production of diverse products. In this study, the effects of carrier agents of Maltodextrin and Arabic gum (0(control), 20, 25, 40, 50%) in drying by foam-mat freeze-dried method impact on hygroscopicity, degree of caking, wettability, dispersibility, solubility, water absorption index, total phenolic compounds, antioxidant activity and level of total anthocyanins compounds was investigated. By increasing the concentration of carrier agents, degree of caking, dispersibility and water absorption index 13, 28, and 34 % increased respectively. Hygroscopicity was reduced 2% compared to the control sample. Anthocyanins, antioxidant activity and total phenolic compounds decreased compared to the control sample. According to the results of sensory evaluation, the best treatment in terms of general acceptance, aroma, and taste was contained 25% maltodextrin and 25% Arabic gum together, and contained 0.005 mg/100ml anthocyanins compounds, 9.4 % antioxidant activity and 37 mg/100ml total phenolic compounds.

**Keywords: *Echium amoenum* Powder, Maltodextrin, Arabic gum, Foam mat drying, Freeze Drying, Carriers agent**

* Corresponding Author: asharifi@qiau.ac.ir