مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال سیزدهم، شماره 2، تابستان 1397، صفحات 49-41

بهینه‌سازی فرمولاسیون پودر فوری نوشیدنی بر پایه آرد بافت داده شده کنجاله بادام-ذرت

الناز میلانی[1]، ندا هاشمی[2]، سیدعلی مرتضوی[3]، فریده طباطبایی یزدی[3]، سمانه گازرانی[4]

1- نویسنده مسئول: استادیار پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
پست الکترونیکی: e.milani@jdm.ac.ir
2- باشگاه پژوهشگران جوان، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
3- استادگروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
4 – دانش آموخته دکتری صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: 96/2/17 تاریخ پذیرش: 96/5/11

چکیده

سابقه و هدف: در سال‌های اخیر پیشرفت تکنولوژی سبب تغییر در سبک زندگی گردیده است. از این رو تقاضای جهانی برای مصرف غذاهای آماده افزایش چشمگیری یافته است. جهت کاهش مشکلات ناشی از رفتارهای ناسالم و اصلاح الگوی مصرف، تولید فراورده‌های غذایی فوری فراسودمند ضروری به نظر می‌رسد؛ این پژوهش با هدف تولید و بهینه سازی فرمولاسیون پودر فوری نوشیدنی بر پایه آرد بافت داده شده کنجاله بادام-ذرت صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: کنجاله بادام- آرد ذرت به نسبت 20-80 توسط اکسترودر دومارد‌ونه تحت شرایط سرعت چرخش مارپیچ 220 دور در دقیقه و رطوبت 16 درصد بافت داده شد. سپس توسط طرح آماری مخلوط تأثیر سطوح مختلف فرمولاسیون شامل آرد بافت داده شده 65-70 درصد، شکر 25-30 و استویا 0-5 درصد بر خصوصیات بیوفیزیکی و فوری بودن پودر بررسی گردید.

یافته‌ها: با افزایش میزان آرد بافت داده شده‌ی کنجاله بادام-ذرت در فرمولاسیون پودر نوشیدنی، ویژگی‌های فوری بودن و بازسازی پودر در آب بهبود یافت ($p<0/05$). مطابق نتایج فرمولاسیون بهینه تولید پودر فوری فراسودمند شامل 69/9 درصد پودر بافت داده شده بادام-ذرت، 29/9 درصد شکر و0/2درصد استویا تعیین گردید.

نتیجه‌گیری: پودر فوری تولید شده از لحاظ ویژگی خیس شوندگی در گروه پودرها با حلالیت بالا، جریان پذیری و پیوستگی در گروه پودرهای با ویژگی خوب تا عالی، از لحاظ زاویه ریپوز در گروه پودرهای بسیار جریان‌پذیر طبقه بندی می‌شود.

واژگان کلیدی: پودر فوری، کنجاله بادام، زاویه ریپوز تخلیه، شاخص کار، ضریب هاسنر

• مقدمه

با پیشرفت جامعه کنونی و مدرن شدن زندگی مردم، شاهد تغییر در عادات تغذیه و رفتارهای غذایی هستیم؛ به طوری که در بسیاری از جوامع استفاده از غذاهای آماده مصرف رواج زیادی یافته است و مطالعات در این زمینه نشان داده است که علت انتخاب این غذاها آماده شدن سریع، طعم خوب، در دسترس بودن و هزینه مناسب می‌باشد. نتیجه انتخاب و مصرف نادرست این گروه مواد غذایی دریافت کالری بالا و عدم تعادل بین انرژی دریافتی و مصرفی است که، احتمال ابتلاء افراد به چاقی، دیابت و بیماری‌های متعاقب آن را افزایش می‌دهد (2، 1). اگرچه به اعتقاد برخی از متخصصین، غذاهای آماده در اپیدمی چاقی نقشی ندارند (3). ولیکن مطالعات مختلف نقش چاق کننده برخی از این غذاها را اثبات کرده‌اند (2). به منظور کاهش مشکلات ناشی از رفتارهای ناسالم و اصلاح الگوهای نامناسب مصرف غذاهای آماده مصرف، تولید و نوآوری محصولات فوری ضروری به نظر می‌رسد. در همین راستا تولید غذاهایی که ضمن غنی بودن از لحاظ تغذیه‌ای، قابل حمل و کم حجم بوده و به سادگی آماده شوند در جامعه احساس می‌گردد. از این میان پودرهای نوشیدنی فوری که به آسانی در آب حل شوند بسیار مورد توجه هستند. اصطلاح "فوری" معمولا در صنایع غذایی جهت توصیف خصوصیات پخش شوندگی و حل شوندگی پودرها بکار می‌رود، که این پودرها نسبت به سایر نمونه‌های غیر

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]

فوری حل شوندگی و پخش شوندگی سریعتری دارند (4). لازم به ذکر است که ویژگی بازسازی در پودرهای فوری به نحوی بهبود یافته که به محض ریختن در آب به راحتی حل شده و پخش شوند. ویژگی‌های پودرهای غذایی شامل ویژگی‌های فیزیکی (دانسیته، تخلخل، ویژگی‌های سطحی، سختی، اندازه و قطر ذرات) و شیمیایی (ترکیبات شیمیایی ماده غذایی، نحوه واکنش با سایر ترکیبات موجود و حلال) است (6، 5). مصرف بادام و فراورده های جنبی آن در فرمولاسیون پودرها به علت حضور فیبر، پروتیئن، اسیدهای چرب ضروری، فتوکمیکال‌ها و آنتی اکسیدان‌ها می‌تواند باعث کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و برخی از سرطان‌ها شود (7). در تولید غذاهای پودری آماده مصرف (پودر سوخاری، آرد نیمه آماده، غذای کودک، مکمل پودری فیبری و پودر فوری نوشیدنی) استفاده از فرآیند اکستروژن جایگاه خاصی دارد چون ضمن این که این روش تولید دارای ظرفیت وتوان بالای تولید است، محصول تولیدی حجیم شده نیز دارای ویژگی آماده سازی سریع است. زیرا به علت تنش برشی، فشار و حرارت در طی پخت اکستروژن ژلاتینه شدن و دپلیمریزه شدن (دکسترینه) در ملکول‌های نشاسته و شکستن شاخه‌های جانبی در فیبرها حادث می‌گردد. این واکنش‌ها ضمن بهبود قابلیت حل شدن پودرهای فوری در آب، سبب افزایش قابلیت هضم و هیدرولیز راحت‌تر محصول تولیدی نیز می‌گردد. در نتیجه از نظر تکنولوژیکی اکستروژن سبب تسهیل حل شدن پودرهای فوری و نشاسته‌های عملگر می‌شود (8). تاکنون در کشور هیچ پژوهشی در زمینه استفاده از آرد بافت داده شده (اکسترود شده) در تولید پودرهای فوری انجام نگرفته است. در این راستا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر افزودن آرد بافت داده شده کنجاله بادام-ذرت، شکر و استویا بر ویژگی‌های فوری بودن، پخش شوندگی، جریان پذیری و پیوستگی پودر آماده مصرف بررسی شد و فرمولاسیون بهینه انتخاب و گزینش گردید.

• مواد و روش‌ها

آماده سازی پودر بافت داده شده کنجاله بادام- ذرت: پس از تهیه آرد ذرت (*Zea mays* L.) و مغز بادام (*Amygdalus communis* L.) واریته دالسیس (Dulcis) از بازار محلی مشهد، فرایند روغن گیری مغز کامل بادام به روش پرس سرد انجام شد. کنجاله بدست آمده به همراه آرد ذرت به نسبت 20 به 80 توسط اکسترودر Jinan Saxin (تحت شرایط سرعت چرخش 220rpm و رطوبت 16%) مورد فرایند قرار گرفت. سپس محصول اکسترود شده جهت خشک شدن بلافاصله پس از تولید به آون هوای داغ با دمای 40 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 ساعت منتقل گردید، نمونه‌های پس از خنک شدن، توسط آسیاب چکشی (Polymix مدل PX-MFC 90 D ساخت کشور سوئیس) آسیاب و پودر شد و از الک با مش50 (297µm) عبور داده شد. تمامی نمونه‌های تولیدی تا انجام آزمایشات تکمیلی دور از نور، حرارت و رطوبت در دمای اتاق نگهداری گردیدند. شکر تولید شرکت گلستان و استویا (با 65% ربدیوساید) تولید شرکت صیف گستر سبلان جهت استفاده در فرمولاسیون تهیه گردید. شکر نیز قبل از استفاده در فرمولاسیون یا آسیب چکشی (Polymix مدل PX-MFC 90 D ساخت کشور سوئیس) پودر شده پودر شکر و استویا از الک با مش 70 (210µm) عبور داده شد. فرمولاسیون پودر فوری از ترکیب پودر بافت داده شده کنجاله بادام-ذرت، شکر و استویا تهیه گردید. براساس آزمون انجام شده مقادیر ثابتی از وانیلین (0/65%) به جهت ایجاد بو و آرومای مطلوب، مالتودکسترین (1%) به جهت داشتن ویژگی امولیسیفایری و تری کلسیم فسفات (0/2%) به جهت داشتن ویژگی ضد کلوخه‌ای به تمام تیمارها اضافه گردید.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی و میزان رطوبت: میزان رطوبت مواد اولیه از روش استاندارد (AACC, 2000) به شماره 15-14، به دست آمد. برای اندازه‌گیری چربی از روش سوکسله طبق روش استاندارد AACC به شماره 25-30 و اندازه‌گیری میزان خاکستر (طبق روش استاندارد 01- 08، 2000، AACC) با استفاده از روش کوره الکتریکی انجام شد. میزان پروتئین با استفاده از دستگاه کلدالاتومات (مدل VAP20 ساخت شرکت Gerhardt) اندازه‌گیری شد. میزان کربوهیدرات موجود از اختلاف مجموع درصد چربی، پروتئین، خاکستر و رطوبت از 100درصد محاسبه شد (9).

اندازه‌گیری خیس شوندگی (Wettability) پودر: 100 میلی‌لیتر آب مقطر با دمای 25 درجه سانتی‌گراد داخل ارلن ریخته، قیف مخصوص روی پایه طوری نصب می‌شود. سپس زمان نفوذ کامل 0/1گرم پودر داخل آب اندازه‌گیری می‌گردد (10).

زاویه ریپوز تخلیه: درون یک مزور100 میلی لیتری با پودر پر شده، سپس روی آن با پنبه طوری مسدود می‌گردد، سپس استوانه در ارتفاع 20 سانتی‌متر بالاتراز سطح صاف میز برگردانده شده تا پودر در اثر نیروی جاذبه از استوانه خارج شود. زاویه ریپوز تخلیه به صورت Arctan نسبت ارتفاع کپه به شعاع پایه کپه تشکیل شده محاسبه گردید (11).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]

اندازه‌گیری پخش شوندگی (Dispersibility) پودر: 1 گرم از پودر را به 10 میلی لیتر آب اضافه کرده، در طی 15 ثانیه به وسیله همزدن محلول می‌شود سپس محلول از کاغذ صافی 212 میکرومتر عبور کرده، 1 میلی‌لیتر از محلول صاف شده وزن شده و خشک می‌گردد (10).

قابلیت جریان پذیری (Flowability) و پیوستگی (Cohesiveness) پودر: قابلیت جریان و پیوستگی پودر به ترتیب از شاخص کار CI (Carr Index) و نسبت هاسنر HR (Hasner Ratio) قابل محاسبه می‌باشند (10).

$$CI = \frac{(\rho_{tapped} - \rho_{bulk})}{\rho_{tapped}} \times 100 \quad (1)$$

$$HR = \frac{\rho_{tapped}}{\rho_{bulk}} \quad (2)$$

$\rho_{Particle}$: دانسیته ذره

ρ_{Tapped}: دانسیته توده‌ای حاصل از ضربه

تجزیه و تحلیل آماری: در این پژوهش به منظور بررسی اجزاء فرمولاسیون با سه جزء شکر، استویا و پودر بافت داده شده کنجاله بادام-ذرت روی ویژگی‌های فوری بودن پودر و در نهایت بهینه‌یابی فرمولاسیون از طرح مخلوط استفاده گردید. مقادیر بیشینه و کمینه هر جزء فرمول در جدول 1 مندرج است. بهینه‌یابی بر اساس بیشینه پخش‌شوندگی و کمینه شاخص کار، ضریب هاسنر، زاویه ریپوز تخلیه و خیس شوندگی انجام گرفت. جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای کانتور از نرم افزار نرم‌افزارDesign Expert 7.1.6 ، استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت مدل‌های برازش داده شده مقادیر R_2، R_2 تصحیح شده مدل و P ضرایب تعیین و بررسی شدند.

جدول1. مقادیر بیشینه و کمینه اجزاء فرمولاسیون پودر فوری

ترکیبات	مقادیر کمینه %(w/w)	مقادیر بیشینه %(w/w)
پودر بافت داده شده کنجاله بادام -ذرت	65	70
شکر	25	30
استویا	0	5

جدول2. نتایج حاصل از آنالیز واریانس

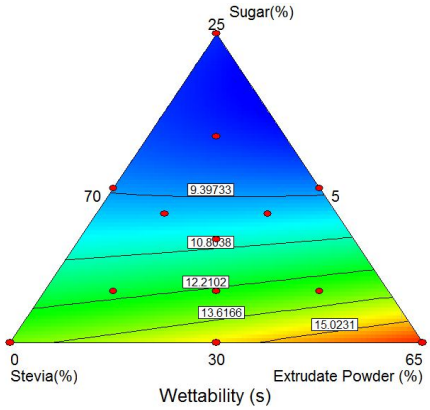
	خیس شوندگی	پخش شوندگی	زاویه ریپوز تخلیه	نسبت هاسنر	ضریب کار
پودر بافت داده شده×شکر	0/0054	0/00563	0/0106	0/0111	0/0104
پودر بافت داده شده×استویا	0/825	0/0043	0/8	0/0046	0/0234
شکر×استویا	0/089	0/0094	0/3995	0/9595	0/8082
مدل	0/0003	0/0001	0/0003	0/0002	0/0001
ضریب تبیین	0/94	0/97	0/93	0/94	0/96
ضریب تبیین اصلاح شده	0/90	0/96	0/89	0/90	0/94

• یافته‌ها

نتایج ترکیبات فیزیکوشیمیایی و رطوبت ماده اولیه: نتایج نشان داد که کنجاله بادام محتوی 3/34±0/26 درصد رطوبت، 1/19±0/007درصد خاکستر، 15/84±1/12درصد پروتئین، 68/34±2/54 درصد کربوهیدرات، 5/41±0/78 درصد فیبر (2/98±0/16 درصد فیبر محلول و 2/43±0/11 فیبر نامحلول) و 4/34±0/69 درصد چربی می‌باشد.

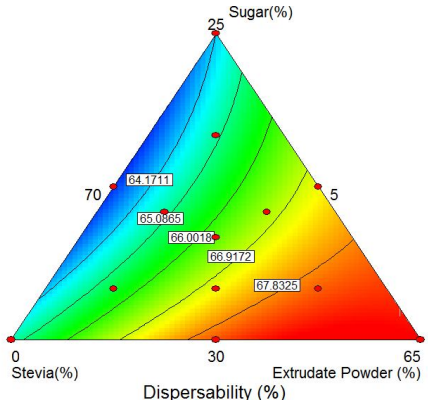
نتایج آزمون خیس‌شوندگی: این ویژگی زمان لازم جهت خیس شدن کامل پودر در آب 20°C را نشان می‌دهد (12). زمان خیس شدن بین 8/4 تا 16/4 ثانیه محاسبه شد. با توجه به شکل1 و آنالیز داده‌های آماری در جدول 2، مدل آماری دو جمله‌ای برای زمان خیس شدن پیشنهاد گردید و همچنین بررسی میزان اثر اجزاء ترکیبات فرمولاسیون نشان داد که اثر متقابل میزان شکر-پودر بافت داده شده بر زمان خیس شدن پودر نوشیدنی معنی‌داری بود ($p<0/05$). همان گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش میزان پودر بافت داده شده و کاهش میزان شکر، زمان خیس شدن کاهش می‌یابد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]



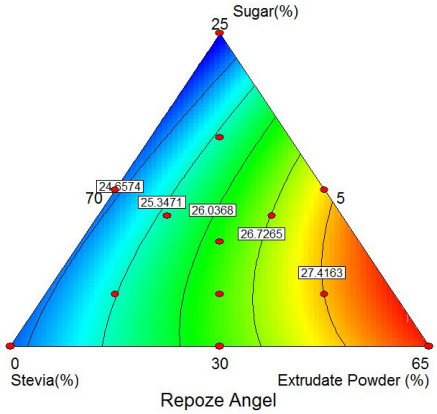
شکل 1. نمودار کانتور اثر اجزاء فرمولاسیون بر "خیس شوندگی" پودرنوشیدنی فوری بر پایه کنجاله بادام-ذرت بافت داده شده

نتایج آزمون پخش‌شوندگی: پخش‌شوندگی مرحله‌ای است که پودرجامد به صورت تک در فاز مایع توزیع می‌شوند. پودرهایی که تمایل به رسوب کردن بیشتری دارند، ضریب پخش‌شوندگی کمتری دارند (11). پخش‌شوندگی این محصول بین 63 تا 68/3% اندازه‌گیری شد. با توجه به شکل2 و نتایج مندرج در جدول 2 مدل آماری دو جمله‌ای برای پخش‌شوندگی پودر فوری پیشنهاد گردید و همچنین بررسی میزان اثر اجزاء ترکیبات فرمولاسیون نشان داد که اثر متقابل میزان شکر-پودر بافت داده شده، شکر-استویا و پودر بافت داده شده-استویا بر پخش شوندگی پودر نوشیدنی معنی‌داری بود ($p<0/05$).



شکل 2. نمودار کانتور اثر اجزاء فرمولاسیون بر "پخش شدن" پودرنوشیدنی فوری بر پایه کنجاله بادام-ذرت بافت داده شده

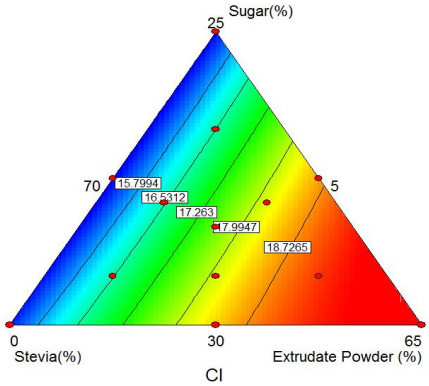
نتایج آزمون زاویه ریپوز تخلیه: این ویژگی عبارت است از زاویه‌ای که یک ماده به شکل یک توده ثابت بر یک سطح افقی صاف تشکیل می‌دهد. در واقع جریان‌پذیری پودرها به طور مستقیم تابع زاویه ریپوز تخلیه می‌باشد. به طور کلی هر چه زاویه ریپوز تخلیه کوچکتر باشد، جریان پذیری محصول با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد (13). میزان زاویه ریپوز تخلیه پودر فوری تولیدی بین °24/1 تا 28/15 محاسبه شد. با توجه به شکل3 و نتایج جدول 2، مدل آماری دو جمله‌ای برای زاویه ریپوز تخلیه پیشنهاد گردید. بررسی میزان اثر اجزاء ترکیبات فرمولاسیون نشان داد که اثر متقابل میزان شکر-پودر بافت داده شده بر زاویه ریپوز تخلیه پودر نوشیدنی معنی‌داری بود ($p<0/05$).



شکل 3. نمودار کانتور اثر اجزاء فرمولاسیون بر "زاویه ریپوز" پودرنوشیدنی فوری بر پایه کنجاله بادام-ذرت بافت داده شده

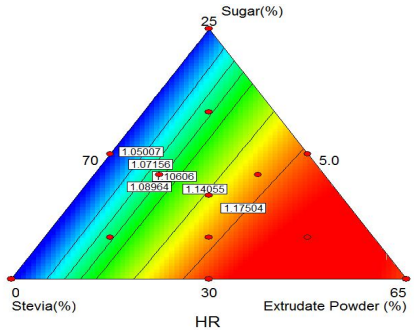
نتایج قابلیت جریان پذیری: این ویژگی جهت تسهیل در جابجایی، فرایند کردن و کاربرد نهایی فراورده اهمیت زیادی دارد. قابلیت جریان پذیری معمولاً به خصوصیت فیزیکی پودر نظیر اندازه، شکل، ساختار سطحی، دانسیته ذره، دانسیته توده، میزان رطوبت، درجه حرارت، فشار و چربی بستگی دارد. قابلیت جریان پذیری پودر با شاخص کار (Cl) سنجیده می‌شود و این شاخص با قابلیت جریان رابطه معکوس دارد، به طوری‌که هر چه شاخص کار پودر افزایش یابد قابلیت جریان‌پذیری پودر ضعیف‌تر می‌شود (14). محدوده شاخص کار محصول تولیدی بین 15/1 تا 19/3 محاسبه شد. بر اساس شکل 4 و آنالیز آماری (جدول2) مدل دو جمله‌ای برای ضریب کار پیشنهاد گردید و همچنین بررسی میزان اثر اجزاء ترکیبات فرمولاسیون نشان داد که اثر متقابل میزان شکر-پودر بافت داده شده و شکر-استویا بر شاخص کار پودر نوشیدنی معنی‌داری بود ($p<0/05$).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]



شکل4. نمودار کانتور اثر اجزاء فرمولاسیون بر "شاخص کار" پودرنوشیدنی فوری بر پایه کنجاله بادام-ذرت بافت داده شده

نتایج آزمون پیوستگی پودر: پیوستگی پودر با نسبت هاسنر (HR) قابل محاسبه می‌باشد، که به عنوان معیاری جهت سنجش انتقال حالت، از جریان‌پذیری آزاد به سمت چسبندگی پودرها است. با پایش این فاکتور امکان پیش بینی نقاط نسبتا پایدار عملیات و فرآوری بر حسب اندازه ذرات و رطوبت نسبی، میسر می‌شود (15). محدوده نسبت هاسنر بین1/01 تا 1/196 محاسبه شد. با توجه به شکل 5 مدل آماری دو جمله‌ای برای نسبت هاسنر پیشنهاد گردید و همچنین بررسی میزان اثر اجزاء ترکیبات فرمولاسیون نشان داد که اثر متقابل میزان شکر-پودر بافت داده شده و شکر-استویا بر نسبت هاسنر پودر نوشیدنی معنی‌دار بود ($p<0/05$).



شکل 5. نمودار کانتور اثر اجزاء فرمولاسیون بر "ضریب هاسنر" پودرنوشیدنی فوری بر پایه کنجاله بادام-ذرت بافت داده شده

• بحث

بر اساس زمان خیس شدن محاسبه شده، پودرنوشیدنی فوری بر پایه کنجاله بادام-ذرت در گروه پودرهای با حلالیت بالا طبقه بندی می‌گردد. زمان خیس شدن برای پودر شیر سویا 10تا 22 ثانیه (11) و پودر چای سبز فرموله شده 18 تا 24 ثانیه (16) گزارش شده است. دانسیته و تخلخل پودر که متاثر از میزان هوا و فضای آزاد بین ذرات است، همبستگی مثبتی با زمان خیس شدن دارد. حضور چربی و یا سطوح ذرات با چربی بالا زمان خیس شدن را افزایش می‌دهد (12). بر همین اساس با افزایش پودر بافت داده شده کنجاله بادام - ذرت که دانسیته کمترو فضای آزاد بین ذره‌ای بیشتری نسبت به شکر دارد کاهش زمان خیس شدن کاملا منطقی به نظر می‌رسد. این یافته منطبق با تحقیقات Jinapong و همکاران (2008) در زمینه تولید پودر شیر سویا به روش اولترافیلتراسیون است، که زمان خیس شدن با افزایش اندازه ذرات، کاهش می‌یابد (10). این محققین ذکر نموده‌اند که افزایش اندازه ذرات نه تنها باعث افزایش سرعت نفوذ آب به فضای بین ذره‌ای پودرها می‌شود، بلکه باعث ایجاد یک جریان سیستم موئین آب درون فضای پودرها می‌نماید که عمدتاً باعث کاهش زمان خیس شدن پودر می‌گردد. نتایج پژوهش Carić و همکاران (2003) نیز نشان داد که با افزایش سطوح تماس و کاهش اندازه ذرات زمان خیس شدن پودرها کاهش چشمگیری پیدا می‌کند (17). همچنین Jinapong و همکاران (2008) اذعان نمودند که فرایندهایی مانند اولترافیلتراسیون و اکستروژن باعث بهبود خصوصیات بازسازی پودر و همچنین کاهش زمان خیس شدن می‌گردد (10). از طرف دیگر با افزایش میزان شکر جذب رطوبت توسط پودر افزایش پیدا کرده، امکان ایجاد پل‌های مایع بین ذرات جامد زیادتر شده و ایجاد حالت کلوخه‌ای در آن تشدید می‌گردد که مجموعه این تغییرات باعث افزایش زمان خیس شدن پودر می‌شود (13، 11).

با توجه به میزان پخش‌شوندگی این پودر فوری و در مقایسه با پخش شوندگی پودرهای شیر خشک (پخش شوندگی بیش از 95%) (11) مقادیر بدست آمده در مورد این محصول تولیدی در مقایسه با محصول لبنی بسیار اندک است. پخش شوندگی پودرها با حلالیت آن‌ها وابستگی زیادی دارد (18). هرچند اعمال فرایند اکستروژن باعث بهبود خصوصیات بازسازی و پخش‌شوندگی پودرها می‌گردد (19) ولیکن حلالیت و سرعت حل شدن مواد به نوع، اندازه ذرات و درجه حرارت ماده حلال بستگی دارد. با توجه به اینکه حلالیت ساکاروز در آب بالا است (در دمای 10 درجه سانتی‌گراد انحلال پذیری 4/188 گرم ساکارز و در دمای50 درجه سانتی‌گراد انحلال پذیری 6/267 گرم است در 100 گرم آب برای دستیابی به محلول اشباع)، لذا با افزایش میزان شکر انتظار می‌رود که میزان پخش شدن نیز افزایش بیابد(20). همچنین نتایج Shittu وLawal (2007) نشان داد که با اضافه نمودن 35% شکر و 0/5% استویا در فرمولاسیون، پخش‌شوندگی و بازسازی پودر فوری کاکائو به طور معنی‌داری

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]

بهبود یافته بود (18). کاهش پخش شوندگی محصول با افزایش پودر بافت داده شده را می‌توان ناشی از حضور ذرات بزرگ تر و وجود ترکیبات هیدروفوب و یا غیرمحلول در آب (به علت حضور بادام) دانست. Belscak-Cvitanovi و همکاران (2010) نیز کاهش پخش‌شوندگی و حلالیت پودر نوشیدنی فوری بر پایه کاکائو را با افزایش میزان چربی پودر کاکائو به علت داشتن خاصیت هیدروفوبی مرتبط دانسته بود (18). در این زمینه پژوهشگران علاوه بر حلالیت به عوامل دیگری چون اندازه ذرات، ماهیت و ساختار پودر که پخش‌شوندگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، اشاره نموده‌اند. بر اساس نتایج پژوهش Syll و همکاران (2013) در مورد پودر شیر سویا خشک شده به روش پاششی اندازه ذرات نقش مهمی در پخش‌شوندگی دارد طوری که اندازه ذرات 24-15µm بیشترین پخش‌شوندگی را داشتند (21). در مورد پودر شیرخشک هم با افزایش اندازه، پخش شوندگی افزایش یافته بود (22). به نظر می‌رسد این تفاوت در نتایج به ماهیت ماده غذایی و حضور ترکیبات متفاوت در ماتریکس ماده غذایی مربوط می‌باشد.

با توجه به جدول 3 و میزان زاویه ریپوز تخلیه محاسبه شده (°24/1 تا 28/15) این پودر در گروه پودرهای بسیار جریان‌پذیر طبقه بندی می‌شوند (13). این پدیده به بزرگ‌تر بودن اندازه ذرات پودر بافت داده شده کنجاله بادام -ذرت نسبت به شکر مرتبط است. اندازه ذرات یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی است که جریان پذیری پودرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش زاویه ریپوز با افزایش اندازه ذرات، به دلیل کاهش چسبندگی ذرات بزرگتر به یکدیگر می‌باشد. زیرا با افزایش اندازه، اصطکاک بین ذره‌ای کاهش یافته و تخلخل افزایش می‌یابد در نتیجه زاویه ریپوز کاهش پیدا می‌کند (24، 23). همچنین با کوچکتر شدن اندازه ذرات پیوستگی و به نوعی سطح تماس بین ذرات مجاور و چسبندگی افزایش می‌یابد که منجربه افزایش زاویه ریپوز تخلیه می‌گردد، که البته شدت این امر به نوع و ترکیب ماده بستگی دارد (10). با افزایش شکر میزان جذب رطوبت در نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد که این قضیه نیز اثر منفی بر زاویه ریپوز می‌گذارد.

پودرهایی که زاویه استقرار بالاتری دارند به دلیل اتصال بین ذرات خود پس از ریختن در سطح مایع احتمالاً به راحتی فرو نمی‌روند (11). شرایط مختلف تولید، اثرات قابل توجهی بر جریان پذیری و زاویه ریپوز پودرها می‌گذارند. کاهش رطوبت سطحی و کاهش چسبندگی موجب کاهش زاویه ریپوز می‌شود (23). افزایش رطوبت علاوه بر اینکه موجب افزایش پلاستیسیته سیستم شده، باعث ایجاد پل‌های مایع یا جامد بین ذرات نیز می‌شود که این عوامل سبب افزایش چسبیدن پودرهای غذایی می‌شود. در نهایت، زاویه ریپوز به طور منظم با افزایش مقدار رطوبت پودرها، افزایش می‌یابد (24). دیگر عوامل مؤثر بر زاویه ریپوز پودرها و رفتار جریانی آنها بطور کلی وابسته به نیروهای دافعه فضائی بین ذرات، نیروهای اصطکاک و چسبندگی بین ذرات، ویژگیهای سطحی مانند سطح صاف و کروی یا زبر بین آن‌ها می‌باشند (15).

با عنایت به محدوده شاخص کار بدست آمده (15/1 تا 19/3 درصد) و با توجه به جدول3 از لحاظ رفتاری این پودر در گروه پودرها با قابلیت جریان خوب طبقه بندی می‌شوند (10). معمولاً ذرات درشت قابلیت جریان بهتری دارند. پودرهایی با اندازه ذرات کوچکتر به دلیل داشتن سطح بیشتر در واحد جرم، قابلیت جریان ضعیفی دارد (14). Jinapong و همکاران (2008) گزارش کردند که در نمونه‌های پودر تولید شده (پودر شیر سویا با غلظت‌های مختلف) با اندازه ذرات یکسان، تغییر عمده‌ای در قابلیت جریان پودر مشاهده نشد (10). ریز بودن ذرات باعث افزایش سطح تماس شده و شاخص کار و ضریب هاسنر افزایش می‌یابد که در نهایت به کاهش جریان‌پذیری پودرها می‌انجامد (25). پودرهایی با سطوح خشن و اندازه درشت‌تر قابلیت جریان‌پذیری بهتری دارند. نتایج محققین دیگر نیز موید این قضیه است (27، 26). البته باید متذکر گردید که هرچند میزان چربی بالا در پودرها باعث کاهش میزان جریان‌پذیری پودر می‌گردد (25)، ولیکن در مورد این نمونه محصول بافت داده شده محتوی کنجاله بادام حضور این جزء چربی در فرمولاسیون به علت میزان اندک، روی کاهش رفتار جریان‌پذیری پودر اثر گذار نبوده است.

جدول3. طبقه بندی قابلیت جریان پودر بر اساس زاویه ریپوز تخلیه(13) و شاخص کار (CI)(10).

زاویه ریپوز تخلیه(درجه)	نوع جریان	شاخص کار(درصد)	نوع جریان
30-25	بسیار جریان پذیر	کمتر از15	خیلی خوب
38-30	جریان پذیر آزادانه	20-15	خوب
45-38	جریان پذیری مشکل	35-20	نسبتا خوب
55-45	چسبنده یا غیرقابل جریان	45-35	بد
بیش از 55	بسیار چسبنده	بیشتر از 45	خیلی بد

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]

بر اساس محدوده نسبت هاسنر محاسبه شده (1/01 تا 1/196) و طبقه‌بندی مندرج در جدول 4 این محصول، از لحاظ رفتار پودرها در محدوده گروه پودرهای خوب تا عالی می‌باشد (13). یکی از عوامل مؤثر در پیوستگی، سطح تماس بین ذرات می‌باشد. چون با افزایش اندازه ذرات، سطح تماس کمتری بین ذرات بوجود می‌آید، این امر می‌تواند باعث کاهش میزان پیوستگی و کلوخه‌ای (Caking) شدن پودر گردد (29، 28). همچنین رطوبت به دلیل تأثیر بر روی دمای انتقال شیشه‌ای می‌تواند به عنوان یک عامل مؤثر، درجه پیوستگی را تحت تأثیر قرار دهد. با افزایش رطوبت امکان تشکیل پل‌های مایع بین ذرات بیشتر شده و این امر باعث افزایش درجه پیوستگی و کلوخه‌ای شدن پودر می‌گردد (30، 29). این نتایج مطابق با یافته‌های Quek و همکاران (2007) Goula و Adamopoulos (2010) در مورد پودر آب هندوانه و پرتقال نیز می‌باشد (28، 23).

جدول 4. طبقه بندی پیوستگی پودر بر اساس نسبت هاسنر (HR)(10)

HR	پیوستگی
کمتر از 1/2	کم
1/2-1/4	متوسط
بیشتر از 1/4	زیاد

در این پژوهش بهینه‌یابی فرمولاسیون پودر فوری، با استفاده از طرح مخلوط نشان داد که بهترین فرمولاسیون پودر فوری بر پایه پودر بافت داده شده کنجاله بادام-ذرت، حاوی 69/9 درصد پودر بافت داده شده کنجاله بادام-ذرت، 29/9 درصد شکر و 0/2 درصد استویا بود. این فرمول بهینه دارای نسبت هاسنر 1/01، شاخص کار 15/32درصد، خیس شوندگی13/12ثانیه، پخش شوندگی 64/78 درصد و زاویه ریپوز تخلیه °24/67 است.

• References

1. Pereira MA, Kartashov AI, Ebbeling CB, Van Horn L, Slattery ML, Jacobs DR Jr, et al. Fast-food habits, weight gain, and insulin resistance(the CARDIA study): 15-year prospective analysis. Lancet 2005; 365(9453):36-42.
2. Cannuscio CC, Weiss EE, Asch DA. The contribution of urban food ways to health disparities. J Urban Health 2010; 87(3):381-93.
3. Sturm R, Datar A. Body mass index in elementary school children, metropolitan area food prices and food outlet density. Public Health 2005; 119(12):1059-68.
4. Schubert H. Processing and properties of instant powdered foods. In: Linko P. Malkki Y, Olkku J, Larinkari J ,editors. Food Process Engineering, Vol. 1 Food Processing Systems, Applied Science Publishers, London; 1980: 675–684.
5. Ciobotaru O, Leeb C V, Schuchmann HP. Characterization of Rheological properties For Extruded Instant Powder Of Cereal Base (Starch). Food Technol 2006; X (1): 19-28.
6. Adhikari B, Howes T, Bhandari B, Truong V. In situ characterization of surface stickiness of sugar-rich foods using a linear actuator driven stickiness testing device. J. Food Eng 2003; 58:11–22.
7. Mandalari G, Tomaino A, Arcoraci T, Martoranab M, Lo Turco V, et al. Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (*Amygdaluscommunis* L .).J. Food Comp. Anal 2010; 23: 166-174.
8. Moscicki L, Moster A. Production of breakfast cereals. In: Moscicki L, editors. Extrusion-Cooking Techniques and Applications: Theory and Sustainability. Wiley-VCH Verlag GmbH , Pub. Weinheim, Germany 2011: 65-80.
9. AACC. (2000). Approved Methods of the AACC (10thed). American Association of cereal Chemists, st Paul.
10. Jinapong N, Suphantharika M, Pimon Jamnong P. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. J. Food Eng 2008; 84: 194-205.
11. Shittu TA, Lawal, MO. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. Food Chem 2007; 100: 91-98.
12. Schuck P, Dolivet A, Jeantet R, editors. Analytical Methods for Food and Dairy Powders. 1st ed. John Wiley & Sons, Ltd., Wiley-Blackwell 2012. P.100-150.
13. Fitzpatrick J, Powder properties in food production systems. In: Bhandari B, Bansal N, Zhang Mand Schuck P, editors. Handbook of food powders Processes and properties. 1st ed. Woodhead Publishing Limited. U. K; 2013: 299-322.
14. Kim EHJ, Chen XD, Pearce D. Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property. Colloids and Surf B Biointerfaces 2002; 26: 197-212.
15. Lumay G, Boschini F, Traina K, Bontempi S, Remy J C, Cloots R, Vandewalle N. Measuring the flowing properties of powders and grains. Powder Technol 2012; 224: 19-27.
16. Park DJ, Imm J Y, Kij K H. Improved dispersibility of green tea powder by micro particulation and formulation. J. Food Sci 2001; 66 (6): 793-798.
17. Carić M. Milk powders: Types and manufacture and physical and functional properties of milk powders. In Encyclopedia of dairy sciences , Roginski H , Fuquay J. W, Fox P. F. ,editors. New York: Academic Press 2003; pp. 1869-1880.
18. Belscak-Cvitanovi A, Benkovic M, Komes D, Baruman I, Horzic D, Dujmic F, Matijasec M. Physical Properties and Bioactive Constituents of Powdered Mixtures and Drinks Prepared with Cocoa and Various Sweeteners. J. Agric. Food Chem 2010; 58: 7187-7195.
19. Gui Y, Ryu GH. Effects of extrusion cooking on physicochemical properties of white and red ginseng (powder). J. Ginseng Res 2014; 38: 146-153.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]

20. Wedzicha BL, Kaputo MT. Melanoidins from glucose and glicine-composition. Food Chem 1992; 43: 359-367.

21. Syll O, Khalloufi S, Schuck P. Dispersibility and morphology of spray-dried soy powders depending on the spraying system. Dairy Sci. & Technol 2013; 93. 431- 442.

22. Lee J, Chai C, Park D J, Lim K, Imm J-Y. Novel Convenient Method to Determine Wettability and Dispersibility of Dairy Powders. Korean J. Food Sci. An 2014; 34: (6): 852-857.

23. Quek SY, Chok NK, Swedlund P. The physicochemical properties of spraydried watermelon powders. Chem Eng Process 2007; 46: 386−392.

24. Teunou E, Vasseur J, Krawczyk M. Measurement and interpretation of bulk solids angle of repose for industrial process design. Powder Handl. Process 1995; 7: 1-9.

25. Fitzpatrick J. J, Iqbal T, Delaney C, Twomey T, Keogh MK. Effect of powder properties and storage conditions on the flow ability of milk powders with different fat contents, J. Food Eng 2004; 64 : 435-444 .

26. Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, Cuvelier M. E, Ordonnaud C, Peyrat-Maillard M. N, et al. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. . J. Food Eng 2006; 75: 27-35.

27. Turchiuli C, Fuchs M, Bohin M, Cuvelier M. E, Ordonnaud C, Peyrat-Maillard M .N, et al. , Oil encapsulation by spray drying and fluidized bed agglomeration. Innov Food Sci Emerg Technol 2005; 6: 29-35.

28. Goula AM, Adamopoulos K.G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. Innov Food Sci Emerg Technol 2010; 11: 342-351.

29. Sousa ASD, Borges SV, Magalhaes NF, Ricardo HV, Azavedo AD. Spray Dried Tomato Powder: Reconstitution Properties and Color. Braz Arch Biol Technol 2008; 51(4): 807-817.

30. Zbicinski I, Delag A, Strumillo C, Adamiec J. Advanced experimental analysis of drying kinetics in spray drying. Chem Eng J 2002; 86: 207-216.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]

Optimization of Instant Drink Powder Formulation Based on Almond Meal-Corn Textured Flour

Milani E[1], Hashemi N[2], Mortazavi SA[3],Tabatabai Yazdi F[3], Gazerani S[4]*

1- Corresponding author: Assistant Professor, Dept. of Food Processing, Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran. Email: e.milani@jdm.ac.ir*

2- Young researchers and elite club, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

3- Prof, Dept. of Food Science and Technology Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

4- Graduated PhD Student, Dept. of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

Received 22 Apr, 2017 **Accepted 2 Aug, 2017**

Background and Objectives: In recent years technology development has changed life-style. So the worldwide demand for ready-to-eat food products has been raised dramatically. To decrease the problems of unhealthy diet and modifications of eating habits, it is necessary to produce functional instant foods. This study was carried out to optimize instant drink powder formulation based on almond-corn textured flour.

Materials & Methods: An almond meal-corn flour blend (20:80 ratio) was extruded through a co-rotating twin-screw extruder. Mixture design was used to evaluate the effects of formulation ingredients containing textured flour (65-70%), sugar (25-30%) and stevia (0-5%) on biophysical properties and reconstruction and instant properties powder.

Results: The addition of textured flour has significant positive effects on reconstruction and instant behavior of powder ($P<0.05$). Based on results, optimum formulation for functional instant powder was found to be 69.9 % for almond-corn textured flour, 29.9% for sugar and 0.2% stevia.

Conclusion: The results showed that this instant powder had the highest wettability, very good to excellent flowability and cohesiveness index.

Keywords: Instant powder, Almond meal, Ripoze angle, CI, HR

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15]