



اثر شرایط خشک کردن کف پوشی بر ویژگی های پودر نوشیدنی پرتقالی تهیه شده از پرمیت

آزیتا نعمتی<sup>1\*</sup>، علی معتمدزادگان<sup>2</sup>، جعفر محمدزاده میلانی<sup>2</sup>

1- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

2- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	
تاریخ دریافت: 1400 /11/19	
تاریخ پذیرش: 1401/02/26	
کلمات کلیدی:	
پودر نوشیدنی، خشک کردن کف پوشی، سفیده تخم مرغ، صمغ ریحان.	
DOI: 10.22034/FSCT.19.126.239	
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.19.0	
*مسئول مکاتبات:	
Azita.nemati@yahoo.com	

تولید نوشیدنی پودری به ویژه بر پایه محصولات بومی و با هدف استفاده بهینه از ضایعات یکی از زمینه های تحقیقاتی مورد توجه صنعت غذا می باشد. در این پژوهش اثر شرایط مختلف خشک کردن کف پوشی بر ویژگی های پودر نوشیدنی پرتقالی تهیه شده از پرمیت بررسی شد. به منظور تهیه کف نوشیدنی از سفیده تخم مرغ (4%) و محلول صمغ ریحان (0/2) درصد بر اساس طرح آزمایش استفاده شد و مخلوط مورد نظر با هم زن برقی با بیشترین سرعت به مدت 6 دقیقه همزده شد سپس خشک شدن تحت شرایط تیمارهای مختلف آن با دماهای (45، 65 و 80) °C و میکروویو با توان (360 w، 600 و 900) با دو ضخامت (3 و 5) میلیمتر انجام شد. برخی ویژگی های پودر نوشیدنی تولید شده به روش خشک کردن کف پوشی، از جمله محتوای رطوبت، فعالیت آبی، حلالیت، ظرفیت اتصال آب، آبگیری مجدد پودر، نم گیری، جریان پذیری، تخلخل، pH، رنگ، دمای گذاری شیشه ای، FTIR و ویژگی های حسی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج آماری حاصل از بررسی داده ها نشان داد که دماهای مختلف خشک کردن بر کلیه ویژگی های مذکور در سطح آماری 1 درصد اثر معنی دار داشت. و افزایش دمای خشک کردن و ضخامت کف اثر معنی داری بر خصوصیات پودر نوشیدنی نشان داد و روند افزایشی با افزایش دمای خشک کردن و کاهش ضخامت کف مشاهده شد. طبق نتایج به دست آمده بهترین مدل جهت برازش داده های خشک کردن هوای داغ، مدل ویبل و نمونه های خشک شده با میکروویو مدل میدلی بود.

## 1- مقدمه

تولید نوشیدنی پودری به ویژه بر پایه محصولات بومی و با هدف استفاده بهینه از ضایعات یکی از زمینه های تحقیقاتی مورد توجه صنعت غذا می باشد. پودر نوشیدنی نسبت به نوشیدنی آماده مصرف و در مقایسه با آن از نظر اقتصادی صرفه بالایی دارد که علت آن، کاهش حجم، وزن، سهولت حمل و نقل و کاربری و ماندگاری بالاتر می باشد. علاوه بر این حالت فیزیکی پودر سبب می شود که بتوان از آن به عنوان یک ترکیب پایدار طبیعی و آسان از نظر کاربری، در بسیاری از محصولات غذایی و دارویی و بهداشتی استفاده نمود [1].

یکی از متداولترین و قدیمی ترین روش های نگهداری مواد غذایی، فرآیند خشک کردن یا آب زدایی است. در این روش، ابتدا ماده غذایی مایع یا شبه مایع با افزودن ترکیبات کف زا و پایدار کننده کف و سپس فرایند ایجاد کف، به صورت کف نسبتاً پایداری متناسب با زمان فرایند خشک کردن درآمده و سپس خشک می شود. تولید پودر با حلالیت مطلوب و حفظ میزان آنتوسیانین ها و ظرفیت آنتی اکسیدانی بالا به ویژه در رابطه با میوه ها و سبزی ها از اهمیت بالایی برخوردار است [2].

اخیرا تقاضا برای هیدروکلوئیدها با خواص عملکردی ویژه افزایش یافته است، بنابراین یافتن منابع جدید صمغ های گیاهی با خواص مناسب جهت استفاده در صنعت اهمیت ویژه ای دارد و محققان صنعت غذا همواره به دنبال یافتن منابع جدید پلی ساکارید می باشند.

ریحان با نام علمی (*Ocimum basilicum*) از تیره ی نعنائیان می باشد. دانه ریحان حاوی مقادیر زیادی هیدروکلوئید با خواص رئولوژیکی قابل توجه است که آن را با سایر هیدروکلوئیدهای تجاری قابل مقایسه نموده است. دانه این گیاه حاوی یک ساختار هتروپلی ساکاریدی شامل گلوکومانان، زایلان و گلوکان می باشد. صمغ دانه ریحان جز صمغ های آنیونی با  $pH = 7/78$  طبقه بندی می شود. این صمغ حاوی 63/79 درصد کربوهیدرات و 32/1 درصد پروتئین می باشد. گلوکز، گالاکتوز و مانوز به ترتیب 6/29، 1/16، 9/8 درصد عمده ترین قندهای تشکیل دهنده و پتاسیم با 64/2 درصد عمده ترین یون موجود در این صمغ می باشد [3].

آلبومین جز اصلی پروتئین سفیده بوده و وزن مولکولی آن در حدود 42/7 کیلو دالتون می باشد. از این پروتئین به دلیل

ویژگی های امولسیفایری و تولید کف به صورت گسترده در صنعت غذا استفاده می شود [4].

برتری فرایند خشک کردن کف پوشی شامل سادگی، خشک شدن سریع در دماهای پایین تر، فراوری کم هزینه تر در مقایسه با خشک کردن مواد غیر کفی، حفظ کیفیت تغذیه ای و حسی می باشد. از دیگر مزایای این روش می توان به مناسب بودن برای همه انواع مواد غذایی مایع، نیمه مایع، مواد حساس به حرارت، چسبنده و ویسکوز اشاره کرد. سرعت خشک کردن بالا به دلیل افزایش سطح مواد توسط ترکیب هوا و گاز و تشکیل ساختار متخلخل می باشد پودرهای خشک شده به راحتی جذب آب کرده، بازسازی می شوند در تولید محصولات هم چون چاشنی غذا، سوپ، پودر سس، اسنک، دسر، غذای کودک مورد استفاده قرار می گیرند [5 و 6].

شهیدی و همکاران در سال 1394 به بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی پودر انار تولید شده با روش خشک کردن کف پوشی در سه دمای (50، 60 و 70) درجه سانتی گراد پرداختند. حلالیت پودر تولید شده در دمای 60 درجه سانتی گراد بیش تر از پودرهای تولید شده در دمای 50 و 70 درجه سانتی گراد و دمای گذار شیشه ای پودر حاصل در دمای 70 درجه سانتی گراد بالاتر از سایر دماها گزارش شد که نشان دهنده پایداری بیشتر این پودر در مدت زمان انبارمانی می باشد. همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی پودر با افزایش دمای خشک کردن افزایش یافت [7].

آفندی و همکاران در سال 2017 به بررسی پودر نوشیدنی (*Nigella Sativa*<sup>1</sup>) با روش کف پوشی پرداختند، به این منظور مقادیر مختلف سفیده تخم مرغ (2/5، 8/75 و 15 % w/w) و متیل سلولز (0/5، 1 % w/w) و زمان هم زدن 2 و 5 و 8 دقیقه و ضخامت کف 1، 2 و 3 میلی متر و دمای خشک کردن 70-50 درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، شرایط بهینه فرایند برای نمونه کف تهیه شده با 15% سفیده تخم مرغ و 0/69% متیل سلولز و زمان زدن 8 دقیقه و ضخامت 2 میلی متر در دمای 60 درجه سانتی گراد می باشد [8].

در این پژوهش اثر شرایط مختلف خشک کردن کف پوشی تحت شرایط تیمارهای مختلف آن و مایکروویو با دو ضخامت (3 و 5) میلیمتر بر ویژگی های پودر نوشیدنی پرتقالی تهیه شده از پرمیت بررسی شد.

## 2- مواد و روش ها

### 2-1- مواد مورد استفاده

مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش شامل کنسانتره پرتقال (شرکت نوش مازندران)، پودر پرمیت (کارخانه کاله آمل)، دانه ریحان، پودر سفیده تخم مرغ و شکر از فروشگاه در ساری تهیه شد.

تجهیزات مورد استفاده شامل همزن برقی خانگی مدل (GOSONIC, GHM-818، چین)، ترازوی دیجیتال (مدل HS-300S، آلمان) با دقت 0,001 pH متر (مدل CP-511، لهستان)، آب میوه گیری پارس خزر (مدل JC-700P)، همزن مغناطیسی (مدل MS300HS) می باشد.

### 2-2- استخراج صمغ

دانه ریحان تهیه و به روش غربالگری ناخالصی های دانه حذف شد. برای استخراج صمغ ابتدا دانه ریحان درون آب مقطر با pH برابر 7 و نسبت آب به دانه برابر 30 به 1 قرار داده شد. pH با استفاده از سود 0/1 نرمال تنظیم شد. جدا شدن صمغ از دانه ها با استفاده از آب میوه گیری انجام شد. و در فریزر در دمای 20- درجه سانتی گراد نگهداری و توسط فریز درایر (VaCo 5, Zirbus technology، آلمان) در دمای 50 ° C به مدت 24 ساعت خشک شده و بعد از انجام آسیاب به منظور انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. محلول صمغ با اضافه کردن مقادیر لازم از پودر صمغ به صورت وزنی -وزنی به آب مقطر جهت ایجاد غلظت 2 درصد و مخلوط کردن توسط همزن مغناطیسی انجام شد. پس از آن محلول صمغ به مدت 18-24 ساعت جهت انجام هیدراسیون کامل مولکول های صمغ در دمای یخچال (4 درجه سانتی گراد) نگهدار شد. جهت ممانعت از خروج رطوبت، درب ظرف به طور کامل توسط فویل آلومینیوم پوشانده شد.

### 2-3- آماده سازی نوشیدنی

فرمولاسیون نوشیدنی مورد استفاده شامل پرمیت و کنسانتره پرتقال و شکر و آب هر کدام بر حسب بریکس و نسبت وزنی/وزنی مشخص تا رسیدن به بریکس نهایی 12 با درصد مشخص توزین و تا حل شدن کامل ترکیبات توسط همزن مغناطیسی اختلاط گردید [9].

### 2-4- آماده سازی نمونه های کف

طبق طرح آزمایش مقادیر مورد نظر از سفیده تخم مرغ (4%) و محلول صمغ ریحان (0/2) درصد به نوشیدنی پرتقالی افزوده شده و سپس مخلوط مورد نظر با هم زن برقی با بیشترین سرعت در دمای محیط به مدت 6 دقیقه هم زده شد. خشک کردن در شرایط تیمارهای مختلف آون با دماهای (65, 45 °C) و (80) و مایکروویو با توان (360 W، 600 و 900) با دو ضخامت (3 و 5) میلیمتر انجام شد.

### 2-5- ارزیابی ویژگی های پودر نوشیدنی

#### 2-5-1- محتوای رطوبت

نمونه در پلیت هایی که از قبل در آون به وزن ثابت رسیده و توزین شده اند، ریخته شد و سپس پلیت ها در آون در دمای 105 درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفت. پس از آن نمونه ها تا سرد شدن در داخل دسیکاتور قرار گرفتند. در ادامه نمونه ها وزن شدند و محتوی رطوبتی از روی اختلاف وزن بین نمونه قبل و بعد از فرآیند خشک کردن محاسبه و بر حسب ماده خشک بیان شد (AACC, 2000). به منظور بررسی روند کاهش رطوبت نمونه در فواصل زمانی معین از خشک کن خارج شدند و افت وزن آن ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت (0,01 گرم) اندازه گیری شد. خشک کردن تا زمانی که تغییرات وزن نمونه ها در دو تا سه توزین متوالی بسیار کم و تقریباً ثابت شود ادامه پیدا کرد [10]. به منظور پیدا کردن مناسب ترین مدل خشک کردن در طول آزمایش در جریان فرآیند نمودار تغییرات رطوبت بر حسب زمان برای یک دمای ثابت و توان مشخص رسم شد.

#### 2-5-2 - فعالیت آبی

فعالیت آبی پس از کالیبره کردن دستگاه (Novasina) model: lab swift-aw اندازه گیری شد. نمونه های پودر در سل دستگاه قرار داده شد و فعالیت آبی آن پس از 30 دقیقه و ثابت ماندن در دمای محیط ( $24,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) قرائت شد.

#### 2-5-3 - حلالیت

یک گرم از نمونه در 100 میلی لیتر آب مقطر در دمای 25 درجه سانتی گراد حل شد سپس به مدت 10 دقیقه با قرار دادن بر روی استیرر هم زده و همچنین توسط سانتریفوژ با دور 4000 به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ می گردد. سپس 25 میلی لیتر از آن در آون با دمای 105 درجه سانتی گراد قرار داده شد. محلول رویی تا رسیدن به وزن ثابت تبخیر و سپس

قابلیت جریان یافتن پودر توسط شاخص کار و نسبت هونسر از طریق روابط زیر محاسبه گردید.

$$\text{CI} = \rho T - \rho B / \rho T \times 100 \quad \text{رابطه (6)}$$

$$\text{HR} = \rho T / \rho B \quad \text{رابطه (7)}$$

در این روابط،  $\rho B$  دانسیته توده ای و  $\rho T$  دانسیته ضربه ای می باشد [12].

### 2-5-8-pH

ابتدا نمونه ها به نسبت 1 به 10 با آب مقطر مخلوط گردید و سپس pH محلول ها با استفاده از pH متر اندازه گیری شد [14].

### 2-5-9-رنگ سنجی

بررسی رنگ با استفاده از تکنیک پردازش تصویر انجام صورت گرفت. تصویر گیری از نمونه ها با استفاده از دستگاه (IMG-Pardazesh) انجام شده و تصاویر در مرحله بعد از تصویر پس زمینه جدا سازی شد و سپس با استفاده از پلاگین تبدیل کننده فضای رنگی تحت نرم افزار Image J به  $L^* a^* b^*$  تبدیل گردید. پس از تبدیل تصویر به فضای رنگی  $L^* a^* b^*$  محاسبه میانگین برای هر مؤلفه انجام شد [14].

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{رابطه (9)}$$

$$\frac{b}{a} \text{Hue angle} = \tan^{-1} \quad \text{رابطه (10)}$$

$$\text{رابطه (11)}$$

$$\text{TCD} = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

### 2-5-10-دمای گذار شیشه ای

برای اندازه گیری دمای گذار شیشه ای از دستگاه کالریمتر روشی افتراقی (400-Ci Sanaf, Iran) استفاده شد. دستگاه توسط ایندیوم در یک پن آلومینیوم کالیبره گردید. پس از کالیبراسیون 15 میلی گرم از نمونه در داخل پن نمونه ریخته شد. یک پن آلومینیوم خالی به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گرفت. از گاز نیتروژن با جریان ثابت 30 میلی لیتر بر دقیقه استفاده شد. دمای گذار شیشه ای در محدوده دمایی 23 تا 200 درجه سانتی گراد با سرعت حرارت دهی 10 درجه سانتی گراد بر دقیقه انجام گردید. و در نهایت از ترموگرام به دست آمده برای اندازه گیری دمای گذار شیشه ای استفاده شد [15].

### 2-5-11-FTIR

مواد جامد باقی مانده بعد از خشک شدن توزین گردید و برای محاسبه میزان حلالیت از فرمول زیر استفاده شد [7].

$$S = m_2 - m_1 / 0.25 \quad \text{رابطه (2)}$$

$M_1$ : وزن پلیت خالی و  $M_2$ : وزن پلیت حاوی نمونه بعد از رسیدن به وزن ثابت.

### 2-5-4-ظرفیت اتصال آب

4 گرم از نمونه در سی میلی لیتر آب مقطر در درون لوله فالکون های 50 میلی لیتری توزین شده سپس به مدت 4 دقیقه ورتکس گردید و سپس در سانتریفوژ با دور 4000 به مدت 20 دقیقه قرار داده شد. لایه رویی شفاف تر دور ریخته شده و تا حد ممکن لایه آب خارج گردید و فالکون مجدداً توزین شد. ظرفیت اتصال آب طبق فرمول زیر قابل محاسبه شد

$$\text{WBC} = A - B / C \quad \text{رابطه (3)}$$

$A$  = مقدار آب اضافه شده به پودر نوشیدنی قبل از سانتریفوژ بر حسب گرم

$B$  = مقدار آب خارج شده از پودر نوشیدنی بعد از سانتریفوژ بر حسب گرم

$C$  = وزن نمونه بر حسب گرم

### 2-5-5-آبگیری مجدد پودر

مقدار 5 گرم نمونه در 50 میلی لیتر آب مقطر به مدت 60 دقیقه غوطه ور شده و پس از فیلتر کردن، با استفاده از معادله زیر میزان آبگیری مجدد نمونه ها محاسبه شد [8].

$$\text{Rehydration} = W_2 / W_1 \quad \text{رابطه (4)}$$

در این معادله  $W_2$  وزن ماده تخلیه شده و  $W_1$  وزن ماده خشک شده بر حسب گرم می باشد.

### 2-5-6-نم گیری

برای اندازه گیری میزان نم گیری پودرهای تولید شده، 1 گرم از پودر نمونه ها درون ظرف غیر قابل نفوذ به رطوبت، حاوی محلول اشباع کلرید سدیم (RH=75%) در دمای 25 درجه سانتی گراد قرار داده شد. پس از یک هفته و رسیدن به وزن ثابت، از معادله زیر میزان نم گیری نمونه ها محاسبه گردید [11].

$$\text{رابطه (5)}$$

$$\text{Hygroscopicity} = \Delta m / (m + m_1) / 1 + (\Delta m / m)$$

$\Delta m$ : افزایش وزن پودر،  $m$ : جرم اولیه پودر

### 2-5-7-جریان پذیری پودر

ارزیاب توزیع گردید. برای هر سؤال 5 گزینه به عنوان پاسخ در نظر گرفته شد که شامل ارزیابی رنگ، عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی بود [17].

## 2-6- آنالیز آماری

به منظور مقایسه میانگین نمونه ها با هم طرح کاملاً تصادفی با روش آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) در نرم افزار SPSS استفاده شد. طرح فاکتوریل و آزمون چند دامنه ای دانکن ( $P < 0/05$ ) برای تعیین اختلاف بین مقادیر میانگین و برای ترسیم شکل ها از اکسل 2007 استفاده شد. مدل سازی ستیک خشک کردن به وسیله نرم افزار متلب انجام شد.

## 3- نتایج و بحث

### 3-1- رطوبت

نتایج ارزیابی میزان رطوبت نمونه های تولیدی در شکل (1) آورده شده است. نتایج نشان می دهد سطوح متفاوت حرارت بر میزان رطوبت دارای اثر معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) بود. نمونه های دارای ضخامت 5 میلی متر در مقایسه با نمونه های دارای ضخامت 3 میلی متر از رطوبت بالاتری برخوردار بودند. زیرا به دلیل پایین بودن نرخ انتقال حرارت در ضخامت های بالاتر و احتمالاً فروپاشی ساختار کف از خروج رطوبت جلوگیری می شود.

در این روش از تابش فروسرخ برای تعیین ویژگی های شیمیایی هر نمونه استفاده شد. وقتی پرتو فروسرخ به یک نمونه برخورد می کند هر یک از حالت های پیوندهای شیمیایی (انبساط، انقباض و خمش) موجب جذب نور فروسرخ در یک طول موج معین می شود. از روی طیف FTIR می توان انواع پیوندهای شیمیایی، فیزیکی و بر همکنش های بین ترکیبات را بررسی و شناسایی کرد. طیف FTIR توسط طیف سنج Cary 630, Agilent (Technologies Incs., Danbury, C, USA) اندازه گیری شد. در این آزمون حدود 2 میلی گرم نمونه در یک هاون از جنس عقیق به صورت یک پودر کاملاً نرم تبدیل و سپس حدود 10 میلی گرم پودر برمید پتاسیم به آن افزوده شد، این مخلوط کاملاً همگن شد و به کمک یک قالب مخصوص و با فشار حدود 10 تن به شکل یک قرص بسیار نازک شفاف درآورده شد. این قرص در محفظه دستگاه قرار داده شد و با بزرگ نمایی 400 تا  $400\text{cm}^{-1}$  و رزولوشن  $2\text{cm}^{-1}$  اسکن شد و نتایج ارزیابی گردید [16].

### 2-5-2- ارزیابی حسی

از هر یک از نمونه های پودر، نوشیدنی تهیه و به منظور آزمایش حسی، 10 پانلیست انتخاب شدند و ارزیابی حسی نمونه ها انجام گردید. عدد (1) مربوط به نمونه با کمترین امتیاز حسی و عدد (5) مربوط به نمونه با بیشترین امتیاز حسی می باشد. بدین ترتیب که پرسشنامه هایی تهیه و بین تیم

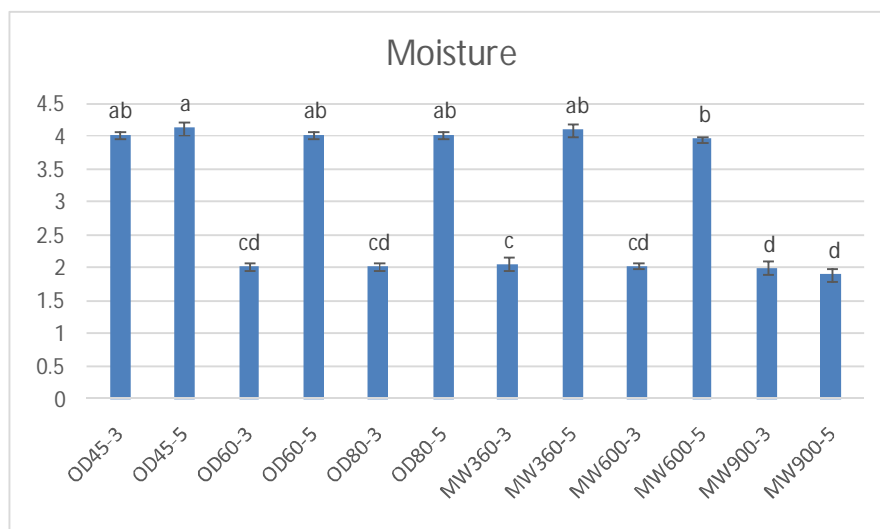


Fig 1 Effect of drying condition on moisture of foam mat dried orange beverage powder.

پودر را کاهش می دهد و سطح بیشتری را جهت تماس با آب هنگام بازسازی فراهم می کند. در صورت بالا بودن رطوبت پودرهای غذایی امکان تغییرات فیزیکی نامطلوب افزایش می یابد و به موجب آن افزایش دانسیته و کاهش جریان پذیری و حلالیت پودرها حاصل می گردد. کولاوول و همکاران (2010) و کادام و بلاسوبرامانیان (2011) به ترتیب بر روی پودر موز و گوجه فرنگی نتایج مشابهی را گزارش نمودند [5 و 20]. تغییرات کاهش رطوبت طی فرآیند خشک کردن در شکل (2 و 3) نشان داده شده است.

افزایش میزان ولتاژ میکروویو و درجه حرارت آون به دلیل حرارت بالاتری که ایجاد می کند و با افزایش دما سرعت انتقال حرارت به ذرات در طی زمان خشک کردن افزایش یافته و ذرات نهایی رطوبت بیشتری را از دست می دهند. بنابراین با افزایش درجه حرارت از میزان رطوبت کاسته شد. کمترین میزان رطوبت در نمونه با ضخامت 3، 5 میلی متر و ولتاژ 900 میکروویو بود. محتوای رطوبتی عامل مهمی بر میزان پایداری پودر نهایی است. دامنه مطلوب رطوبت برای نمونه های پودری کمتر از 5 درصد می باشد. رطوبت کمتر چسبندگی

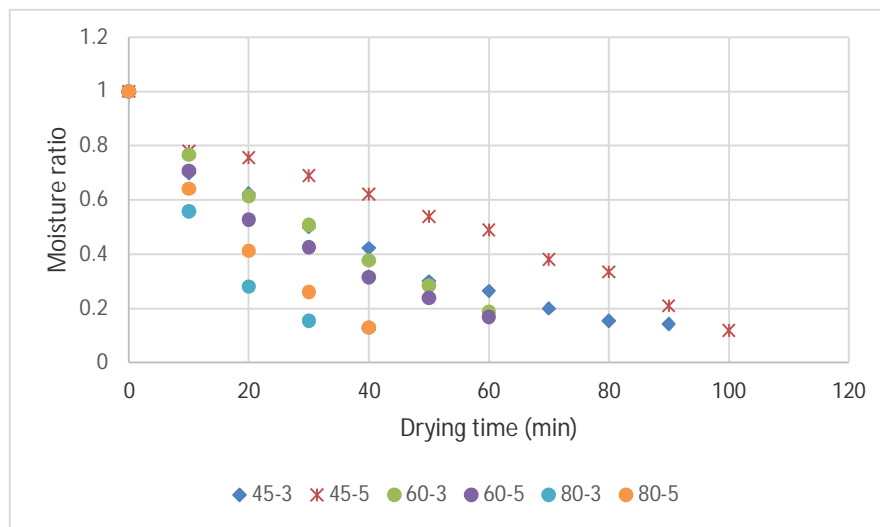


Fig 2 Effect of foam thickness and temperatures on moisture ratio.

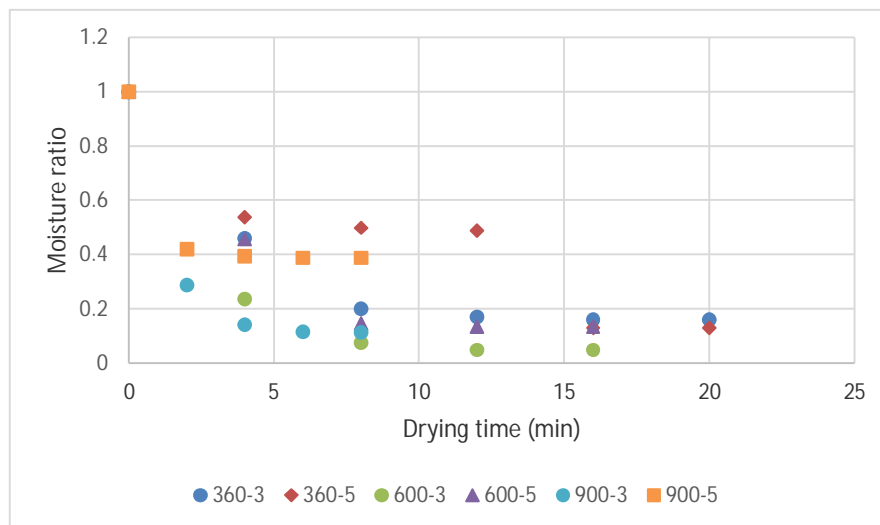


Fig 3 Effect of foam thickness and microwave power on moisture ratio.

است [21]. طبق نتایج به دست آمده بهترین مدل جهت برازش داده های خشک کردن هوای داغ، مدل ویبل و نمونه های خشک شده با مایکروویو مدل میدلی بود نتایج حاصل در جدول (1 و 2) نشان داده شده است.

محتوی رطوبت نمونه ها با افزایش درجه حرارت آون و میزان توان مایکروویو کاهش پیدا می کند همچنین افزایش ضخامت کف سبب افزایش مدت زمان خشک کردن می گردد. این یافته ها موافق با نتایج دهقان نیا و همکاران (2018)

**Table 1** Constants and statistic parameters obtained from weibull distribution model for all drying processes.

Thickness (mm)	Temperature /°C	SSE	R <sup>2</sup>	Adj-R <sup>2</sup>	RMSE	k	n
3	45	0.05299	0.9829	0.9786	0.1151	43.3	0.8796
	60	0.0042	0.9961	0.9951	0.0324	81.48	1.044
	80	0.003197	0.9985	0.9981	0.02827	65.42	1.254
5	45	0.1295	0.9581	0.9476	0.1799	69.71	2.048
	60	0.002429	0.9982	0.9978	0.02464	67.91	0.9039
	80	0.001933	0.9979	0.9973	0.02199	89.53	1.1

**Table 2** Constants and statistic parameters obtained from Midilli distribution model for all drying processes.

Thickness (mm)	Microwave power/W	SSE	R <sup>2</sup>	Adj-R <sup>2</sup>	RMSE	k	n	b	a
3	360	0.08359	0.9656	0.8623	0.2891	0.9318	0.4978	0.8879	0.3024
	600	0.02132	0.9685	0.8741	0.4618	0.1731	0.5354	0.03228	4.487
	900	0.03821	0.9888	0.9552	0.1955	0.9199	0.6862	0.8041	0.1759
5	360	0.4236	0.8113	0.7484	0.3758	0.2456	1.096	0.1768	0.8092
	600	0.2294	0.9307	0.7227	0.4789	0.8727	0.8095	0.2325	0.6916
	900	0.003633	0.9947	0.9787	0.06028	0.821	0.1987	0.8314	0.01476

مناسب و عدم جذب رطوبت، دارای زمان ماندگاری بالایی خواهد بود [22]. در در دمای بالای آون و توان بالای مایکروویو میزان فعالیت آبی یکسان مشاهده شد و کمترین میزان فعالیت آبی در نمونه با دمای آون 45 درجه سانتی گراد نشان داده شد بنابراین افزایش زمان خشک کردن سبب کاهش فعالیت آبی شد. به دلیل باز شدن و تغییر ساختار پروتئین ها توانایی نگهداری آب باند شده آن ها کاهش می یابد که خود بر کاهش فعالیت آبی پودر تأثیر گذار است [23]. کراسایی کوپت و همکاران در سال 2012 در پژوهش خود بر روی تولید پودر ماست با استفاده از خشک کردن کف پوشی به نتایج متفاوتی دست یافتند [24]. مقادیر فعالیت آبی پودرها در این مطالعه کم تر از 0/22 بود. لذا می توان پودرها را از نظر میکروبی طی نگهداری پایدار دانست (شکل 4).

### 2-3- فعالیت آبی

فعالیت آب یا میزان آب در دسترس برابر نسبت فشار بخار آب در ماده غذایی به فشار بخار اشباع شده در همان درجه حرارت می باشد. با توجه به اینکه آب از مهم ترین عوامل فساد میکروبی، آنزیمی و شیمیایی در مواد غذایی می باشد، کاهش و کنترل فعالیت های آب روش بسیار مؤثری برای افزایش زمان ماندگاری و جلوگیری از واکنش های نامطلوب در مواد غذایی می باشد. وجود ساختار متخلخل در کف و خروج قسمت اعظم آب آزاد طی فرآیند خشک کردن و حضور صمغ با خاصیت هیدروفیلی بالا از دلایل اصلی پایین بودن مقدار فعالیت آب در پودرهای نوشیدنی می باشد. از آن جا که اغلب واکنش های میکروبی، شیمیایی و آنزیمی در فعالیت آب کمتر از 0/6 متوقف می شوند می توان اظهار داشت که پودر تهیه شده به روش خشک کردن کف پوشی در صورت نگهداری

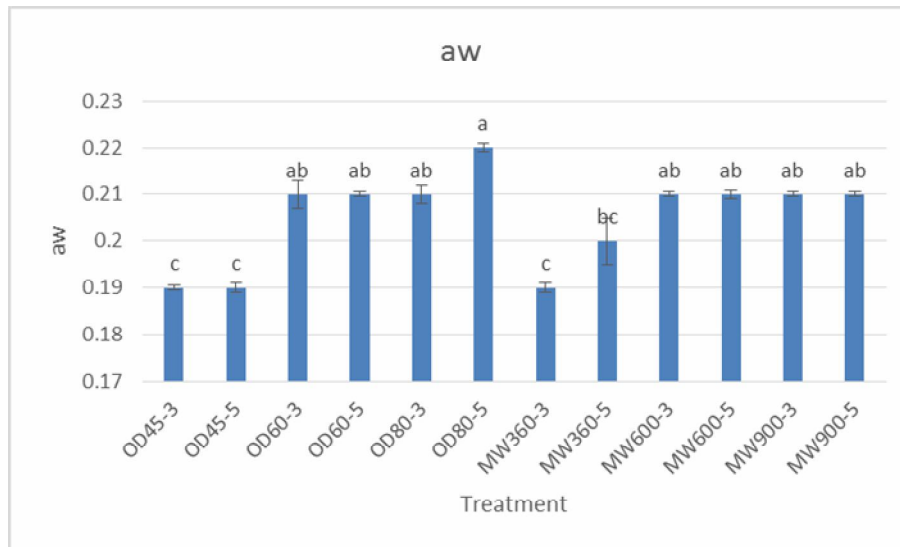


Fig 4 Effect of drying condition on water activity of foam mat dried orange beverage powder.

### 3-3-3-3 حلالیت

بازجذب آب شامل فرآیندهای مختلفی است که به طور همزمان در حال وقوع هستند. این فرآیندها شامل نفوذ آب به درون ذرات جامد، انتقال مایع از حفرات و نفوذ به ماتریکس جامد، تورم ذرات جامد و در نهایت پخش شدن ذرات به درون مایع می باشد. بازجذب آب در مورد پودرها یک فرآیند مهم تلقی می گردد، زیرا اکثر پودرها قبل از مصرف در آب یا یک سیستم آبی حل می شوند. خصوصیات مطلوب در بازجذب آب پودر منجر به تر شدن و پخش شدن سریعتر پودر می گردد. بازجذب آب ضعیف پودر برای تولیدکنندگان منجر به افزایش زمان فرآوری، هزینه های تولید و کیفیت پایین محصول می گردد. مطابق شکل (5) بررسی اثر دمای خشک کردن بر میزان حلالیت پودر نوشیدنی نشان داد که دمای خشک کردن به طور معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) بر میزان حلالیت پودرهای حاصل مؤثر است. افزایش دما سبب افزایش حلالیت نمونه های پودر نوشیدنی شد. نمونه هایی با ضخامت 3 میلی متر حلالیت بیشتری نشان دادند. بنابراین به نظر می رسد افزایش ضخامت کف نوشیدنی پرتقال به دلیل تأثیر آن در افزایش زمان خشک شدن، باعث کاهش حلالیت می شود. در ولتاژ 900 مایکروویو با افزایش دمای خشک کردن در نمونه با ضخامت بیشتر به دلیل تغییر ساختار هیدروفیل کربوهیدرات ها و یا دنا توره شدن پروتئین حلالیت کاهش یافت.

طبق تحقیق افندی و همکاران (2017) در کف پوشی سیاه دانه مشخص شد که با افزایش دما، حلالیت پودر نیز افزایش یافت.

آن ها افزایش تخلخل ناشی از افزایش دما را علت این امر دانستند. تخلخل بیشتر باعث ایجاد ناحیه سطحی بیشتر در پودرها شده که این امر منجر به افزایش سطح تماس بین پودر و آب می شود [10 و 25]. افزایش دما موجب کاهش نیروهای بین ذره ای پودر و میزان پیوستگی پودر می گردد. با کاهش پیوستگی، فضای بین ذرات پودر افزایش می یابد. این امر موجب جذب سریعتر و بیشتر آب می گردد [26]. افزایش دما به حفظ بهتر حباب ها تا انتهای خشک کردن و در نتیجه افزایش تخلخل و حلالیت کمک می کند [27].

### 3-4-3-4 ظرفیت اتصال آب

قابلیت جذب آب یکی از مهم ترین ویژگی های پودر و بیانگر توانایی پودر در جذب و نگهداری آب بر خلاف نیروی جاذبه می باشد و به ترکیب شیمیایی پودر نظیر میزان پروتئین، رطوبت و کربوهیدرات، حالت فیزیکی آن نظیر شکل و اندازه ذرات، خواص سطحی، ریز ساختار و وجود مواد افزودنی بستگی دارد [28]. صمغ ها به دلیل دارا بودن طبیعت هیدروفیل از عوامل مهم جذب آب در پودر نوشیدنی تهیه شده به روش کف پوشی می باشند. در شکل (6) ظرفیت اتصال آب نمونه های پودر نوشیدنی نشان داده شده است. بررسی ها نشان داد که دمای خشک کردن به طور معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) بر میزان ظرفیت اتصال آب پودرهای حاصل مؤثر است. نمونه های با ضخامت 3 میلی متر ظرفیت اتصال آب بالاتری را نشان دادند. افزایش دمای خشک کردن در ابتدا قابلیت جذب آب پودر تهیه شده افزایش و سپس به علت دنا توره شدن پروتئین



کمترین مقدار آن در نمونه با ضخامت 5 میلی متر و ولتاژ 900 مایکروویو بود.

ها و قرار گرفتن گروه های آبگریز در سطح پروتئین قابلیت جذب آب در دماهای بالای خشک کردن کاهش می یابد. ظرفیت اتصال آب در دمای خشک شدن بالا کاهش می یابد و

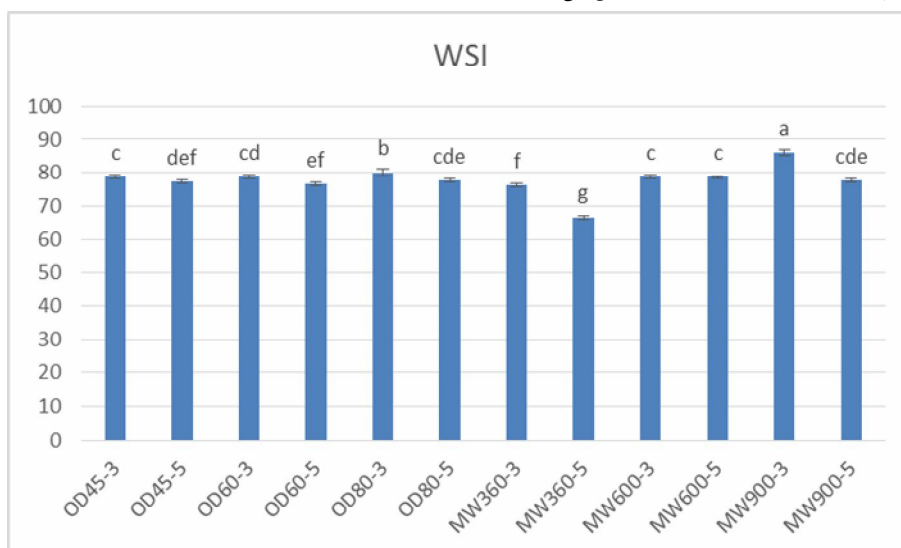


Fig 5 Effect of drying condition on solubility of foam mat dried orange beverage powder.

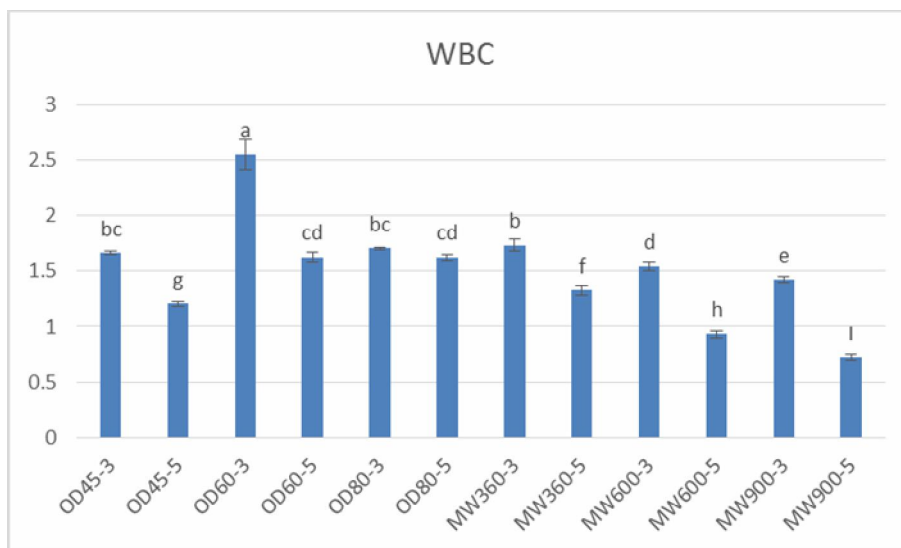


Fig 6 Effect of drying condition on water binding capacity of foam mat dried orange beverage powder.

آب می گردد. کاهش انرژی سطحی آب منجر به کاهش پیوستگی بین مولکول های آب شده و در نتیجه نفوذ سریعتر آب در سطح ذرات پودر می گردد. نتایج ارزیابی میزان آبگیری مجدد پودر نمونه های تولیدی در شکل (7) آورده شده است. نتایج نشان می دهد سطوح متفاوت حرارت بر میزان آبگیری مجدد پودر دارای اثر معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) بود. در دماهای بالای خشک کردن روند کاهشی مشاهده شد که آسیب به ساختار کربوهیدرات و پروتئین یکی از دلایل آن می تواند

### 3-5 آبگیری مجدد پودر

ترشوندگی معیاری از نفوذ آب از طریق نیروهای موئینه به درون توده پودر می باشد. اغلب ترشوندگی برابر با زمان مورد نیاز برای تر شدن کامل سطح ذرات پودر در نظر گرفته می شود [29] افزایش دما منجر به کاهش نیروهای بین ذره ای پودر و شکستن اتصالات مکانیکی بین ذرات و در نتیجه کاهش زمان تر شدن پودر می گردد. علاوه بر این افزایش دما منجر به تغییر در خصوصیات آب نظیر ویسکوزیته و انرژی سطحی

باید بتوانند به راحتی در آب حل یا پراکنده شوند بدون این که کلوخه ای تشکیل شود [30].

باشد. در اغلب پودرهای غذایی آبرگیری مجدد مهم است، این بدین معنی است که پودرها باید بتوانند در کوتاه ترین زمان مرطوب شوند و کمتر شناور بمانند. در کنار این موارد، پودرها

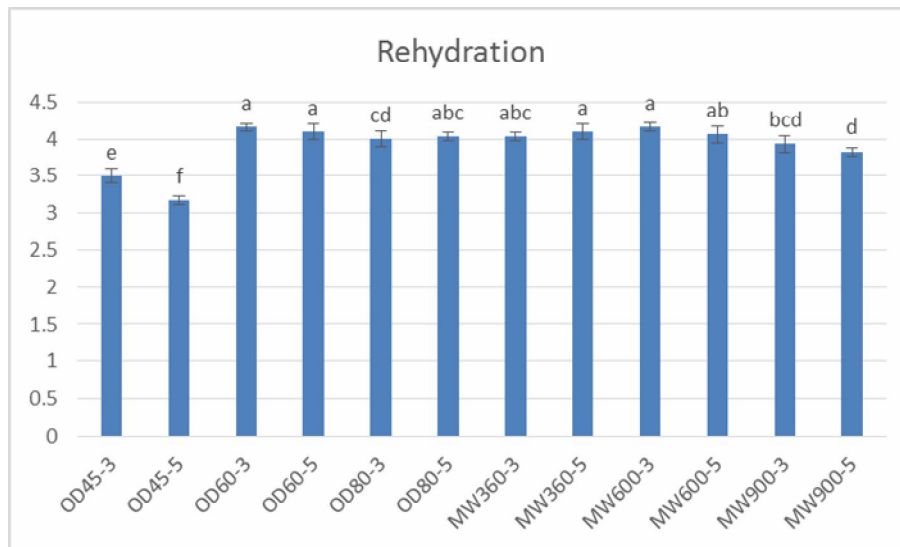


Fig 7. Effect of drying condition on rehydration of foam mat dried orange beverage powder.

در شکل (8) میزان هیگروسکوپی نمونه های پودر نوشیدنی نشان داده شده است. بررسی ها نشان داد که دمای خشک کردن به طور معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) بر میزان جذب رطوبت در پودرهای حاصل مؤثر است.

### 3-6 هیگروسکوپی

جاذب الرطوبگی توانایی جذب آب در رطوبت نسبی بالا را نشان می دهد. افزایش دما منجر به تولید پودری با قابلیت جذب رطوبت بیشتر گردید. هر چه رطوبت محصول کمتر باشد تمایل برای جذب رطوبت نیز افزایش خواهد یافت [31].

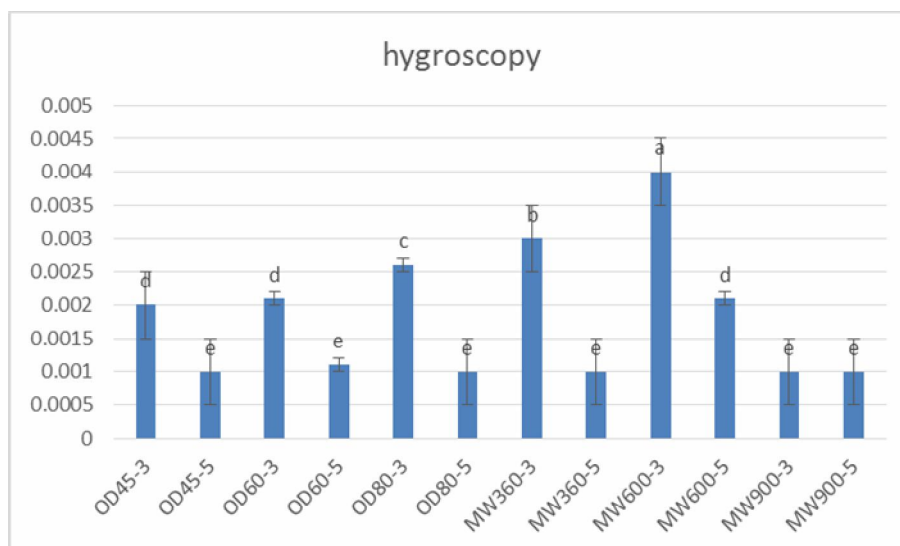


Fig 8 Effect of drying condition on hygroscoy of foam mat dried orange beverage powder.

آب بیشتری می گردد. محصولی که ذرات ریزتری دارد سطح

هر چه سایز ذرات کوچکتر باشد، ناحیه سطحی که در معرض محیط قرار می گیرد بیشتر می شود، بنابراین منجر به جذب

ضعیف تر می شود. پیوستگی پودر با نسبت هانسر (HR) قابل محاسبه می باشد، که به عنوان معیاری جهت سنجش انتقال حالت، از جریان پذیری آزاد به سمت چسبندگی پودرها است. با پایش این فاکتور امکان پیش بینی نقاط نسبتاً پایدار عملیات و فرآوری بر حسب اندازه ذرات و رطوبت نسبی، میسر می شود. مقادیر شاخص کار و نسبت هانسر پودرهای نوشیدنی در شکل (9 و 10) نشان داده شده است. سطوح متفاوت حرارت بر میزان جریان پذیری پودر دارای اثر معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) بود. یافته‌ها نشان داد که کمترین مقدار شاخص کار به نمونه با ضخامت 3 میلی‌متر و ولتاژ 900 اختصاص داشت که نشان‌دهنده جریان‌پذیری عالی پودر است.

تماس بیشتری دارد و بنابراین تعداد جایگاه های فعال برای جذب آب افزایش می یابد [32].

### 3-7 جریان پذیری پودر

این ویژگی جهت تسهیل در جابجایی، فرایند کردن و کاربرد نهایی فرآورده 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 (CI) سنجیده می شود و این شاخص با قابلیت جریان رابطه معکوس دارد، به طوری که هر چه شاخص کار پودر افزایش یابد قابلیت جریان پذیری پودر

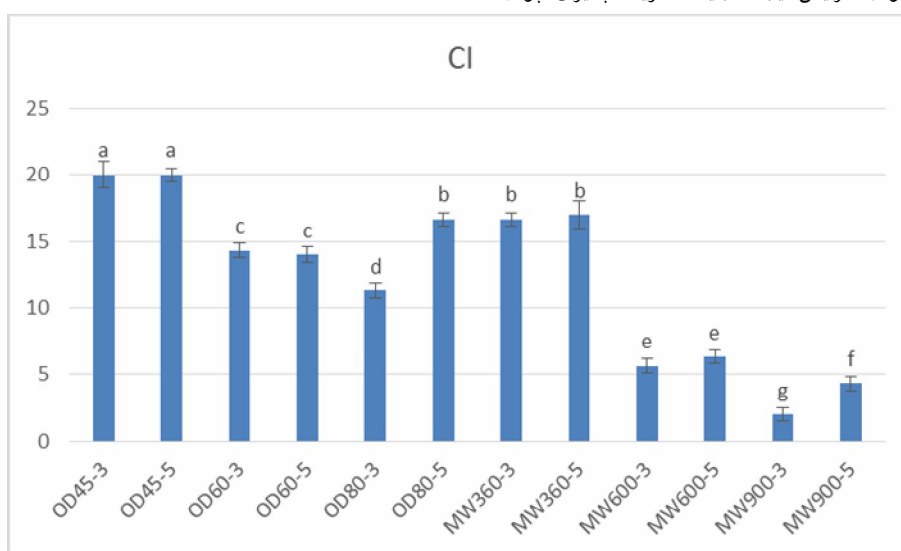


Fig 9 Effect of drying condition on carr index of foam mat dried orange beverage powder.

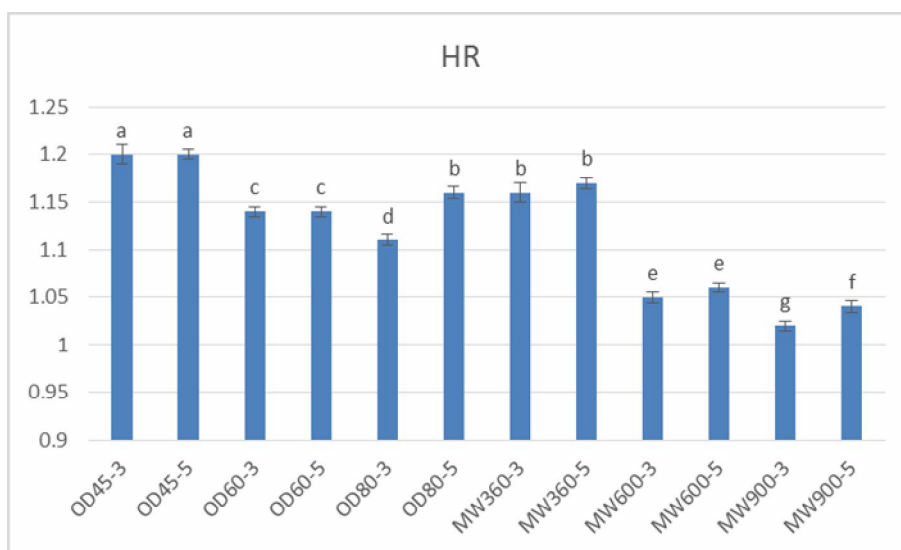


Fig 10. Effect of drying condition on haunser ratio of foam mat dried orange beverage powder.

کاهش چشمگیری پیدا می کند. دانسیته توده معیاری برای سنجش خصوصیات فشرده شدن مواد جامد ذره ای است و این معیار نشان دهنده ی میزان حجم فضای خالی بین ذرات پودر می باشد در نتیجه به دانسیته ذرات و آرایش ذرات در بستر پودر وابسته است.

### 3-8-pH

همانطور که در شکل (11) نشان داده شده است رنج pH پودرهای نوشیدنی در محدوده 4 تا 4/25 می باشد. به علت وجود پودر سفیده تخم مرغ و صمغ و pH بالاتر این ترکیبات pH پودر نوشیدنی از رنج pH نوشیدنی پرتقالی مقادیر بالاتری را نشان داد. طبق تحقیقات گذشته انجام شده نشان داده شد با افزایش دما رنج افزایشی در مقادیر pH مشاهده می شود. فلید و همکاران در سال 2010 نتایج مشابهی را بر روی پودر موز گزارش نمودند [32].

چسبندگی موجود بین ذرات ناشی از میزان قند بالای آن تحت تأثیرگذار شیشه ای قندهای آمورف نیز قرار دارد. طی حل کردن پودر در آب و آماده کردن نوشیدنی، مولکول های آب سطح ذرات را مرطوب کرده و منجر به کاهش اتصال ذاتی ذرات شده و امکان نفوذ سریع تر آب بر کل ماده غذایی فراهم می شود. پودرهایی که زاویه استقرار بالاتری دارند به دلیل اتصال ذاتی خود پس از ریختن به سطح مایع احتمالاً به راحتی فرو نمی روند.

دانسیته و تخلخل پودر که متأثر از میزان هوا و فضای آزاد بین ذرات است، همبستگی مثبتی با زمان خیس شدن دارد. زمان خیس شدن با افزایش اندازه ذرات، کاهش می یابد. افزایش اندازه ذرات نه تنها باعث افزایش سرعت نفوذ آب به فضای بین ذره ای پودرها می شود، بلکه باعث ایجاد یک جریان سیستم موئین آب درون فضای پودرها می نماید که عمدتاً باعث کاهش زمان خیس شدن پودر می گردد. با افزایش سطوح تماس و کاهش اندازه ذرات زمان خیس شدن پودرها

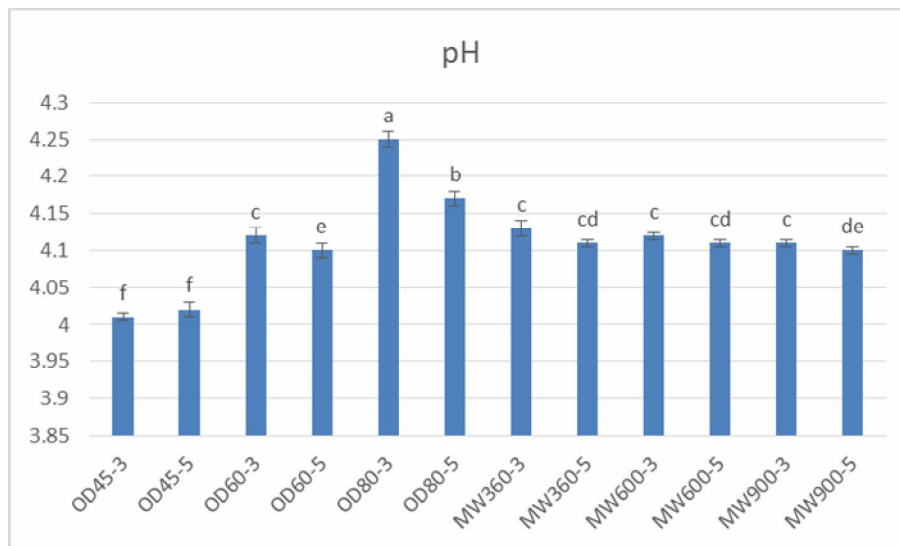


Fig 11 Effect of drying condition on pH of foam mat dried orange beverage powder.

### 3-9-رنگ سنجی

نمونه خشک شده با فریز درایر بود در حالی که کم ترین میزان آن در نمونه خشک شده با ضخامت 5 میلی متر و ولتاژ 900 میکروویو مشاهده گردید. کاهش این مؤلفه رنگی به معنی تیره شدن رنگ نمونه ها می باشد که این امر در ارتباط مستقیم با افزایش ضخامت محصول و ولتاژ دستگاه میکروویو و دمای آون بود. نوع خشک کن و افزایش دمای خشک کن نیز می تواند بسیار تأثیر گذار باشد و مرغوبیت محصول نهایی را کاهش دهد. از سوی دیگر یافته ها نشان داد بیشترین میزان

رنگ از اولین و مهم ترین ویژگی های فیزیکی پودر می باشد که به طور مستقیم بیانگر شرایط اعمال شده به هنگام خشک کردن و کیفیت محصول نهایی است. نتایج ارزیابی مؤلفه های رنگی ( $L^* a^* b^*$ ) در جدول (3) نشان داده شده است. همانگونه که نتایج نشان می دهد ولتاژهای مختلف میکروویو و دماهای مختلف آون اثر معنی داری در سطح 5 درصد بر میزان مؤلفه های رنگی محصول تولیدی و شدت رنگ آن داشت. به طوری که بالاترین میزان مؤلفه رنگی مربوط به

ارزیابی شدت رنگ که با شاخص (Hue) نیز بیان می شود نشان داد که نمونه های خشک شده در ولتاژ 900 و ضخامت 5 میلی متر کم ترین مقدار را نشان دادند. هالارد و همکاران (2006) بیان کردند که پایین بودن مقدار شاخص هیو رنگ نشان دهنده افزایش مقدار رنگ قهوه ای ناشی از واکنش های قهوه ای شدن است [31].

مؤلفه a به نمونه با ضخامت 5 میلی متر و ولتاژ 900 اختصاص داشت. از این رو به نظر می رسد افزایش ضخامت کف شیر موز به دلیل اثر گذاری بر افزایش زمان خشک شدن موجبات افزایش قرمزی یا مؤلفه رنگی a را فراهم نمود. همچنین بالاترین میزان مؤلفه رنگی b در نمونه با ضخامت 5 میلی متر و ولتاژ 600 مایکروویو بود. علاوه بر این نتایج

**Table 3** Effect of drying condition on color values of foam mat dried orange beverage powder.

Treatment	L	a	b	Chroma	TCD	$\tan^{-1}b/a$
OD45-3	83.42±9.91 <sup>a</sup>	-6.60±0.42 <sup>e</sup>	7.41±2.94 <sup>ab</sup>	71.04±0.034 <sup>g</sup>	117.2±0.11 <sup>a</sup>	-48.30±0.001 <sup>l</sup>
OD45-5	82.01±8.6 <sup>ab</sup>	-4.94±0.7 <sup>e</sup>	5.11±16.69 <sup>c</sup>	70.56±0.051 <sup>h</sup>	87.55±0.21 <sup>b</sup>	-45.96±0.001 <sup>h</sup>
OD60-3	84.74±7.87 <sup>a</sup>	-2.27±6.12 <sup>e</sup>	7.44±1.42 <sup>ab</sup>	75.34±0.3 <sup>d</sup>	116.7±0.24 <sup>b</sup>	-73.03±0.002 <sup>j</sup>
OD60-5	77.03±6.66 <sup>ab</sup>	2.70±4.91 <sup>d</sup>	7.24±2.18 <sup>ab</sup>	74.43±0.03 <sup>e</sup>	112.5±0.12 <sup>d</sup>	69.54±0.002 <sup>b</sup>
OD80-3	75.49±8.02 <sup>ab</sup>	6.84±6.35 <sup>bc</sup>	7.13±5 <sup>ab</sup>	76.09±0.08 <sup>c</sup>	113.7±0.24 <sup>c</sup>	46.18±0.002 <sup>f</sup>
OD80-5	83.92±8.20 <sup>a</sup>	6.28±2.35 <sup>bc</sup>	6.72±1.6 <sup>b</sup>	69.09±0.08 <sup>l</sup>	112.4±0.03 <sup>de</sup>	46.93±0.0005 <sup>f</sup>
MW360-3	81.66±0.174 <sup>ab</sup>	4.44±0.08 <sup>bc</sup>	7.03±0.26 <sup>ab</sup>	70.57±0.06 <sup>h</sup>	107.7±0.14 <sup>f</sup>	57.72±0.003 <sup>e</sup>
MW360-5	84.62±0.019 <sup>a</sup>	2.52±0.02 <sup>cd</sup>	7.35±0.28 <sup>ab</sup>	73.72±0.03 <sup>f</sup>	112.2±0.04 <sup>e</sup>	71.07±0.003 <sup>b</sup>
MW600-3	83.10±0.717 <sup>ab</sup>	3.76±0.4 <sup>bc</sup>	7.60±1.13 <sup>ab</sup>	74.56±0.48 <sup>e</sup>	112.3±0.06 <sup>de</sup>	63.67±0.001 <sup>d</sup>
MW600-5	80.37±0.2 <sup>ab</sup>	9.30±0.016 <sup>b</sup>	8.02±0.22 <sup>a</sup>	80.61±0.02 <sup>a</sup>	113.8±0.18 <sup>c</sup>	40.77±0.001 <sup>g</sup>
MW900-3	81.70±0.4 <sup>ab</sup>	3.33±0.23 <sup>c</sup>	7.91±0.07 <sup>a</sup>	79.13±0.11 <sup>b</sup>	113.9±0.04 <sup>c</sup>	67.16±0.002 <sup>c</sup>
MW900-5	71.92±0.014 <sup>b</sup>	2.17±0.53 <sup>a</sup>	7.31±0.12 <sup>ab</sup>	76.29±0.25 <sup>c</sup>	104.8±0.19 <sup>g</sup>	73.46±0.003 <sup>a</sup>

آن ها شده و در نتیجه از پایداری و عمر انبار مانی کمتری برخوردار خواهند بود. باید توجه داشت که رطوبت، دما و اجزای تشکیل دهنده محصولی که قرار است خشک شود بر دمای انتقال شیشه ای نقش بسیار مؤثری دارند. دمای انتقال شیشه ای آب بسیار پایین است ( -135 ) درجه سانتی گراد و حضور مقدار کمی از آن برای کاهش شدید دمای انتقال شیشه ای پودر تولید شده کفایت می کند [30].

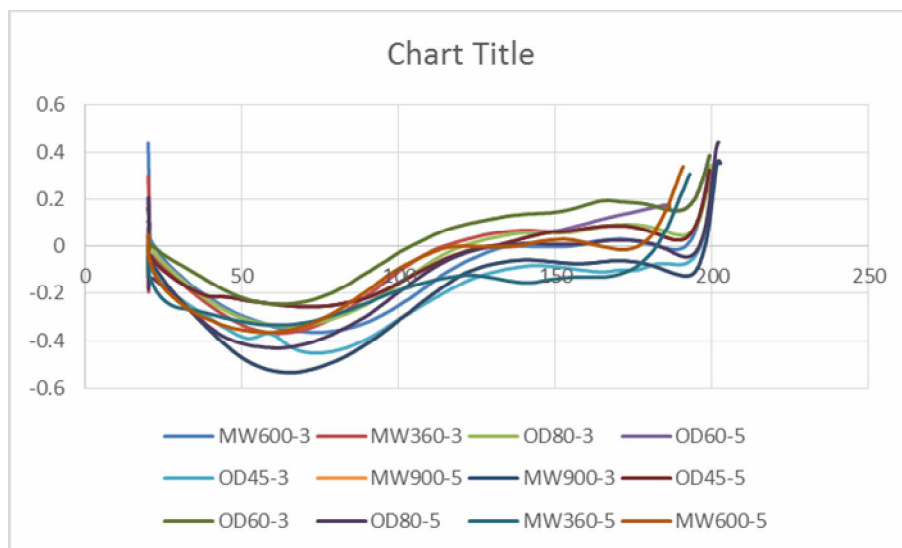
در شکل (12) مقادیر دمای گذار شیشه ای پودر نوشیدنی در شرایط مختلف خشک کردن نشان داده شده است. این میزان پایداری پودر را طی تولید نشان می دهد. هر چه میزان دمای گذار شیشه ای بیشتر مقاومت پودر بیشتر می باشد. بنابراین پودر تولید شده در دمای بالاتر مقاومت بهتری نسبت به پودر تولید شده در سایر دماها دارد. ولتاژ بیشتر مایکروویو سبب افزایش دمای گذار شیشه ای شد. علت پایین بودن دمای گذار شیشه ای در کف نوشیدنی به علت حضور قند در نمونه می باشد. این قندها دمای گذار شیشه ای پایینی دارند و به دلیل وزن مولکولی پایین اجزا، تحرک مولکولی زیادی هنگامی که دما اندکی بالاتر از دمای گذار شیشه ای می رسد، از خود نشان می دهند [33]. با افزایش ضخامت کف نوشیدنی به دلیل مشکل انتقال حرارت و در نتیجه بالاتر بودن محتوی رطوبتی، مقدار دمای گذار شیشه ای در پودرهای تولیدی کاهش یافت.

### 3-10- دمای گذار شیشه ای

دمای انتقال شیشه ای اصلی ترین شاخص تغییرات دمایی فاز بی شکل مواد می باشد. دمایی است که در آن مواد از حالت شکننده و شیشه ای به حالت لاستیکی و چسبناک تغییر فاز می دهند. بنابراین با افزایش دمای انتقال شیشه ای میزان چسبندگی پودر نیز کاهش می یابد [29]. به طور کلی دمای انتقال شیشه ای پایین سبب مشکلاتی می گردد مانند چسبیدن به دیواره، کاهش بازدهی تولید و افزایش مشکلات عملیاتی از جمله آن می باشد. ویژگی های ترموفیزیکی مواد غذایی و نوشیدنی همانند گرمای ویژه، دمای انتقال شیشه ای و غیره برای برآورد زمان فرآیند در سرد کردن، منجمد کردن، حرارت دادن و خشک کردن مواد غذایی و نوشیدنی دارای اهمیت بسیار زیادی می باشند.

پودرها نسبت به دماها و رطوبت محیط نگهداری بسیار حساس بوده و ساختار آن ها می تواند از حالت شیشه ای به لاستیکی تغییر کند، که این باعث تغییراتی در دمای گذار شیشه ای می شود. همچنین محتوی رطوبت بالاتر باعث کاهش دمای انتقال شیشه ای و تولید پودر با چسبناکی بالا می شود. نگهداری مواد غذایی خشک شده در بالاتر از دمای انتقال شیشه ای آن ها به دلیل افزایش جنبش داخلی واکنش دهنده ها منجر به افزایش تغییرات و واکنش های شیمیایی مختلف در

می توان با نگهداری محصول در دمای پایین تر از دمای گذار شیشه ای و درب بندی جهت ممانعت از تبادل رطوبت با محیط از وقوع واکنش های مخرب جلوگیری کرد.

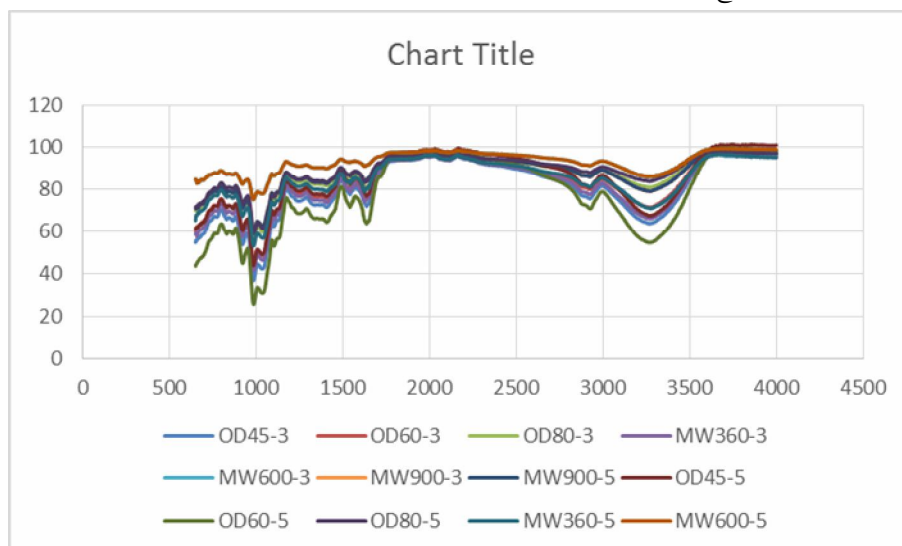


**Fig 12** Effect of drying condition on the DSC thermogram of orange beverage powder.

همچنین پیک های بدست آمده در 900-1200 به پیوندهای C-O و C-O-C و همچنین جذب در 1229-1301 به پیوندهای C-N و N-H نسبت داده شده است. همچنین پیک 3000-2800 به باند C-H در گروه متیل مربوط می باشد. پیک در نقطه 3300 به پیوند O-H در مولکول آب اشاره دارد [16] و [35].

### FTIR-11-3

نتایج مربوط به آنالیز FTIR نمونه های پودر نوشیدنی در شکل (13) نشان داده شده است. اختلاف معنی داری در مناطق بین 800-1650 و 2900-3300 مشاهده شد که می توان به فعل و انفعالات بین مولکولی بین پروتئین و پلی ساکارید نسبت داد. پیک های زیر 1200 طبق گزارش های ما و همکاران در سال (2007) به صمغ نسبت داده شده است.



**Fig 13** FTIR spectra of orange beverage powder at different drying temperature.

### 12-3- ارزیابی حسی

شده حائز اهمیت می باشد. نتایج ارزیابی حسی در شکل (14) ارائه شده است. مقایسه میانگین نشان داد نمونه ها از نظر رنگ، عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی در سطح 1 درصد

پس از بررسی ویژگی های فیزیکی پودر ارزیابی ویژگی های حسی پودر نوشیدنی به منظور ارزیابی مطلوبیت نمونه تولید

حرارتی می تواند موجب تخریب ترکیبات مولد عطر و طعم شود. استفاده از روش های غیر حرارتی مانند خشک کن انجمادی یا خشک کن پاششی انجمادی احتمالا می تواند موجب تولید پودرهایی با مطلوبیت بیشتر شود [36].

معنی دار بود. نمونه پودر نوشیدنی خشک شده تحت دمای 80 درجه سانتی گراد بالاترین امتیاز پذیرش کلی را بدست آورد. نتایج نشان داد نمونه های پودر نوشیدنی از نظر خصوصیات ارگانولپتیکی مورد پذیرش مصرف کننده می باشد. فرآیند

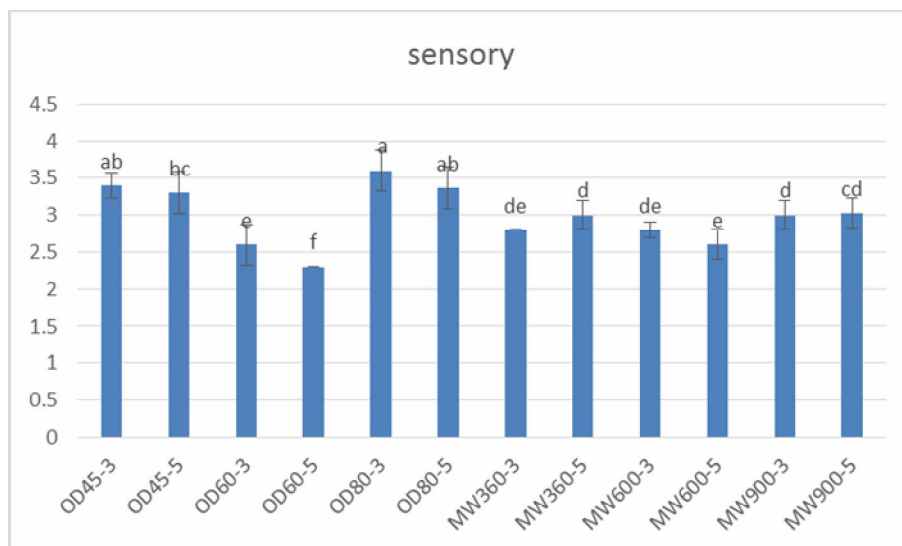


Fig 14 Sensory evaluation of beverage powder.

#### 4- نتیجه گیری

در این پژوهش اثر دماهای مختلف خشک کردن به روش کف پوشی بر برخی ویژگی های فیزیکی شیمیایی پودر نوشیدنی پرتقال مورد بررسی قرار گرفت. به دلیل ساختار متخلخل کف، سرعت انتقال جرم و حرارت طی فرآیند خشک کردن در روش کف پوشی افزایش پیدا کرده است. همچنین امکان خشک شدن غذا در دمای بالاتر و زمان خشک شدن کمتر باعث می شود نمونه فوم خشک شده سریعتر آب را جذب کرده و سرعت انحلال محصول را افزایش دهد. نمونه هایی با ضخامت 3 میلی متر حلالیت بیشتری نشان دادند که علاوه بر حفظ ساختار متخلخل نمونه کف خشک شده، سبب جذب سریع تر آب و افزایش سرعت انحلال فراورده حاصل شد. با توجه به کارایی این روش در خشک کردن مواد غذایی با غلظت بالا و تولید محصول با ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مناسب و مصرف انرژی پایین، می توان از این روش برای تولید صنعتی پودرهای غذایی استفاده نمود.

#### 5- حمایت مالی

این اثر تحت حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) برگرفته شده از طرح شماره ((4000519)) انجام شده است.

#### 6- منابع

- [1] Sandhu, K. S., Minhas, K. S. (2006). Oranges and Citrus Juices, in Handbook of Fruits and Fruit Processing (ed Y. H. Hui), Blackwell Publishing, Ames, Iowa, USA.
- [2] Hardy, Z., & Jideani, V. A. (2017). Foam-mat drying technology: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(12), 2560-2572.
- [3] Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., Goh, K. K. T., Razavi, S. M. A., & Mortazavi, S. A. (2010). Steady shear flow behavior of gum extracted from Ocimum basilicum L. seed: Effect of concentration and temperature. Journal of Food Engineering, 101(3), 236-243.
- [4] Kadam, D.M. and Balasubramanian, S. 2010. Foam mat drying of tomato juice. Journal of Food Processing and Preservation, 1745-4549.

- [15] Tan, S. L., & Sulaiman, R. (2020). Color and Rehydration Characteristics of Natural Red Colorant of Foam Mat Dried Hibiscus sabdariffa L. Powder. *International Journal of Fruit Science*, 20(1), 89-105.
- [16] Hamzeh, S., Motamedzadegan, A., Shahidi, S. A., Ahmadi, M., & Regenstein, J. M. (2019). Effects of Drying Condition on Physico-chemical Properties of Foam-mat Dried Shrimp Powder. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 1-12.
- [17] Liu, W., Ye, A., Liu, C., Liu, W., & Singh, H. (2012). Structure and integrity of liposomes prepared from milk-or soybeanderived phospholipids during in vitro digestion. *Food Research International*, 48(2), 499-506.
- [18] Franco, T. S., Perussello, C. A., Ellendersen, L. N., & Masson, M. L. (2016). Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 503-513.
- [19] Kadam, D. M., & Balasubramanian, S. (2011). Foam mat drying of tomato juice. *Journal of food processing and preservation*, 35(4), 488-495.
- [20] Kolawole, O. F., & Okocha, O. J. (2010). Foam-mat drying of plantain and cooking banana. *Food Bioprocess Technology*, 5 (4), 1173- 1180.
- [21] Dehghannya, J., Pourahmad, M., Ghanbarzadeh, B., Ghaffari, H. 2018. Influence of foam thickness on production of lime juice powder during foam-mat drying: Experimental and numerical investigation. *Powder Technology*, 328, 470-484.
- [22] Thankitsunthorn, S., Thawornphihatdit, C., Laohaprasit, N., & Srzednicki, G. (2009). Effects of drying temperature on quality of dried Indian Gooseberry powder. *International Food Research Journal*. 16, 355-361.
- [23] Azizpour, M., Mohebbi, M., & Khodaparast, M. H. H. (2016). Effects of foam-mat drying temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder. *Innovative food science & emerging technologies*, 34, 122-126.
- [24] Krasaekoopt, W., & Bhatia, S. (2012). Production of yogurt powder using foam-mat drying. *AU Journal of Technology*, 15(3), 166-171.
- [25] Jeantet, R., Schuck, P., Six, T., Andre, C., & Delaplace, G. (2010), "The influence
- [5] Qiang, L., Yu, S., Xiang-wen, X., Qin-qin, Z., & Xian-zhe, Z. (2013). Drying characteristics of microwave-assisted foam drying of corn soaking water. *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 20(1), 53-59.
- [6] Lewicki, P. P. (2006). Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 153-163.
- [7] Shahidi, F., Varidi, M., Mohebi, M., Khaliliani, S., Khaliliani, M. (2015). Evaluation of physicochemical properties of pomegranate concentrate powder produced by foam mat drying method. *Journal of Food Science and Technology*, 63(14), 221-230.
- [8] 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. *Beverages*, 3(1), 9.
- [9] Nemati, A., Alizadeh-Khaledabad, M., & Ghasempour, Z. (2020). Optimization of orange juice formulation through using lactose-hydrolyzed permeate by RSM methodology. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 4584-4590.
- [10] Abbasi, E., & Azizpour, M. (2016). Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 105-110.
- [11] Nurhadi, B., Maidannyk, V. A., Djali, M., Herlina Dwiyantri, E., Putrinda Editha, N., & Febrian, M. (2022). Physical and functional properties of agglomerated coconut sugar powder and honey powder using polyvinylpyrrolidone as a binder. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 93-104.
- [12] Shaari, N. A., Sulaiman, R., Rahman, R. A., & Bakar, J. (2017). Production of pineapple fruit (*Ananas comosus*) powder using foam mat drying: Effect of whipping time and egg albumen concentration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), 13467.
- [13] Ng, M. L., & Sulaiman, R. (2018). Development of beetroot (*Betavulgaris*) powder using foam mat drying. *Lwt*, 88, 80-86.
- [14] Aziz, M. G., Yusof, Y. A., Blanchard, C., Saifullah, M., Farahnaky, A., Scheiling, G. (2018). Material Properties and Tableting of Fruit Powders. *Food Engineering Reviews*, 10(2), 66-80.



- glycerylmonostearate and egg albumin as foaming agents. *European Food Research Technology*, 217(6), 486-491.
- [33] Shishir, M. R. I., & Chen, W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in food science & technology*, 65, 49-67.
- [34] Samborska, K., Gajek, P., & Kaminska-Dworznicka, A. (2015). Spray drying of honey: the effect of drying agents on powder properties. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 65(2).
- [35] Hamzeh, S., Motamedzadegan, A., Shahidi, S. A., Ahmadi, M., & Regenstein, J. (2019). Experimental study on foam mat drying of shrimp meat and evaluation of thin-layer drying models. *Food Science and Technology*, 16(92), 73-87.
- [36] Ma, X., & Pawlik, M. (2007). Intrinsic viscosities and Huggins constants of guar gum in alkali metal chloride solutions. *Carbohydr. Polym.* 70(1): 15-24.
- [37] Ji, J., Fitzpatrick, J., Cronin, K., Crean, A., & Miao, S. (2016). Assessment of measurement characteristics for rehydration of milk protein based powders. *Food Hydrocolloids*, 54, 151-161.
- [38] Jaya, S., & Das, H. (2004). Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tri calcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal of Food Engineering*, 63: 125-134.
- [39] Benković, M., Pižeta, M., Tušek, A. J., Jurina, T., Kljusurić, J. G., & Valinger, D. (2019). Optimization of the foam mat drying process for production of cocoa powder enriched with peppermint extract. *LWT*, 115, 108440.
- [40] Sharif, N., Khoshnoudi-Nia, S., & Jafari, S.M. (2020). Nano/microencapsulation of anthocyanins; a systematic review and meta-analysis. *Food Res. Int.*, 132, 109077.
- of stirring speed, temperature and solid concentration on the rehydration time of micellar casein powder, *Dairy Science & Technology*, 90(2), 225-236.
- [26] Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *Journal of food engineering*, 111(1), 135-148.
- [27] Salahi, M. R., Mohebbi, M., & Taghizadeh, M. (2015). Foam-Mat Drying of Cantaloupe (*Cucumis melo*): Optimization of Foaming Parameters and Investigating Drying Characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1798-1808.
- [28] Oliveira, D. M., Clemente, E., & da Costa, J. M. C. (2014). Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) powder. *Journal of food science and technology*, 51(10), 2783-2789.
- [29] Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Ashtari, A. K., & Omid, M. (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and bioproducts processing*, 90(4), 667-675.
- [30] Shittu, T. A., & Lawal, M. O. (2007). Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food chemistry*, No. 100: 91-98.
- [31] Hawlader, M.N.A., Perera, C.O., & Tian, M. (2006). Properties of modified atmosphere heat pump dried foods. *Journal of Food Engineering*, 47: 704-296
- [32] Falade, K. O., Adeyanju, K. I. & Uzo-Peters, P. I., (2003). Foam-mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using



## The effect of foam mat drying Condition on the properties of orange beverage powder prepared with permeate

Nemati, A.<sup>1\*</sup>, Motamedzadegan, A.<sup>1</sup>, Mohammad zade Milani, J.<sup>1</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Km 9 Farah Abad Road, Sari, Iran.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 2022/ 02/ 08  
Accepted 2022/ 05/ 16

#### Keywords:

Egg white,  
Basil gum,  
Beverage powder,  
Foam mat drying.

**DOI:** 10.22034/FSCT.19.126.239

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.126.19.0

\*Corresponding Author E-Mail:  
Azita.nemati@yahoo.com

Production of powdered beverage, especially based on local products and with the aim of optimal use of waste, is one of the research fields considered by the food industry. In this study the effect of different foam mat drying condition on orange beverage powder was investigated. In order to prepare the beverage foam, egg white and basil gum solution were used according to the experimental design and were mixed with an electric mixer at the highest speed for 6 minutes. Drying was performed under different treatments of the oven with (45, 65 and 80) temperatures and microwave with (360, 600 and 900) power, with (3 and 5 mm) thicknesses. Some properties of the beverage powder including moisture content, water activity, solubility, water binding capacity, rehydrating the powder, hygroscopy, flowability, pH, color, DSC, FTIR, and sensory characteristics were investigated. Almost all properties indicate an increasing trend with increasing the drying temperature.