



بررسی فرآیند خشک کردن آب پرتقال به روش خشک کردن کف پوشی با استفاده از صمغ بومی شاهی و آلومین تخم مرغ

مریم قلی پور طبری^۱، شبنم حمزه^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه غیر انتفاعی تجن، قائمشهر

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه غیر انتفاعی تجن، قائمشهر

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>تاریخ های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۶</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶</p>	<p>در این پژوهش از صمغ دانه شاهی در سه غلظت (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) به عنوان پایدارکننده و پودر سفیده تخم مرغ در چهار سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ درصد) جهت تولید کف آب پرتقال استفاده گردید و سپس نمونه بهینه کف (حداقل دانسیته، حداکثر پایداری و افزایش حجم) انتخاب شد. در ادامه نمونه بهینه جهت خشک کردن به روش کف پوشی، در سه دمای مختلف (۴۰، ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد) توسط خشک کن هوای داغ خشک شد. نتایج نشان داد که با کاهش غلظت صمغ دانه شاهی و افزایش غلظت پروتئین سفیده تخم مرغ، اورران کف به صورت معنی داری افزایش یافت و مقدار دانسیته کم شد ($p < 0.05$). همچنین با افزایش غلظت صمغ دانه شاهی و پروتئین سفیده تخم مرغ، پایداری کف بهبود یافت. در بین تمامی تیمارها، نمونه حاوی ۴ درصد پودر سفیده تخم مرغ و ۰/۱ درصد صمغ دانه شاهی علاوه بر زهکشی کم (حجم زهکشی ۰/۵ میلی لیتر)، دارای دانسیته پایین (0.21 gr/cm^3) و اورران بالایی (۳۰۸ درصد) بود که به عنوان بهترین تیمار جهت تولید پودر پرتقال انتخاب شد. زمان خشک شدن کف پرتقال در دماهای ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد به ترتیب ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۸۰ دقیقه بود. ضریب نفوذ موثر در بازه دمایی ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد در محدوده 10^{-7} تا 10^{-7} تا $2/938 \times 10^{-7}$ مترمربع بر ثانیه قرار داشت. نتایج نشان داد با افزایش دما از ۴۰ به ۷۰ درجه سانتی گراد، حلالیت پودر افزایش یافت در حالیکه فعالیت آبی پودر، دانسیته و قابلیت جذب مجدد آب به شکل معنی داری کاهش پیدا کرد ($p < 0.05$). همچنین نتایج حاصل از آنالیز رنگ نشان داد که با افزایش دمای خشک کردن، شاخص های رنگی (L^*) و (a^*) به صورت معنی داری افزایش یافتند و شاخص رنگی (b^*) کاهش یافت. یک جمله نتیجه گیری اضافه شود.</p>
<p>کلمات کلیدی:</p> <p>پرتقال، خشک کردن کف پوشی، صمغ شاهی، پروتئین، خواص پودر</p> <p>DOI: 10.22034/FSCT.21.147.131.</p> <p>مسئول مکاتبات: *</p>	

۱- مقدمه

پرتقال به عنوان دومین میوه پرمصرف و محبوب جهان، اولین بار در شمال شرقی هند و نواحی مرکزی چین کشت شد اما امروزه در اکثر مناطق جهان کشت و بهره برداری می شود. نام علمی پرتقال سیتروس سیننسیس^۱ از خانواده روزاسه^۲ است و به عنوان گیاه همیشه سبز نیز شناخته می شود [1]. آب پرتقال جزو یکی از محبوب ترین آب میوه هاست و با تولید سالانه حدوداً ۶۳ میلیون تن در حدود نیمی از تمامی تولید آب میوه جهان را شامل می شود. ارزش بالای تجاری آب پرتقال به سبب خصوصیات لذت بخش حسی آن، میزان فراوان ویتامین C و سرشار بودن آنتی اکسیدان های طبیعی آن می باشد. یکی از موانع مهم در بخش تجارت و فروش آب پرتقال ماندگاری کوتاه مدت آن می باشد. یکی از بزرگ ترین مشکلات در نگهداری آب پرتقال محدود بودن مدت زمان ماندگاری آن است [2]. سه عامل اصلی افت کیفیت در مدت زمان ماندگاری این محصول از بین رفتن طعم، فساد میکروبی و تخریب اسید اسکوربیک می باشد. به همین دلیل متخصصین به دنبال روش های مختلف جهت افزایش ماندگاری این محصول می باشند [3-4].

خشک کردن کف پوشی یکی از روش های نوین و کم هزینه جهت خشک کردن مواد غذایی مایع، شبه مایع و کنسانتره است که امروزه بسیار مورد استفاده و توجه محققان قرار گرفته است [5]. در این روش پس از اضافه کردن ترکیبات کف زا و پایدارکننده به مواد غذایی مایع با استفاده از روش های تولید کف (همزدن، تکان دادن، و یا تزریق گاز) به شکل کفی پایدار با ساختاری متخلخل در می آید و سپس توسط هوای داغ در دمای پایین خشک می گردد. به دلیل افزایش سطح تماس و سرعت زیاد انتقال رطوبت از کف، امکان خشک کردن ماده غذایی در دمای پایین تر و مدت زمان کوتاه تر ایجاد شده و سبب حفظ کیفیت مواد غذایی و به حداقل رسیدن آسیب های حرارتی می گردد [6]. همچنین

محصولات تولید شده به روش کف پوشی به دلیل داشتن ساختار متخلخل، به آسانی امکان آب پوشی^۳ سریع را حتی در آب سرد دارند [7].

مواد غذایی با مقدار پروتئین پایین نمی توانند هنگام همزدن به آسانی کف های پایدار و مقاومی تولید کنند بنابراین در روش خشک کردن کف پوشی به ترکیبات کف زا و پایدار کننده کف نیازمندند. ترکیبات فعال سطحی که دارای دو بخش آب دوست و آب گریز هستند، با قرار گرفتن در سطح مشترک دو فاز پراکنده و پیوسته، کشش سطحی را افزایش داده و سبب پایداری بیشتر کف می شوند [8]. پروتئین ها مولکولهایی تشکیل شده از آمینواسیدند که حاوی بخش های آبگریز و آب دوست اند و از جمله ترکیبات ایجاد کننده کف در صنعت غذا بشمار می روند. یکی از مهم ترین پروتئین های مورد استفاده در صنایع غذایی پودر سفیده تخم مرغ است زیرا دارای خواص کاربردی متعددی نظیر: قابلیت کف زایی، نگهداری آب، تشکیل ژل بوده همچنین خواص امولسیفایری بالایی نیز دارد. اوآلبومین، اووترانسفرین، اووموکوئید و لیزوزیم پروتئین های اصلی سفیده تخم مرغ را شامل می شوند. تقریباً ۵۴٪ از پروتئینهای سفیده را اوآلبومین تشکیل می دهد. وزن مولکولی اوآلبومین در حدود ۴۵ کیلو دالتون، و دارای پی اچ ایزوالکتریک در حدود ۴/۵ و دمای دناتوره شدن ۷۱/۵-۸۴ درجه سانتی گراد می باشد [8-9].

امروزه از تثبیت کننده های مختلفی در صنایع غذایی غذایی استفاده می شود که بیش تر آن ها پلی ساکاریدهای طبیعی با وزن مولکولی بالا هستند. زیرا خاصیت آب دوستی، وزن مولکولی بالا و رفتار ژل کنندگی آن ها با افزایش ویسکوزیته فاز آبی منجر به تشکیل موانع ماکرو مولکولی، تقویت دیواره حباب، در نهایت بهبود پایداری کف می شود [10]. شاهی با نام علمی لیپیدیوم ساتیوم^۴، از خانواده کروسیفرا^۵ می باشد

4 -Lepidium sativum
5 -Ruciferae

1 -Citrus Sinnsis
2- Rosacea
3 -Rehydration

پرتقال ها پس از شست و شو کاملاً پوست گیری و سپس آب گیری شد. بریکس آب پرتقال با دستگاه رفرکتومتر تنظیم شد. جهت تولید کف سطوح مختلف از پودر سفیده تخم مرغ (۱، ۲، ۳ و ۴ درصد) به عنوان عامل کف زا و برای ایجاد پایداری کف سطوح مختلف از صمغ دانه شاهی (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) را در یک بشر توزین و مابقی تا رسیدن به وزن ۱۰۰ گرم، آب پرتقال تازه اضافه شد. متغیرهای مربوط به تولید کف در جدول ۱ ارائه شد.

Table 1 Different treatments of foam production

Co	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
de	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Pro	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4
tei											
n											
con											
cen											
tra											
tio											
n											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gu											
m	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
con											
cen											
tra											
tio											
n											

۲-۴- روش تهیه پودر

پس از آنالیز داده های مربوط به کف، مناسب ترین تیمار کف (دارای بیش ترین اورران و پایداری، کم ترین دانسیته) جهت تولید پودر انتخاب شد. جهت خشک کردن کف انتخابی از آون فن دار استفاده شد. در این مرحله تاثیر دماهای مختلف خشک کردن (۴۰، ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد) با ضخامت ثابت ۴ میلی متر بر ویژگی های پودر تولیدی بررسی گردید. قبل از آزمون برای یکسان سازی اندازه ذرات، پودرها از الک با مش ۴۰ عبور داده شد. منبع؟؟؟؟؟؟؟؟

۲-۵- آزمایش های مربوط به کف

۲-۵-۱- اندازه گیری دانسیته کف^۶

که یک گیاه علفی یکساله بوده و بومی کشورهای جنوب و جنوب غربی آسیا است. دانه های شاهی با توانایی بالای جذب آب، سبب تولید موسیلاژ با وزن مولکولی بالا می شوند. در ترکیب این صمغ نسبت مانوز به گالاکتوز بسیار بالا است (۸: ۲) که سبب می شود بتوان از آن به عنوان جایگزینی برای برخی از هیدروکلوئیدها استفاده کرد [11]. پوسته این گیاه که حاوی پلی ساکارید بالایی است، نقش مهمی در ایجاد ویسکوزیته و تشکیل ژل دارد [12]. ژل بدست آمده از صمغ دانه شاهی دارای بافتی کاملاً یکپارچه و مقاوم بوده که حتی می تواند مقاومت حرارتی بالایی داشته باشد از سوی دیگر، گرمایش باعث افزایش غیرقابل برگشت ویسکوزیته محلول های آن شد. این ویژگی به حفظ ویسکوز خمیر در دمای بالا کمک می کند. با توجه به شباهت های ظاهری و رئولوژیکی آن با زانتان، این صمغ جدید می تواند به عنوان جایگزین برخی از هیدروکلوئیدهای تجاری مورد استفاده قرار گیرد و همچنین به دلیل خواص درمانی و منشأ گیاهی مزایای بیشتری دارد [13]. هدف از انجام این پژوهش تولید پودر آب پرتقال به روش کف پوشی بود.

۲-مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده شامل پرتقال و پودر سفیده تخم مرغ از فروشگاه های محلی خریداری شدند. صمغ دانه شاهی تولید شده با خشک کن انجمادی از آزمایشگاه مرکزی پارک علم و فناوری مازندران خریداری شد.

۲-۲- آماده سازی محلول آبی حاوی درصد معین صمغ

جهت تهیه غلظت های معین محلول های آبی حاوی صمغ، مقادیر لازم از پودر صمغ همراه با مخلوط کردن توسط همزن مغناطیسی به آب دیونیزه اضافه شد و به مدت یک شبانه روز در یخچال قرار داده شد تا هیدراسیون کامل مولکول های صمغ صورت گیرد [14].

۲-۳- تولید کف

6-Foam density

برای محاسبه سرعت خشک شدن⁹ از معادله زیر استفاده شد:
(معادله ۳)

$$DR = \frac{M - M_{t+\Delta t}}{\Delta t}$$

که در این رابطه، $M_t + \Delta t$ محتوای رطوبتی بر حسب ماده خشک در زمان $t, t + \Delta t$ ، زمان (دقیقه) و Δt نشان دهنده اختلاف زمان (دقیقه) می باشند.

۲-۶-۲- محاسبه ضریب نفوذ موثر

محاسبه ضریب نفوذ موثر با استفاده از قانون دوم فیک ابزاری جهت توصیف فرآیند خشک کردن و مکانیسم های ممکن در انتقال رطوبت درون مواد غذایی می باشد.
(معادله ۴)

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{eff} \frac{\partial^2 M}{\partial r^2}$$

که در این رابطه، M مقدار رطوبت بر حسب ماده خشک، D_{eff} ضریب نفوذ موثر رطوبت (m^2/s)، L جهت انتقال رطوبت (مشخصه فضایی) و t زمان خشک کردن بود. دو پارامتر در قانون فیک مورد نیاز است که عبارتند از ابعاد نمونه و ضریب نفوذ موثر.

با حل معادله، نفوذ رطوبت برای تیغه نامحدود را می توان با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد:
(معادله ۴)

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp\left(-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right)$$

که در این رابطه MR نسبت رطوبت، $n=1,2,3...$ عدد صحیح مثبت، t زمان خشک کردن (ثانیه)، D_{eff} ضریب نفوذ موثر (m^2/s) و L ضخامت کف (m) بود.

مقدار پارامتر MR با استفاده از مقدار رطوبت اولیه (M_i)، رطوبت تعادلی (M_e) و رطوبت در هر لحظه (M) طبق معادله زیر تعیین شد.

دانسیته کف با اندازه گیری وزن ۵۰ میلی لیتر از کف که بلافاصله پس از هم زدن درون استوانه مدرج ۵۰ میلی لیتر در دمای محیط ریخته شد، تعیین گردید. دانسیته کف با تقسیم وزن به حجم کف محاسبه شد [15].

(معادله ۱)

$$\text{دانسیته کف} = \frac{\text{وزن کف (g)}}{\text{حجم کف (cm}^3\text{)}}$$

۲-۵-۲- اندازه گیری پایداری کف^۷

در این روش ۵۰ گرم از نمونه پس از همزدن و ایجاد کف، درون استوانه مدرج ریخته شد و بعد از نیم ساعت حجم مربوط به مایع جدا شده (حجم زهکشی) یادداشت گردید [16].

۲-۵-۳- اندازه گیری قابلیت کف زایی^۸ (اورران)

اورران یا افزایش حجم کف نسبت به اولیه مخلوط، بلافاصله پس از تولید و به روش وزنی محاسبه شد [17].
(معادله ۲)

$$\text{Overrun} = \frac{v_2 - v_1}{v_1} \%$$

v_2 حجم کف بلافاصله بعد از همزدن و v_1 حجم اولیه محلول می باشد.

۲-۶-۲- آزمایش های حین فرآیند خشک کردن

۲-۶-۱- بررسی کینتیک خشک کردن

ظروف آلومینیومی حاوی نمونه های کف پرتقال در خشک کن با هوای داغ در ضخامت ثابت ۴ میلی متر در دماهای ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد قرارگرفت و در فواصل زمانی مشخص نمونه ها از خشک کن فن دار خارج و توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. این فرآیند تا رسیدن به وزن ثابتی از نمونه ها ادامه پیدا کرد [18].

9 -Drying rate

7-Foam stability

8-Overrun

(معادله ۵)

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e}$$

در زمان خشک کردن طولانی معادله بالا ساده شده، جملات در سری نامحدود سریعا همگرا شده و با اولین جمله سری تقریب زده شده و به صورت لگاریتمی نوشته شد [19].

(معادله ۶)

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right)$$

با رسم نمودار $\ln(MR)$ در برابر زمان خشک شدن یک خط مستقیم با شیب K به دست می آید که از آن برای محاسبه ضریب نفوذ موثر استفاده می شود:

(معادله ۷)

$$k = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2}$$

۷-۲-۷- آزمایش های مربوط به پودر

۷-۲-۱- اندازه گیری فعالیت آبی^{۱۰}

دو گرم از پودر در ظرف مخصوص دستگاه aw متر ریخته شد و پس از برقراری تعادل، میزان فعالیت آب در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد ثبت شد [14].

۷-۲-۲- اندازه گیری حلالیت^{۱۱}

یک گرم از پودر تولیدی در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل شده و محلول تولیدی به وسیله التراتوراکس به مدت ۵ دقیقه با دور **۱۵۰۰۰rpm** همگن شد. در ادامه به منظور جدا شدن بخش های نامحلول، به مدت ۵ دقیقه در سانتریفوژ با سرعت **۳۰۰۰ rpm** به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. سپس ۲۵ میلی لیتر از بخش شفاف بالای لوله آزمایش برداشته و به مدت ۵ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه قرار گرفت. مقدار حلالیت بر حسب درصد از رابطه زیر محاسبه گردید:

(معادله ۸)

$$S = \frac{m_2 - m_1}{0.25} \times 100$$

در این رابطه S ، m_1 و m_2 به ترتیب حلالیت، وزن خالی ظرف و وزن ظرف پس از خارج کردن آن از آون پس از مدت ۵ ساعت بود [20].

۷-۲-۳- اندازه گیری دانسیته پودر

۳ گرم از پودر درون استوانه مدرج ۲۵ میلی لیتری ریخته شد و حجم این میزان پودر یادداشت گردید. دانسیته پودر موردنظر از طریق اندازه گیری نسبت وزن به حجم آن بدست آمد [21].

۷-۲-۴- اندازه گیری پارامترهای رنگی

رنگ نمونه ها با استفاده از دستگاه رنگ سنج و با مقیاس های رنگی L^* ، a^* ، b^* اندازه گیری شد. قبل از اندازه گیری پارامترهای رنگی، دستگاه با استفاده از کاشی سفید استاندارد ($L^*=98.14$ ، $a^*=0.23$ ، $b^*=1.89$) کالیبره شده و ارزیابی رنگ پودرها در فضای L, a, b انجام گرفت [22].

۷-۲-۵- اندازه گیری ظرفیت جذب آب

شاخص جذب آب بر اساس معادله زیر اندازه گیری شد [18]:

(معادله ۹)

$$\frac{A - B}{C} = \text{ظرفیت جذب آب}$$

در این رابطه A مقدار آب اضافه شده به پودر قبل از سانتریفوژ (گرم)، B آب برداشته شده بعد از سانتریفوژ (گرم) و C وزن نمونه پودر (گرم) می باشد.

DSC-۶-۷-۲

برای اندازه گیری دمای گذار شیشه ای از دستگاه کالریمتر روبشی افتراقی (400 -Ci Sanaf, Iran) استفاده شد.

۲-۸- آنالیز آماری

۳-۱-۲- پایداری کف

طبق نتایج گزارش شده می‌توان مشاهده کرد که تیمارهای A1B3، A2B3، A3B3 و A4B3 با زهکشی صفر پایدارترین نمونه‌ها بودند. زهکشی در نمونه A1B1 به ۳۱ میلی لیتر به صورت معنی داری بیشتر از سایر نمونه‌ها بود که بیانگر ناپایداری بیشتر در این نمونه می‌باشد. مطابق نتایج بدست آمده، صمغ دانه شاهی نقش حائز اهمیتی در پایداری کف داشت ($P < 0/05$). افزایش غلظت صمغ دانه شاهی موجب افزایش ویسکوزیته محلول و بهبود خاصیت ویسکوالاستیکی و ارتجاعی دیواره کف می‌شود که سبب بهبود مقاومت دیواره حباب و در نتیجه افزایش استحکام ساختار کف و جلوگیری از فروپاشی حباب‌ها می‌گردد [25]. افزایش ویسکوزیته فاز مایع سبب ایجاد ساختار شبکه‌ای در فاز پیوسته می‌گردد؛ به طوری که دیواره فصل مشترک را از تخریب حفظ کرده و موجب بهبود پایداری کف می‌گردد [26].

افزایش غلظت پروتئین سفیده تخم مرغ سبب کاهش معنی‌دار میزان حجم زهکشی شد ($P < 0/05$). افزایش غلظت عامل کف‌زا سبب افزایش ویسکوزیته و به عبارت دیگر ضخیم‌تر شدن و افزایش مقاومت فیلم‌های جذب در فصل مشترک هوا-آب و استحکام لایه مرزی (با نیروهای الکترواستاتیک، هیدروژنی، کووالانسی و هیدروفوبی) می‌گردد [27]. علاوه بر این، با افزایش غلظت پروتئین‌ها، بر هم کنش مولکول‌های پروتئین - پروتئین بیشتر شده، سبب افزایش ویسکوزیته می‌شود [24]. پروتئین سفیده تخم مرغ به سبب قابلیت تشکیل فیلم چسبناک و ویسکوز موجب شکل‌گیری کفی با پایداری بالا می‌شود [24].

۳-۱-۳- دانسیته کف

طبق نتایج بدست آمده می‌توان مشاهده کرد که دقیقاً دانسیته روندی معکوس با اورران داشت. همانطور که نشان داده شده است تیمار A4B1 با دانسیته ۰/۲۱ گرم بر سانتی متر مکعب، به شکل معنی داری دارای کمترین مقدار دانسیته بود و تیمار

بررسی داده‌های حاصل از آزمایش‌های مربوط به کف با استفاده از آزمایش فاکتوریل ۳ در ۳ به صورت کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای تحلیل آماری پارامترهای مورد مطالعه از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. میانگین داده‌ها در قالب آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی داری ۹۵٪ مورد مقایسه قرار گرفت ($p < 0/05$). تمامی نمودارها به وسیله نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ ترسیم شدند.

۳-۳- نتایج و بحث

۳-۱-۳- آزمایشات مربوط به کف

۳-۱-۱-۳- افزایش حجم

طبق نتایج گزارش شده در جدول ۲، می‌توان مشاهده کرد که تیمار A4B1 با قابلیت کف زایی ۳۰۸ درصد، به شکل معنی داری دارای بالاترین مقدار کف زایی و تیمار A1B3 با داشتن تنها ۷۵ درصد اورران، کمترین مقدر افزایش کف را دارا بود. طبق نتایج گزارش شده نمونه‌های A1B2، A1B3، A2B3 و A2B1 دارای کمترین مقدار افزایش حجم بودند که به صورت معنی داری این پارامتر در این نمونه‌ها کمتر بود. به طور کلی با افزایش غلظت صمغ، اورران کاهش یافت. کاهش اورران می‌تواند مربوط به افزایش ویسکوزیته محلول باشد زیرا هرچه ویسکوزیته محلول کمتر باشد، نیروی برشی کمتری برای هم زدن و هوادهی مورد نیاز است و حباب‌های هوا دائماً بدون تلاشی شدن و به طور مناسب داخل بافت توزیع می‌گردند [23]. در حالی که با افزایش پروتئین از ۱ به ۴٪ میزان اورران افزایش یافت. افزایش مقدار پروتئین سفیده سبب جذب سریعتر پروتئین در سطوح بینابینی هوا-مایع، کاهش کشش سطحی و افزایش قابلیت کف زایی می‌گردد. سفیده تخم مرغ به سبب دارا بودن پروتئین‌هایی با خاصیت دوگانه دوستی بالا، دارای قابلیت تولید کف چشم‌گیری می‌باشد [24].

آمده، افزایش غلظت صمغ دانه شاهی اثر مخربی بر دانسیته کف داشت و موجب افزایش دانسیته کف گردید. با افزایش غلظت صمغ ویسکوزیته محلول می تواند افزایش یافته که این افزایش ویسکوزیته می تواند مانع از ورود هوا شود که سبب می گردد که میزان هوای محبوس شده در مخلوط کاهش یافته، از این رو سبب کاهش انبساط و در نتیجه افزایش دانسیته کف می گردد [8].

A1B3 با دانسیته ۰/۶۵۵ گرم بر سانتی متر مکعب، بیشترین مقدر دانسیته کف را دارا بود. دانسیته کف به صورت معنی-داری با افزایش غلظت پروتئین سفیده کاهش پیدا نمود. قابلیت ایجاد کف وابسته به اندازه مولکولی و ساختار پروتئین است. پروتئین سفیده تخم مرغ بنا به تعادل گروه های آب دوست و آب گریز و توانایی کاهش کشش سطحی، آسان تر و سریع تر کشش بین سطحی را کاهش می دهند و سبب کاهش دانسیته می گردند [23]. مطابق نتایج بدست

Table 2 Effect on gum concentration and protein concentration on stability, overrun and density of orange foam

Treatment	Stability (cc)	Density (gr/cm ³)	Overrun (%)
A1B1	۳۱ ± ۱ ^a	۰/۳۸۵ ± ۰/۰۰۵ ^c	۱۰۸ ± ۲ ^c
A1B2	۱۴/۵ ± ۱/۵ ^b	۰/۴۹۵ ± ۰/۰۰۵ ^b	۸۴ ± ۰ ^c
A1B3	۰ ± ۰ ^c	۰/۶۵۵ ± ۰/۰۱۵ ^a	۷۵ ± ۳ ^c
A2B1	۱۰ ± ۱ ^b	۰/۴۲۵ ± ۰/۰۰۵ ^{bc}	۱۱۶ ± ۱ ^c
A2B2	۱ ± ۱ ^c	۰/۳۰۵ ± ۰/۰۰۵ ^d	۱۸۶ ± ۵ ^b
A2B3	۰ ± ۰ ^c	۰/۴۱ ± ۰/۰۲ ^c	۱۲۶ ± ۴ ^c
A3B1	۹ ± ۱ ^b	۰/۲۶۵ ± ۰/۰۱۵ ^{de}	۲۲۹ ± ۴ ^b
A3B2	۱/۵ ± ۰/۵ ^c	۰/۲۷۵ ± ۰/۰۱۵ ^{de}	۲۲۳ ± ۲ ^b
A3B3	۰ ± ۰ ^c	۰/۳ ± ۰/۰۱ ^d	۲۰۴ ± ۴ ^b
A4B1	۰/۵ ± ۰/۵ ^c	۰/۲۱ ± ۰/۰۱ ^e	۳۰۸ ± ۴ ^a
A4B2	۰/۵ ± ۰/۵ ^c	۰/۲۶ ± ۰/۰۲ ^{de}	۲۳۶ ± ۲ ^b
A4B3	۰ ± ۰ ^c	۰/۲۸ ± ۰/۰۱ ^{de}	۲۲۶ ± ۳ ^b

پایین (۰/۲۱ gr/cm³) و قابلیت کف زایی بالا (۳۰۸ ml) بود و به عنوان بهترین تیمار جهت تولید پودر پرتقال، انتخاب گردید.

۳-۳- کینیتیک خشک کردن

در شکل ۱ نسبت تغییرات رطوبت نمونه های تولیدی نسبت به زمان در دماهای مختلف (۴۰-۷۰ درجه سانتی گراد) نشان

۳-۲- انتخاب بهترین تیمار کف جهت تولید پودر

بهترین معیار برای انتخاب بهترین تیمار، بیش ترین پایداری (میزان زهکشی کم تر)، دانسیته کم تر و اورران بالاتر بود [28]. با توجه به نتایج بدست آمده، تیمار A4B1 علاوه بر پایداری بسیار بالا (حجم زهکشی ۰/۵ ml)، دارای دانسیته

داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، نسبت رطوبت در طی زمان مداوم کاهش یافت. همچنین این نتایج نشان داد که با افزایش دما از ۴۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد، مدت زمان خشک کردن به طور محسوسی کاهش یافت. مدت زمان خشک کردن در دماهای ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۸۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ دقیقه بود.

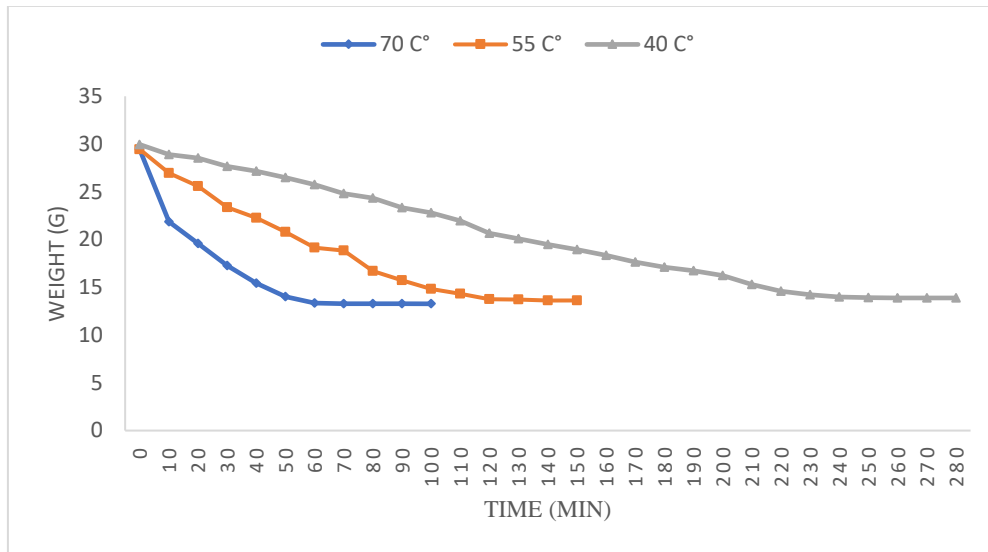


Figure 1 The effect of drying temperature on orange foam weight

تغییرات نسبت رطوبت Ln و زمان خشک شدن در دماهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است.

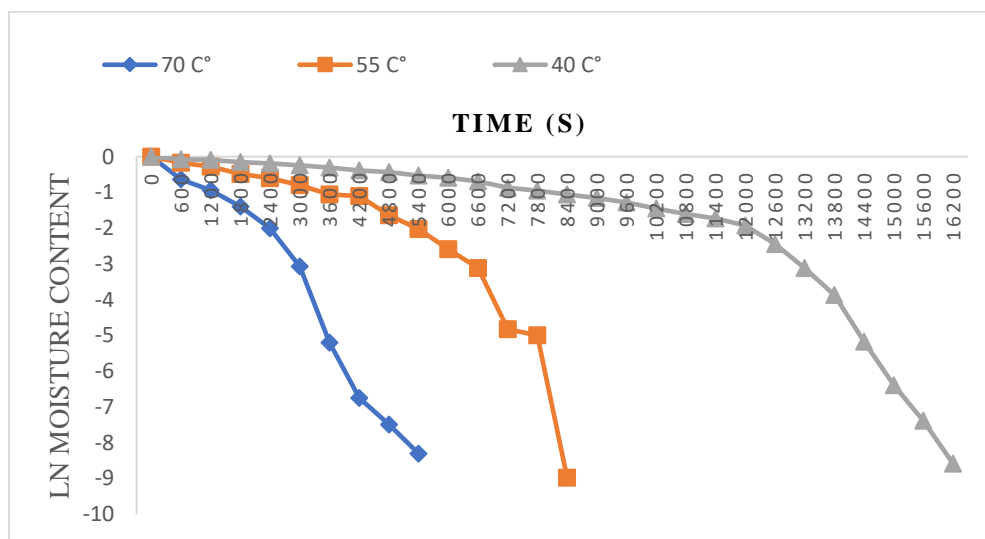


Figure 2 Changing of the moisture content of orange foam (Ln) and drying time in different temperature

ایجاد جنبش مولکولی افزایش یافت. نتایج مشابهی برای ضریب نفوذ موثر رطوبت آب گوجه فرنگی از $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ تا $10^{-8} \times 3.39 \times 10^{-8}$ کادام و همکاران [29] گزارش گردیده است.

جدول ۳ مقادیر ضریب نفوذ موثر رطوبت کف را در دماهای ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. همانطور که گزارش گردیده است، دما اثر مثبت بر ضریب نفوذ موثر رطوبت داشت به نحوی که با افزایش دما ضریب نفوذ موثر رطوبت به دلیل انجام فعل و انفعالات و تاثیر بارز دما در

Table 3 Regression equation and moisture effective diffusion coefficient of orange foam

Effective diffusion coefficient (m ² /s)	R ²	Regression equation	Temperature (°C)
$1/387 \times 10^{-7}$	0.707	-0.238x+1.5708	۴۰
$2/551 \times 10^{-7}$	0.758	-0.478x+1.6523	۵۵
$2/938 \times 10^{-7}$	0.948	-0.995x+1.8964	۷۰

این پارامتر افزایش یافت و در واقع به قرمزی افزوده از سمت سبزی کاسته شد. در خصوص b^* با افزایش دما این پارامتر کاهش یافت. در دمای پایین تر شدت واکنش‌ها نسبت به دمای بالاتر کم می‌شود. زمان طولانی تر فرآیند خشک کردن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با دمای حرارتی کمتر، موجب افزایش مقدار واکنش‌های قهوه‌ای شدن و در نتیجه سیاه تر شدن رنگ نمونه‌ها نسبت به دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد گردید. در نتیجه در خشک کردن نمونه در دمای بالا به دلیل تماس کمتر ماده با اکسیژن مقدار L^* افزایش یافت [18].

۳-۴-۱-آزمون‌های پودر پرتقال

۳-۴-۱-۱-رنگ پودر

نتایج بدست آمده از تاثیر دمای خشک کردن (۴۵-۷۰ درجه سانتی‌گراد) بر شاخص‌های رنگی L^* ، a^* و b^* در جدول ۴ نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده پارامتر L^* به صورت معنی داری با افزایش دمای خشک کردن افزایش یافت و روشن‌ترین پودر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تولید گردید. در خصوص a^* با افزایش دمای خشک کردن،

Table 4 Effect of drying temperature on orange powder color

b	A	L	Temperature(°C)
$26/47 \pm 31^a$	$-7/425 \pm 0.95^c$	$69/385 \pm 345^c$	۴۰
$23/485 \pm 235^b$	$-6/3 \pm 31^b$	$76/115 \pm 245^b$	۵۵
$19/425 \pm 285^c$	$-3/69 \pm 17^a$	$79/495 \pm 565^a$	۷۰

درجه سانتی‌گراد خشک گردیده بود به طور معنی داری بیشتر از سایر دماها بود ($p < 0.05$). این امر می‌تواند به این دلیل باشد که احتمالاً با افزایش دمای خشک کردن از ۴۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل کاهش زمان خشک کردن، حباب‌ها زمان بسیار کمتری جهت فروپاشی و تخریب شدن داشتند. به همین دلیل ساختار متخلخل کف بیشتر حفظ شده که این امر مستقیماً بر حلالیت مؤثر می‌باشد. روند مشابهی توسط گولا و آدامپولوس [30]، برای محصول پودر گوجه فرنگی گزارش گردید. این محققین اظهار داشتند تاثیری که

۳-۴-۲-حلالیت پودر

نتایج حاصل از تاثیر دمای خشک کردن بر حلالیت پودر پرتقال در شکل ۳ گزارش شده است. طبق نتایج بدست آمده با افزایش دمای خشک کردن حلالیت پودر پرتقال افزایش یافت و حلالیت نمونه ای از آب پرتقال که در دمای ۷۰

افزایش دمای خشک کن بر بهبود حلالیت داشته رابطه‌ی مستقیم با چگونگی خارج شدن رطوبت از بافت نمونه و هم چنین درصد رطوبت نمونه دارد.

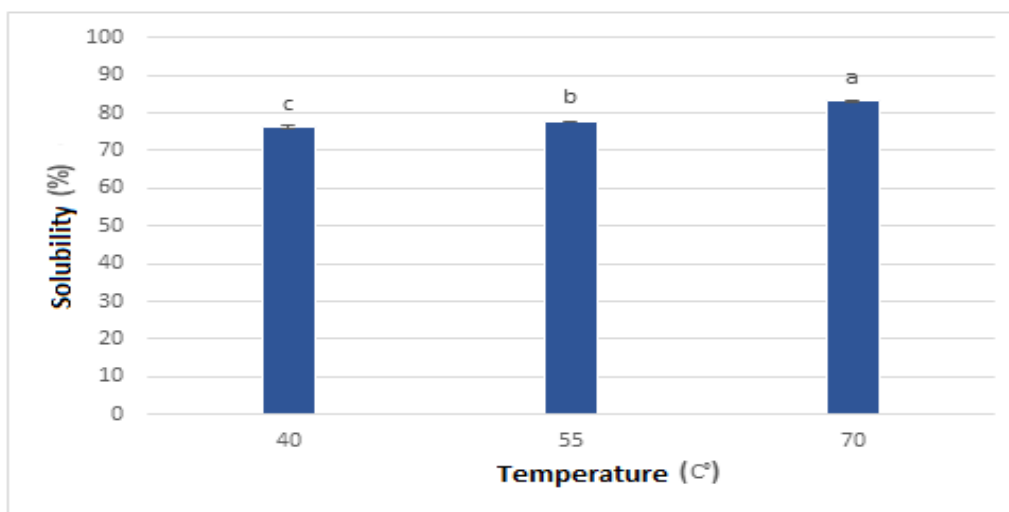


Figure 3 The effect of drying temperature on orange powder solubility

سرعت بالاتر خشک کردن در دمای بالا مربوط دانست. به این دلیل که دانسیته مانند مقدار رطوبت با افزایش اختلاف دمای کف و هوای خشک کردن، منجر به بهبود نرخ انتقال حرارت به درون ساختار کف می شود و پودر با مقدار رطوبت کم تر و در نتیجه دانسیته پایین تر تولید می شود [31].

۳-۴-۳- دانسیته پودر

نتایج مربوط به تاثیر دمای خشک کردن بر دانسیته پودر پرتقال در شکل ۴ نشان داده شده است. طبق نتایج گزارش شده، با افزایش دما از ۴۰ به ۷۰ درجه سانتی گراد، دانسیته پودر کاهش یافت و این پارامتر در نمونه خشک گردیده در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به طور معنی داری کمتر از سایر نمونه ها بود. این کاهش دانسیته در دمای بالا را می شود به

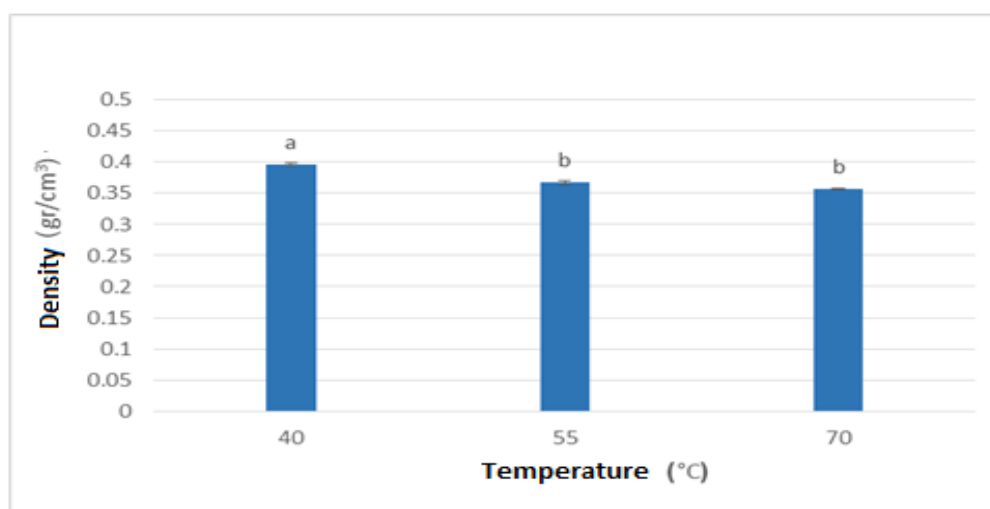


Figure 4 The effect of drying temperature on orange powder density

۳-۴-۳- قابلیت جذب مجدد آب

داد. در پی دناتوره شدن پروتئین، به دلیل ظاهر گردیدن گروه های آب گریز در سطح پروتئین، قدرت جذب آب آن کم می شود. در صورتیکه دناتوره شدن در مقیاس وسیع رخ دهد که سبب تجمع و اتصال مولکول های پروتئین به یکدیگر گردد، در این حالت هم به سبب کم شدن سطح پروتئینی که می تواند در تماس با مولکول های آب قرار بگیرد از قدرت جذب آب آن کاسته می شود [18].

نتایج مربوط به تاثیر دمای خشک کردن بر قابلیت جذب مجدد آب در شکل ۵ نشان داده شده است. مطابق این نتایج، با افزایش دما از ۴۰ به ۷۰ درجه سانتی گراد، قابلیت جذب مجدد آب کاهش یافت و این پارامتر در نمونه خشک شده در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به طور معنی داری کمتر از دیگر نمونه ها بود. کاهش جذب آب با افزایش دما را می شود به دناتوره گردیدن پروتئین های سفیده تخم مرغ ارتباط

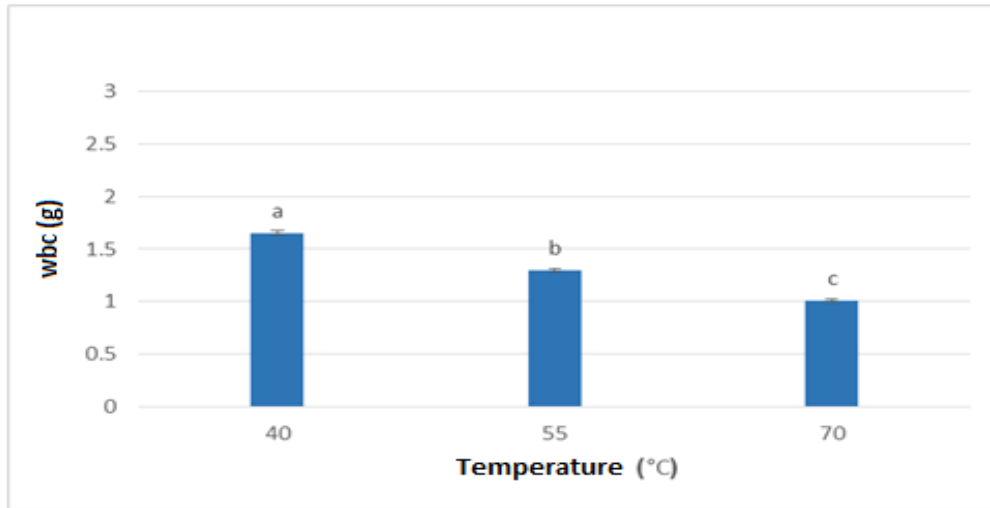


Figure 5 The effect of drying temperature on water binding capacity of orange powder

۷۰ درجه سانتی گراد به طور معنی داری کمتر از دیگر نمونه ها بود. در دماهای بالاتر اختلاف دما بین کف و سیستم حرارتی بیشتر شده که سبب بهبود نرخ انتقال حرارت می شود در نتیجه پودرهای تولیدی در دمای بالاتر فعالیت آبی کمتری داشتند.

۳-۳-۵- فعالیت آبی

نتایج مربوط به تاثیر دمای خشک کردن بر فعالیت آبی نمونه های پودر پرتقال در شکل ۶ نشان داده شده است. مطابق این نتایج، با افزایش دما از ۴۰ به ۷۰ درجه سانتی گراد، فعالیت آبی کاهش یافت و این پارامتر در نمونه خشک شده در دمای

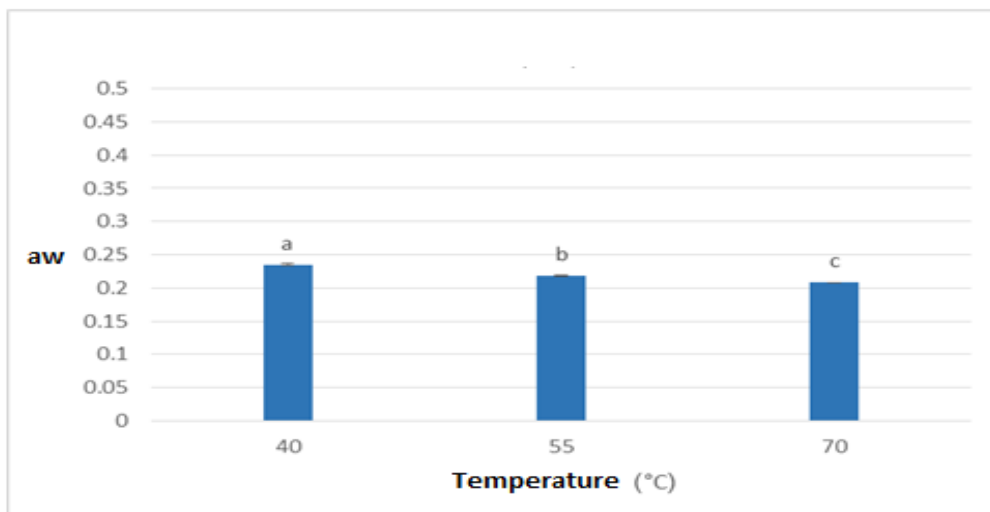
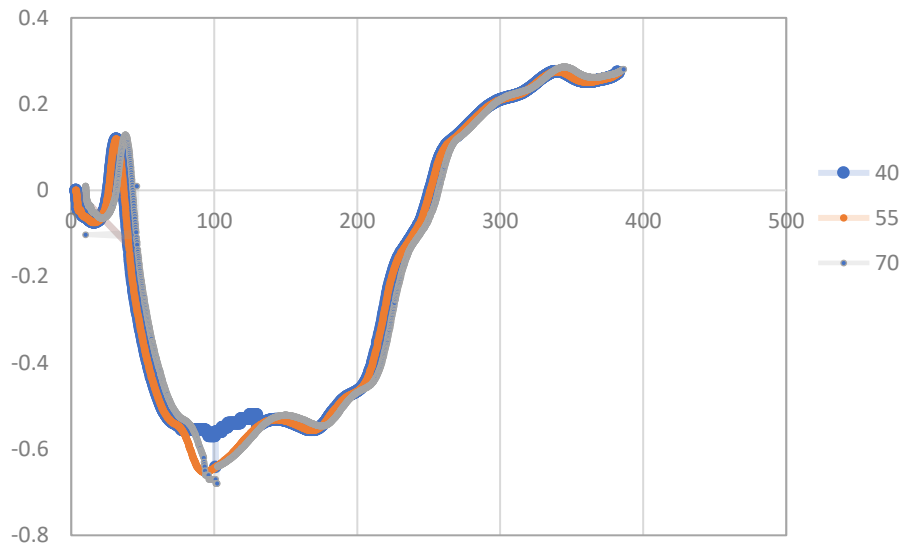


Figure 6 The effect of drying temperature on water activity of orange powder

پایداری پودر را طی تولید نشان می دهد. پودر تولید شده در دمای بالاتر مقاومت بهتری نسبت به پودر تولید شده در سایر دماها دارد. با کاهش دمای خشک کردن به دلیل مشکل انتقال حرارت و در نتیجه بالاتر بودن محتوی رطوبتی، مقدار دمای گذار شیشه ای در پودرهای تولیدی کاهش یافت.

DSC - ۶-۳-۳

مقادیر دمای گذار شیشه ای پودر پرتقال در دماهای مختلف خشک کردن در شکل ۷ نشان داده شده است. این میزان

**Figure 7** Effect of drying temperature on the DSC thermogram of orange powder

تمامی تیمارها، نمونه حاوی ۴ درصد پودر سفیده تخم مرغ و ۰/۱ درصد صمغ دانه شاهی علاوه بر زهکشی کم (حجم زهکشی ۰/۵ ml)، دارای دانسیته پایین (0.21 gr/cm^3) و اورران بالایی (۳۰۸ ml) بود که به عنوان بهترین تیمار جهت تولید پودر پرتقال انتخاب شد. زمان خشک شدن کف پرتقال در دماهای ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد ترتیب ۱۵۰، ۲۸۰ و دقیقه بود. ضریب نفوذ موثر در بازه دمایی ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد در محدوده 10^{-7} تا $2/938 \times 10^{-7}$ مترمربع بر ثانیه قرار داشت. نتایج نشان داد با افزایش دما از ۴۰ به ۷۰ درجه سانتی گراد، حلالیت پودر افزایش یافت در حالیکه فعالیت آبی پودر، دانسیته و قابلیت جذب مجدد آب به شکل معنی داری کاهش پیدا کرد ($p < 0.05$). همچنین نتایج حاصل از آنالیز رنگ نشان داد که با افزایش دمای خشک کردن، شاخص های رنگی (L^*) و (a^*) به صورت معنی داری افزایش یافتند و سبب کاهش شاخص رنگی (b^*) شد.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق اثر صمغ دانه شاهی در سه غلظت (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) به عنوان پایدارکننده و پودر سفیده تخم مرغ در چهار غلظت (۱، ۲، ۳ و ۴ درصد) به عنوان عامل کف زا بر ویژگی های کف آب پرتقال بررسی شد و پس از انتخاب بهترین نمونه جهت خشک کردن، تاثیر دمای خشک کردن در سه سطح (۴۰، ۵۵ و ۷۰ درجه سانتی گراد) بر خصوصیات پودر (حلالیت، قابلیت جذب مجدد آب، فعالیت آبی، دانسیته و رنگ)، آب پرتقال تولیدی به روش کف پوشی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین کنیتیک خشک نمونه ها نیز مدل سازی شد. نتایج نشان داد که با کاهش غلظت صمغ دانه شاهی و افزایش غلظت پودر سفیده تخم مرغ، اورران به صورت معنی داری افزایش یافت و مقدار دانسیته کم شد. همچنین با افزایش غلظت صمغ دانه شاهی و پروتئین سفیده تخم مرغ، پایداری کف بهبود یافت. در بین

۵- منابع

- [1] Adubofuor, J., Amankwah, E.A., Arthur, B.S. and Appiah, F., 2010. Comparative study related to physico-chemical properties and sensory qualities of tomato juice and cocktail juice produced from oranges, tomatoes and carrots. *African Journal of Food Science*, 4(7), pp.427-433.
- [2] Ayhan, Z., Yeom, H.W., Zhang, Q.H. and Min, D.B., 2001. Flavor, color, and vitamin C retention of pulsed electric field processed orange juice in different packaging materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), pp.669-674.
- [3] Bull, M.K., Zerdin, K., Howe, E., Goicoechea, D., Paramanandhan, P., Stockman, R., Sellahewa, J., Szabo, E.A., Johnson, R.L. and Stewart, C.M., 2004. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(2), pp.135-149.
- [4] Martín-Diana, A.B., Rico, D., Barat, J.M. and Barry-Ryan, C., 2009. Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life. *Innovative food science & emerging technologies*, 10(4), pp.590-600.
- [5] Kadam, D.M., Rai, D.R., Patil, R.T., Wilson, R.A., Kaur, S. and Kumar, R., 2011. Quality of fresh and stored foam mat dried Mandarin powder. *International journal of food science & technology*, 46(4), pp.793-799.
- [6] Lobo, F.A., Nascimento, M.A., Domingues, J.R., Falcão, D.Q., Hernanz, D., Heredia, F.J. and de Lima Araujo, K.G., 2017. Foam mat drying of Tommy Atkins mango: Effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 221, pp.258-266.
- [7] Franco, T.S., Perussello, C.A., Ellendersen, L.N. and Masson, M.L., 2016. Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. *LWT-Food Science and Technology*, 66, pp.503-513.
- [8] Razi, S.M., 2020. The Effect of pH and Concentration on the Textural and Rheological Properties of Egg Albumin Foams. *Food Proc Nutr Sci*, 1(2), pp.132-144.
- [9] Mirarab Razi, S., Motamedzadegan, A., Shahidi, S.A. and Rashidinejad, A., 2020. The physical and rheological properties of egg albumin emulsions are influenced by basil seed gum as the stabilizer. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 3(1), pp.61-68.
- [10] Sarabi-Aghdam, V., Hosseini-Parvar, S.H., Motamedzadegan, A., Razi, S.M. and Rashidinejad, A., 2020. Characterization of aqueous dispersions and gels made of sodium caseinate and basil seed gum: Phase behavior, rheology, and microstructure. *Food Biophysics*, 15, pp.495-508.
- [11] Karazhiyan, H., Razavi, S.M. and Phillips, G.O., 2011. Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 25(5), pp.915-920.
- [12] Razavi, S.M.A., Farhoosh, R. and Bostan, A., 2007. Functional properties of hydrocolloid extract of some domestic Iranian seeds, Research project No. 1475. *Unpublished report, Ferdowsi University of Mashhad, Iran*.
- [13] Naji-Tabasi, S. and Mohebbi, M., 2015. Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. *Journal of Food Measurement and characterization*, 9(1), pp.110-119.
- [14] Azizpour, M., Mohebbi, M. and 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, pp.122-126.
- [15] Abbasi, E. and Azizpour, M., 2016. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *LWT-Food Science and Technology*, 68, pp.105-110.
- [16] Li, T.S., Sulaiman, R., Rukayadi, Y. and Ramli, S., 2021. Effect of gum Arabic concentrations on foam properties, drying kinetics and physicochemical properties of foam mat drying of cantaloupe. *Food Hydrocolloids*, 116, p.106492.
- [17] Watharkar, R.B., Chakraborty, S., Srivastav, P.P. and Srivastava, B., 2021. Foaming and foam mat drying characteristics of ripe banana [*Musa balbisiana* (BB)] pulp. *Journal of Food Process Engineering*, 44(8), p.e13726.
- [18] Bagheri, H., Motamedzadegan, A., Mirarab Razi, S., Najafian, L. and Rashidinejad, A., 2021. The assessment of various properties of a novel celery pulp powder manufactured using foam mat drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(12), p.e16011.
- [19] Panato, K. and Muller, C.M.O., 2022. Drying kinetics and physicochemical and technological

properties of pumpkin purée flour dried by convective and foam-mat drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2), p.e16264.

[20] Salahi, Mohammad Reza, Mohebbat Mohebbi, and Masoud Taghizadeh. "Development of cantaloupe (Cucumis melo) pulp powder using foam-mat drying method: Effects of drying conditions on microstructural of mat and physicochemical properties of powder." *Drying Technology* 35, no. 15 (2017): 1897-1908.

[21] Hamzeh, S., Motamedzadegan, A., Shahidi, S.A., Ahmadi, M. and Regenstein, J., 2019. Experimental study on foam mat drying of shrimp meat and evaluation of thin-layer drying models. *Journal of food science and technology (Iran)*, 16(92), pp.73-87

[22] Zhou, W., Cao, X., Islam, M.N., Zheng, H., Li, J., Liu, F., Cao, Y. and Dai, Y., 2021. Comparison of hydrability, antioxidants, microstructure, and sensory quality of barley grass powder using ultra-micro-crushing combined with hot air and freeze drying. *Food Science & Nutrition*, 9(4), pp.1870-1880.

[23] Razi, S., Motamedzadegan, A., Shahidi, S. and Rashidinejad, A., 2018. Basil seed gum enhances the rheological and physical properties of egg albumin foams. *Food Nutrition J: FDNJ-192*. DOI, 10, pp.2575-7091.

[24] Razi, S.M., Fahim, H., Amirabadi, S. and Rashidinejad, A., 2022. An overview of the functional properties of egg white proteins and their application in the food industry. *Food Hydrocolloids*, p.108183.

[25] Papalamprou, E.M., Makri, E.A., Kiosseoglou, V.D. and Doxastakis, G.I., 2005. Effect of medium molecular weight xanthan gum in rheology and

stability of oil-in-water emulsion stabilized with legume proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(12), pp.1967-1973.

[26] Razi, S.M., Motamedzadegan, A., Shahidi, S.A. and Rashidinejad, A., 2019. Physical and rheological properties of egg albumin foams are affected by ionic strength and basil seed gum supplementation. *International Journal of Chemical Engineering*, 2019, pp.1-8.

[27] Carp, D.J., Bartholomai, G.B. and Pilosof, A.M.R., 1997. A kinetic model to describe liquid drainage from soy protein foams over an extensive protein concentration range. *LWT-Food Science and Technology*, 30(3), pp.253-258.

[28] Franco, T.S., Perussello, C.A., Ellendersen, L.N. and Masson, M.L., 2017. Effect of process parameters on foam mat drying kinetics of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and thin-layer drying modeling of experimental data. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1), p.e12264.

[29] Kadam, D.M., Rai, D.R., Patil, R.T., Wilson, R.A., Kaur, S. and Kumar, R., 2011. Quality of fresh and stored foam mat dried Mandarin powder. *International journal of food science & technology*, 46(4), pp.793-799.

[30] Goula, A.M. and Adamopoulos, K.G., 2005. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *Journal of food engineering*, 66(1), pp.35-42.

[31] Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Ashtari, A.K. and 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), pp.667-675.



Scientific Research

Foam mat drying of orange juice using cress seed gum and egg albumin

Maryam Gholipour Tabari¹, Shabnam Hamzeh^{2*}

1- M.Sc., Department of Food Science and Technology, Tajan Institute for Higher Education, Qaemshahr, Iran

2 -Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Tajan Institute for Higher Education, Qaemshahr, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2023/10/28

Accepted: 2024/1/6

Keywords:

Orange juice,
Cress seed gum,
Foam mat drying,
Protein,
Powder properties

DOI: 10.22034/FSCT.21.147.131.

*Corresponding Author E-Mail:

In this research, cress seed gum in three concentrations (0.1, 0.2 and 0.3%) as a stabilizer and egg white powder in four levels (1, 2, 3 and 4%) was used to produce orange juice foam and then the optimal foam sample (minimum density, maximum stability and overrun) was selected. Next, the optimal sample for drying by foam mat drying method was dried at three different temperatures (40, 55 and 70 C) by hot air dryer. The results showed that by decreasing the concentration of cress seed gum and increasing the concentration of egg white protein, the overrun increased significantly and the density decreased ($p < 0.05$). Also, by increasing the concentration of cress seed gum and egg white protein, the stability of the foam improved. Among all the treatments, the sample containing 4% egg white powder and 0.1% cress seed gum, in addition to low drainage (drainage volume 0.5 ml), has low density (0.321 gr/cm) and high overrun (308 percent) which was selected as the best treatment for the production of orange powder. The drying time of orange pulp at temperatures of 40, 55 and 70 degrees Celsius was 100, 150 and 280 minutes, respectively. The effective diffusion coefficient in the temperature range of 40 to 70 degrees Celsius was in the range of 1.38×10^{-7} to 2.938×10^{-7} m²/s. The results showed that by increasing the temperature from 40 to 70 degrees Celsius, the solubility of the powder increased, while the water activity of the powder, density and reabsorption of water decreased significantly ($p < 0.05$). Also, the results of color analysis showed that with increasing drying temperature, color indices (L^*) and (a^*) increased significantly and color index (b^*) decreased