

Assessment of the effects of partially replacing wheat flour with carrot powder on the rheological, physicochemical, and sensory properties of pancakes

Fakhreddin Salehi^{1*}, Sepideh Vejdani²

¹ (Corresponding author) Full Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, Email: F.Salehi@basu.ac.ir

² M.Sc student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Article Info

Article type:
Full Paper

Article history:

Received: 2025-12-05
Revised: 2026-01-05
Accepted: 2026-02-22

Keywords:

Antioxidant capacity
Color index
Sensory evaluation
Texture
Viscosity

ABSTRACT

Background and objectives: The use of natural plant-based ingredients to improve the nutritional value and enhance the quality of bakery products is considered a modern approach in the food industry. Carrot powder, due to its richness in dietary fiber, minerals, antioxidants, and natural pigments such as β -carotene, can serve as a valuable partial substitute for wheat flour in cereal-based formulations. Given that pancakes are widely consumed bakery products, investigating the effects of carrot powder substitution on their physical, color, textural, and sensory attributes is of particular importance. Therefore, the aim of this study was to scientifically evaluate the impact of replacing wheat flour with carrot powder on pancake quality and determine the optimal substitution level.

Materials and methods: In this experimental study, the effects of substituting wheat flour with carrot powder at five levels (0, 10, 20, 30, and 40%) on the viscosity, physical, chemical, color, textural, and sensory properties of pancakes were investigated. The apparent viscosity of pancake batter was measured using a rotational viscometer. Color parameters including lightness, redness, and yellowness of the batter, crust, and crumb were determined through image processing. Texture hardness was measured using a puncture test. Other physicochemical properties, including weight, baking loss, volume, density, moisture, ash, pH, acidity, total phenolic content, and antioxidant capacity of the baked product were also evaluated. Sensory evaluation was conducted by 20 trained panelists. All measurements were performed in triplicate, and mean comparisons were conducted using Duncan's test at a significance level of $p < 0.05$.

Results: The results indicated that increasing the level of carrot powder led to higher batter viscosity and improved rheological stability, along with shear-thinning behavior as shear rate increased. In terms of color, batter and pancake lightness decreased, while redness and yellowness significantly increased ($p < 0.05$), which was attributed to the presence of carotenoids in carrot powder. Pancake weight and volume increased, whereas baking loss and density decreased with higher levels of carrot powder, indicating better

moisture retention and a more porous structure. Moisture, ash content, and acidity increased, while pH decreased. Additionally, total phenolic content and antioxidant capacity significantly increased ($p<0.05$). Crust hardness decreased. Sensory evaluation revealed that although appearance scores declined at higher substitution levels, flavor, aroma, texture, and overall acceptability improved. Overall, substitution with up to 40% carrot powder enhanced the nutritional value and improved the rheological, structural, and sensory qualities of pancakes, resulting in a more nutritious and consumer-acceptable product.

Conclusion: The findings of this study demonstrate that carrot powder can serve as a natural and effective partial substitute for wheat flour, providing enhanced color and improved nutritional properties while also improving sensory and textural characteristics of pancakes. Although product appearance becomes darker at higher substitution levels, the considerable improvement in aroma, flavor, texture, and overall acceptability indicates strong consumer acceptance at the 40% substitution level. Therefore, replacing wheat flour with carrot powder at levels up to 40% is recommended as a suitable and practical option for producing enriched pancakes.

Cite this article: Salehi, F., Vejdaniwahid, S. 2026. Assessment of the effects of partially replacing wheat flour with carrot powder on the rheological, physicochemical, and sensory properties of pancakes. *Food Processing and Preservation Journal*, 18(2), 25-47.



© The Author(s)



<https://doi.org/10.22069/fppj.2026.24349.1917>

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ارزیابی تأثیر جایگزینی بخشی از آرد گندم با پودر هویج بر ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی پنیک

فخرالدین صالحی^{۱*}، سپیده وجدانی وحید^۲

^۱ (نویسنده مسئول) استاد تمام گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: F.Salehi@basu.ac.ir
^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی	سابقه و هدف: استفاده از ترکیبات طبیعی گیاهی برای بهبود ارزش تغذیه‌ای و ارتقای کیفیت محصولات نانوائیکی از رویکردهای نوین در صنایع غذایی است. پودر هویج، به دلیل غنی بودن از فیبر غذایی، مواد معدنی، آنتی‌اکسیدان‌ها و رنگدانه‌های طبیعی مانند بتاکاروتن، می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین ارزشمند برای بخشی از آرد گندم در فرمولاسیون محصولات بر پایه غلات مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه پنیکیکی از فرآورده‌های پرمصرف است، بررسی اثر جایگزینی پودر هویج بر ویژگی‌های فیزیکی، رنگی، بافتی و حسی این محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا هدف از این پژوهش، ارزیابی علمی اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هویج بر کیفیت پنیک‌ها و تعیین سطح مناسب جایگزینی بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۴ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۳	مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، تأثیر جایگزینی آرد گندم با پودر هویج (در پنج سطح ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) بر ویسکوزیته، فیزیکی، شیمیایی، رنگ، بافت و حسی پنیک بررسی شد. ویسکوزیته ظاهری خمیر پنیک‌ها با استفاده از ویسکومتر چرخشی اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رنگ شامل روشنایی، قرمزی و زردی خمیر، پسته و مغز پنیک‌ها به روش پردازش تصویر تعیین شدند. سختی بافت محصول نیز از طریق آزمون نفوذ اندازه‌گیری شد. سایر خواص فیزیکوشیمیایی شامل وزن، افت پخت، حجم، چگالی، رطوبت، خاکستر، pH، اسیدیته، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان محصول پخته شده نیز مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی حسی محصول توسط ۲۰ ارزیاب آموزش‌دیده انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گرفت.
واژه‌های کلیدی: ارزیابی حسی بافت شاخص رنگ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ویسکوزیته	یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزایش سطح پودر هویج موجب افزایش ویسکوزیته خمیر و پایداری رئولوژیکی آن می‌شود و رفتار شل‌شوندگی با افزایش سرعت برشی مشاهده گردید. از نظر رنگ، روشنایی خمیر و پنیک کاهش و قرمزی و زردی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0/05$) که ناشی از حضور کاروتنوئیدها در پودر هویج بود. وزن و حجم پنیک‌ها با افزایش پودر هویج افزایش و افت پخت و چگالی کاهش یافت که نشان‌دهنده نگهداری بهتر رطوبت و ایجاد ساختار متخلخل‌تر است. مقادیر رطوبت و خاکستر و همچنین اسیدیته افزایش

و pH کاهش یافت. علاوه بر این محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی محصول به طور معناداری افزایش یافتند ($p < 0.05$). سختی پوسته کاهش یافت. ارزیابی حسی نشان داد که با وجود کاهش ظاهر در سطوح بالاتر، پذیرش طعم، عطر، بافت و امتیاز کلی محصول افزایش یافت. به طور کلی، جایگزینی پودر هویج تا ۴۰ درصد علاوه بر ارتقای ارزش تغذیه‌ای، موجب بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی، ساختاری و حسی پنکیک گردید و محصولی مغذی‌تر و پذیرفته‌شده‌تر برای مصرف‌کننده فراهم کرد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از پودر هویج به عنوان یک جایگزین طبیعی برای بخشی از آرد گندم، علاوه بر ایجاد رنگ جذاب‌تر و افزایش خواص تغذیه‌ای، می‌تواند خصوصیات حسی و بافتی پنکیک را بهبود بخشد. اگرچه ظاهر محصول در سطوح بالای جایگزینی تیره‌تر می‌شود، اما افزایش قابل توجه در عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی بیانگر مقبولیت بالای این محصول در سطح ۴۰ درصد جایگزینی است؛ بنابراین، جایگزینی پودر هویج تا سطح ۴۰ درصد می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب و قابل توصیه در تولید پنکیک‌های غنی‌شده مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: صالحی، فخرالدین؛ وجدانی وحید، سپیده. (۱۴۰۵). ارزیابی تأثیر جایگزینی بخشی از آرد گندم با پودر هویج بر ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی پنکیک. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۸(۲)، ۲۵-۴۷.



<https://doi.org/10.22069/fppj.2026.24349.1917>

© نویسندگان



ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

پنکیک‌ها از جمله محصولات نانوائی پرمصرف بر پایه غلات هستند که به دلیل بافت نرم، طعم ملایم و سهولت در تهیه، محبوبیت زیادی دارند. این محصول که به طور سنتی از آرد گندم تهیه می‌شود، اگرچه دارای ویژگی‌های حسی مطلوب است، اما از نظر ارزش تغذیه‌ای و کارکردی محدودیت‌هایی دارد (۱). (۲). با افزایش علاقه مصرف‌کنندگان به مواد غذایی با ویژگی‌های ارتقای سلامت، جایگزینی آرد گندم با مواد گیاهی مغذی‌تر به عنوان رویکردی مؤثر برای بهبود کیفیت محصولات نانوائی مطرح شده است (۳-۶). در سال‌های اخیر، پنکیک‌ها به‌ویژه در قالب محصولات با گلوتن یا بدون گلوتن و غنی‌شده از نظر تغذیه‌ای، توجه پژوهشگران حوزه علوم و صنایع غذایی را به خود جلب کرده‌اند. تمرکز اصلی این مطالعات بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، بافتی، حسی و ارزش تغذیه‌ای پنکیک‌ها از طریق استفاده از مواد اولیه نوآورانه و فناوری‌های نوین فرآوری بوده است (۷، ۸). به عنوان مثال، در پژوهشی تأثیر استفاده از صمغ دانه ریحان در فرمولاسیون پنکیک‌های کینوا بررسی شده و نتایج نشان داده است که افزایش غلظت این صمغ می‌تواند به بهبود ویژگی‌های فیزیکی، بافتی و پذیرش حسی محصول منجر شود (۹). همچنین مطالعات دیگری به بررسی کاربرد آرد کینوا جوانه‌زده و استفاده از تیمارهای نوینی مانند میدان مغناطیسی، فراصوت و خشک‌کردن فروسرخ پرداخته‌اند که نقش مؤثری در ارتقای کیفیت و خواص تغذیه‌ای پنکیک‌های بدون گلوتن ایفا کرده‌اند (۲). از سوی دیگر، تأثیر تیمار میدان مغناطیسی بر دانه‌های جو دوسر در مرحله جوانه‌زنی و پیامدهای آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پنکیک‌های تهیه‌شده از آرد جو دوسر جوانه‌زده نیز مورد بررسی قرار گرفته است (۴). این مطالعات

نشان می‌دهند که به‌کارگیری ترکیبات عملکردی و فناوری‌های نوین می‌تواند راهکار مؤثری برای تولید پنکیک‌هایی با کیفیت بالاتر و ارزش تغذیه‌ای مطلوب‌تر باشد و مبنای مناسبی برای توسعه تحقیقات بیشتر در این حوزه فراهم کند.

هویج و فرآورده‌های پودری آن منبعی غنی از فیبر غذایی، کاروتنوئیدها (از جمله β کاروتن)، ویتامین‌ها و ترکیبات فنلی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند. تبدیل هویج به پودر خشک‌شده امکان متمرکزسازی این اجزا را فراهم می‌سازد و پودر هویج به عنوان یک ماده عملکردی و تقویتی در صنایع غذایی معرفی شده است (۱۰، ۱۱). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که پودر هویج می‌تواند به طور معنی‌داری محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی محصولات پخته‌شده را افزایش دهد (۱۲، ۱۳).

استفاده از مواد پودری غنی از فیبر همچون پودر هویج در فرمولاسیون محصولات نانوائی و قنادی معمولاً منجر به تغییرات قابل توجه در رفتار رئولوژیکی خمیر و در نهایت محصول پخته شده می‌شود. برای مثال افزایش جذب آب، تغییر در ویسکوزیته ظاهری و کاهش پایداری شبکه گلوتن در سطوح بالاتر گزارش شده است. این تغییرات می‌توانند بر حجم، چگالی، افت پخت و بافت نهایی محصول اثر بگذارند (۱۴، ۱۵)؛ به عنوان نمونه، افزایش فیبر معمولاً منجر به افزایش ویسکوزیته خمیر و نگهداری بهتر رطوبت می‌شود که ممکن است به افزایش حجم و تخلخل محصول پخته‌شده کمک کند، هرچند اثر دقیق وابسته به نوع فیبر و سطح جایگزینی است (۱۴، ۱۶، ۱۷).

اگرچه افزودن پودرهای رنگی طبیعی معمولاً باعث تیره‌تر شدن یا تغییر ظاهر محصولات می‌شوند که می‌تواند امتیاز «ظاهر» را کاهش دهد، شواهد نشان می‌دهد که سطوح مناسب جایگزینی ممکن است در مجموع منجر به بهبود طعم، عطر، بافت و پذیرش

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: برای تهیه پنکیک، آرد گندم (زر ماکارون، ایران)، وانیل (همیشک، ایران)، بیکنینگ پودر (میوفل، ایران)، شکر (ضامن، ایران)، شیر پاستوریزه پرچرب (۳/۴ درصد چربی، دامداران، ایران)، تخم مرغ تازه (تلاونگ، ایران)، روغن آفتابگردان (طبیعت، ایران) و هویج تازه (از بازار همدان، ایران) از بازارهای محلی شهر همدان تهیه شدند.

مواد شیمیایی مورد استفاده شامل معرف فولینس-یو کالتیو (Sigma-Aldrich، آمریک)، سدیم کربنات (مرک، آلمان)، اسید گالیک (مرک، آلمان)، ۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH، سیگما-آلدریج، آمریکا) و اتانول (شرکت کیمیا الکل زنجان، ایران) بودند.

هویج تهیه شده پس از شست و شو و پوست گیری، با استفاده از رنده به ورقه‌های نازک تبدیل گردید. سپس خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس و به مدت ۷۰ دقیقه انجام شد. در مرحله پایانی، هویج‌های خشک شده با استفاده از یک آسیاب صنعتی ساخت شرکت بست (چین) آسیاب شدند.

تهیه پنکیک: براساس مرور منابع و نتایج آزمایش‌های مقدماتی، یک فرمولاسیون بهینه شامل ۷۰ گرم آرد گندم، یک گرم وانیل، ۴ گرم بیکنینگ پودر، ۲۵ گرم شکر، ۱۰۰ گرم شیر پاستوریزه پرچرب، ۵۷ گرم تخم مرغ تازه و ۶ گرم روغن تهیه شد. ابتدا سفیده‌های تخم مرغ به مدت ۲ دقیقه با همزن برقی زده شدند تا کف پایدار تشکیل شود. در ظرفی جداگانه، زرده و روغن به مدت ۱ دقیقه مخلوط شدند تا یک امولسیون یکنواخت حاصل شود. سپس ۵۰ گرم از شیر افزوده شده و پس از مخلوط کردن، مواد خشک (آرد گندم یا پودر هویج، شکر، وانیل و بیکنینگ پودر) که قبلاً

کلی مصرف کننده شوند (۱۰، ۱۵، ۱۸). مطالعات حسی بر روی پنکیک‌ها و محصولات مشابه (از جمله جایگزینی با پروتئین‌هایا پودهای میوه‌ای/باقیمانده‌های گیاهی) نشان داده‌اند که تا سطوح معین می‌توان پذیرش مطلوب را حفظ یا حتی ارتقا داد، به شرط آنکه پارامترهای فرایندی و آمیختگی به درستی تنظیم شوند (۵، ۱۳). در مطالعه‌ای پودر هویج (۰ تا ۳۰ درصد) در سطوح مختلف به کیک اسفنجی افزوده شد. نتایج حاکی از این بود که افزودن پودر هویج سبب افزایش قابل توجه ویسکوزیته خمیر و بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای مانند بتاکاروتن، خاکستر و رطوبت می‌شود. همچنین افزودن ۱۰ درصد پودر هویج منجر به کاهش سختی و جویدن پذیری و ایجاد رنگ تیره‌تر و غنی‌تر در مغز کیک گردید. در مجموع، نمونه ۱۰ درصد از نظر ویژگی‌های حسی مطلوب‌ترین بوده و نشان داد که سطوح متوسط پودر هویج می‌تواند کیفیت تغذیه‌ای و بافتی محصول را بهبود دهد (۱۹).

با توجه به پتانسیل بالای پودر هویج در بهبود خواص تغذیه‌ای و عملکردی فرآورده‌های نانوائی و همچنین خلأ موجود در پژوهش‌های جامع که هم‌زمان رئولوژی، شاخص‌های رنگی، خواص فیزیکی، ظرفیت آنتی اکسیدانی، بافت و پذیرش حسی پنکیک را در سطوح متعدد جایگزینی بسنجد، مطالعه حاضر با تمرکز بر جایگزینی بخشی از آرد گندم با پودر هویج در سطوح ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد طراحی شده است. هدف اصلی، تعیین سطح مناسب جایگزینی است که بتواند بیشترین بهبود را در ارزش تغذیه‌ای و خواص عملکردی-حسی پنکیک ایجاد نماید، بدون آنکه از نظر تکنولوژیک یا پذیرش مصرف کننده مشکلات قابل توجهی ایجاد کند.

الک شده بودند، اضافه و به مدت ۲ دقیقه مخلوط شدند. در ادامه، ۵۰ گرم شیر باقیمانده افزوده شده و مخلوط کردن ۳ دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعد، سفیده‌های کف کرده به آرامی به خمیر اضافه و به مدت یک دقیقه مخلوط شدند. خمیر تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط استراحت داده شد. برای پخت، تابه‌ای با دمای ۱۹۰-۱۸۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده و ۲۵ گرم از خمیر برای هر پنکیک استفاده شد (۲) دقیقه پنکیک سمت و ۱ دقیقه سمت دیگر). پس از سرد شدن در دمای محیط، پنکیک‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی با نفوذپذیری کم در برابر اکسیژن و رطوبت بسته‌بندی شدند (۹). در ادامه، آرد به صورت تدریجی و در سطوح جایگزینی ۰٪، ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪ و ۴۰٪ (۲۲ گرم آرد گندم و ۲۸ گرم پودر هویج) با پودر هویج جایگزین شد. جایگزینی تدریجی آرد گندم با پودر هویج امکان بررسی اثرات رقیق‌سازی گلوتن و افزایش فیبر و ترکیبات زیست‌فعال را فراهم می‌کند.

ارزیابی ویسکوزیته خمیر پنکیک: ویسکوزیته ظاهری خمیر به عنوان تابعی از سرعت برشی (سرعت چرخش اسپیندل، ۵، ۱۰ و ۱۵ دور بر دقیقه) و زمان اعمال برش (۰ تا ۱۲۰ ثانیه) با استفاده از ویسکومتر چرخشی (Brookfield DV2T، مدل RV، آمریکا) مجهز به اسپیندل RV-05 اندازه‌گیری شد. کلیه اندازه‌گیری‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت.

تعیین افت پخت: افت پخت نشان‌دهنده میزان کاهش رطوبت و وزن طی فرایند پخت است. افت پخت بر اساس روش وجدانی وحید و صالحی (۲۰۲۵) و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۲):

$$100 \times \left[\frac{\text{جرم خمیر قبل از پخت}}{\text{جرم پنکیک پخته شده}} - \frac{\text{جرم خمیر قبل از پخت}}{\text{درصد اتلاف پخت}} \right]$$

تعیین حجم و چگالی: حجم پنکیک‌ها با روش جابه‌جایی دانه کلزا اندازه‌گیری شد. در این روش، حجم دانه‌های کلزای جابه‌جا شده توسط نمونه در ظرف مدرج اندازه‌گیری می‌شود. پس از تعیین حجم، هر پنکیک با دقت توزین شد و چگالی از تقسیم جرم بر حجم محاسبه شد. این روش به دلیل سادگی، دقت مناسب و امکان استفاده برای نمونه‌های با شکل نامنظم، در مطالعات محصولات پخته‌شده کاربرد گسترده‌ای دارد.

تعیین رطوبت و خاکستر: مقدار رطوبت با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتال (Kern، DBS60-3، آلمان) اندازه‌گیری شد و به صورت درصد کاهش وزن پس از حرارت‌دهی گزارش شد.

مقدار خاکستر با توزین ۳ گرم از هر نمونه، سوزاندن اولیه روی شعله گاز و سپس خاکسترکردن در کوره (پارس آزما، ایران) در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تا وزن ثابت تعیین شد (۲۰).

تعیین pH و اسیدیته: pH و اسیدیته نمونه‌ها مطابق روش وجدانی وحید و صالحی (۲۰۲۵) اندازه‌گیری شدند (۲).

تعیین فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: تعیین فنل کل طبق روش ثمری و همکاران (۲۰۲۵a) و به روش فولین-سیوکالتیوانجام شد (۲۰). برای تهیه عصاره، ۲ گرم از نمونه با ۲۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه همزده شد، سپس به مدت ۵ دقیقه با ۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شد و سوپرناتانت برای آزمون جمع‌آوری شد.

در این آزمون، ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره با ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین مخلوط شده و پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۲۰ درصد افزوده شد. مخلوط ۱۵ دقیقه در ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده، سپس رقیق و مجدداً سانتریفوژ شد. جذب در ۷۲۵ نانومتر تو دستگاه اسپکتروفتومتر (XD-7500،

تحلیل آماری

تمام آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شدند و نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شدند. تحلیل آماری با آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفته و اختلاف‌ها در سطح $p < 0.05$ معنی‌دار تلقی شدند.

نتایج و بحث

ویسکوزیته خمیر پنکیک: شکل ۱ تغییرات ویسکوزیته ظاهری خمیر پنکیک را طی ۱۲۰ ثانیه و در سرعت ثابت ۱۰ دور بر دقیقه برای سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، افزایش درصد پودر هویج منجر به افزایش واضح ویسکوزیته ظاهری می‌شود. نمونه شاهد کمترین ویسکوزیته را دارد و با افزایش سطح جایگزینی به ۱۰، ۲۰، ۳۰ و نهایتاً ۴۰ درصد، مقدار ویسکوزیته به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد. این روند نشان می‌دهد که پودر هویج توانایی نگهداشت آب خمیر را تقویت کرده و سبب ایجاد ماتریکس غلیظ‌تر و ساختاریافته‌تر می‌شود. هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، مجذوبی و همکاران (۲۰۱۷) اثرات افزودن پودر تفاله هویج (۰ تا ۳۰ درصد) و مخلوطی از صمغ‌های پکتین و گرانتان (۱/۵ درصد از هر کدام) بر کیفیت خمیر و کیک بدون گلوتن را بررسی و گزارش کردند که با افزایش سطح پودر تفاله هویج و افزودن صمغ، ویسکوزیته خمیر به‌طور قابل توجهی از ۰/۰۸۷ پاسکال ثانیه برای نمونه کنترل به بیش از ۷ پاسکال ثانیه برای نمونه ۳۰ درصد پودر تفاله هویج افزایش می‌یابد (۱۵). حسین و همکاران (۲۰۱۳) درصد فیبر خام آرد گندم و پودر هویج را به ترتیب برابر ۰/۷۸ و ۷/۱۶ درصد گزارش کردند. همچنین گزارش کردند که با جایگزینی ۸ درصد پودر هویج با آرد

لاویباند، آلمان) اندازه‌گیری و نتایج به‌صورت میکروگرم اسید گالیک بر گرم نمونه خشک گزارش شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز با روش DPPH و مطابق وجدانی و حید و صالحی (۲۰۲۵) اندازه‌گیری شد (۲). در این روش، ۲ میلی‌لیتر عصاره با ۲ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ میلی‌مولار DPPH مخلوط و ۳۰ دقیقه در تاریکی نگهداری شد. جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر ثبت شد.

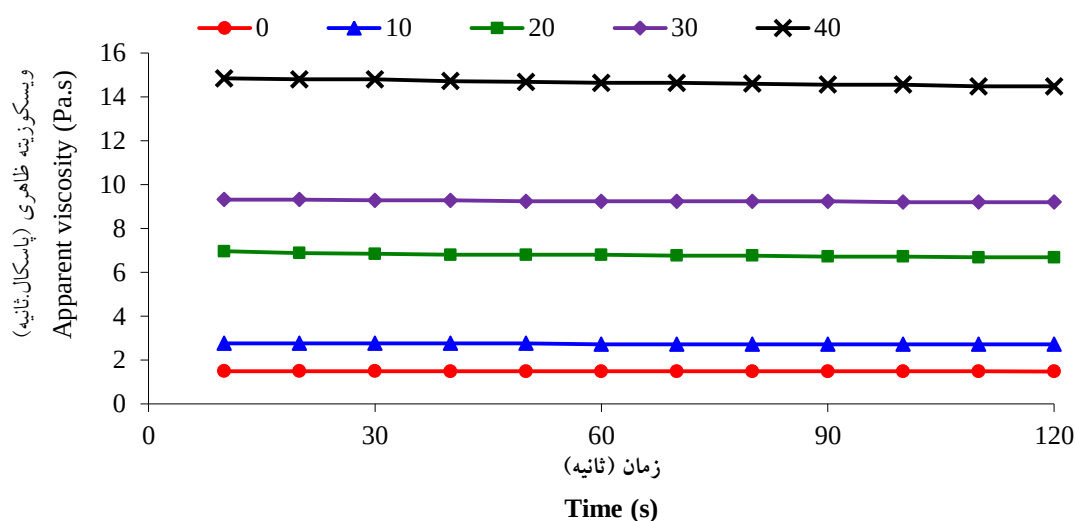
تعیین پارامترهای رنگ: پارامترهای رنگ خمیر، پوسته و مغز پنکیک با استفاده از پردازش تصویر اندازه‌گیری شدند. تصاویر با دوربین ۴۸ مگاپیکسلی (iPhone 15 Pro Max، اپل، چین) داخل یک اتاقک مخصوص عکس‌برداری در شرایط نوری ثابت گرفته شدند. سپس فضای رنگ RGB به شاخص‌های روشنایی (روشنی)، قرمزی (طیف سبز تا قرمز) و زردی (طیف آبی تا زرد) در نرم‌افزار ImageJ (نسخه ۱.۴۲، آمریکا) با استفاده از افزونه تحلیل رنگ، تبدیل شد (۴).

آزمون نفوذ: سختی پوسته (نیوتن) پنکیک‌ها با آزمون نفوذ و با استفاده از دستگاه بافت سنج (سنتام، STM-5، ایران) اندازه‌گیری شد. یک پروب استوانه‌ای با قطر ۵ میلی‌متر و سرعت ثابت ۰/۱ سانتی‌متر بر ثانیه تا عمق نفوذ یک سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. **ارزیابی حسی پنکیک:** ارزیابی حسی در آزمایشگاه فناوری‌های نوین صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، انجام شد. در این مطالعه، ۲۰ ارزیاب (۱۰ زن و ۱۰ مرد) از گروه‌های سنی مختلف برای ارزیابی نمونه‌ها انتخاب شدند. تمام شرکت‌کنندگان از هدف مطالعه و روند آزمون مطلع شده و رضایت آگاهانه ارائه کردند. از روش هدونیک ۹ نقطه‌ای (۱=ضعیف، ۵=متوسط و ۹=عالی) جهت بررسی حسی پنکیک‌ها استفاده شد. معیارهای ارزیابی شامل ظاهر، عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی بود.

هویج علاوه بر داشتن بیشترین ویسکوزیته، پایدارترین رفتار زمانی را نیز نشان می‌دهد که می‌تواند به وجود فیبرهای نامحلول با توانایی بالای نگهداشت آب در پودر هویج نسبت داده شود. سطوح جایگزینی پایین‌تر نیز ویسکوزیته کمتر اما الگوی پایداری مشابهی داشتند. به‌طور کلی، شکل ۱ نشان می‌دهد که پودر هویج علاوه بر افزایش ویسکوزیته اولیه خمیر پنکیک، موجب بهبود پایداری رئولوژیکی آن در طی اختلاط می‌شود. رفتار مشابه ویسکوزیته-زمان در سایر سرعت‌های اسپیندل (۵ و ۱۵ دور بر دقیقه) نیز مشاهده شد که بیانگر پایداری این روند در شرایط مختلف برشی است.

گندم در فرمولاسیون نان تابه‌ای، درصد فیبر خام محصول از ۰/۷۳ درصد به ۱/۶۰ درصد افزایش می‌یابد (۱۴). احمد و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که با مخلوط کردن پودر تفاله هویج با آرد گندم، میزان پروتئین مخلوط کاهش اما میزان فیبر افزایش می‌یابد. همچنین گزارش کردند که با افزودن این پودر می‌توان کوکی‌های کم‌گلوتن با خواص آنتی‌اکسیدانی و حسی بهتر تولید کرد (۱۶).

در تمام سطوح جایگزینی، ویسکوزیته در طول زمان تقریباً ثابت باقیماند و تنها نوسانات اندکی طی ۱۲۰ ثانیه اندازه‌گیری مشاهده شد. این رفتار بیانگر پایداری رئولوژیکی خمیر تحت نرخ برش پایین (۱۰ دور بر دقیقه) است. نمونه حاوی ۴۰ درصد پودر



شکل ۱- تغییرات ویسکوزیته ظاهری خمیر پنکیک در طول زمان در سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج (۱۰ دور بر دقیقه)

Figure 1. Changes in apparent viscosity of pancake batter over time at different carrot powder substitution levels (10 RPM)

هویج و در سرعت برشی برابر ۵ RMP (۲۰/۴ پاسکال ثانیه) بود. مطابق نتایج، افزایش سطح جایگزینی پودر هویج در تمام سرعت‌های اندازه‌گیری، موجب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته می‌شود. خمیر شاهد کمترین ویسکوزیته را دارد و بیشترین مقادیر ویسکوزیته در سطح جایگزینی ۴۰

شکل ۲ ویسکوزیته ظاهری خمیر پنکیک حاوی مقادیر مختلف پودر هویج را در سه سرعت چرخش اسپیندل (۵، ۱۰ و ۱۵ دور بر دقیقه) نشان می‌دهد. کمترین ویسکوزیته مربوط به خمیر شاهد و در سرعت برشی برابر ۱۵ RMP (۱/۳ پاسکال ثانیه) و بیشترین ویسکوزیته مربوط به نمونه حاوی ۴۰ پودر

درصد پودر هویج مشاهده شد. این افزایش پیوسته بیانگر تأثیر چشمگیر پودر هویج در تقویت قوام ساختاری خمیر است که احتمالاً ناشی از ظرفیت بالای نگهداشت آب و حضور فیبر در پودر هویج است که به تشکیل ماتریکس غلیظتر کمک می‌کند. هم‌راستا با نتایج این پژوهش، صالحی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که جایگزینی پودر هویج با آرد گندم در فرمولاسیون کیک باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک از $12/3$ تا $37/2$ پاسکال ثانیه می‌شود و خمیر حاوی ۳۰ درصد پودر هویج بیشترین ویسکوزیته را در بین نمونه‌ها داشت (۱۹).

اثر سرعت چرخش اسپیندل نیز کاملاً آشکار است؛ به‌طوری‌که در هر سطح جایگزینی، ویسکوزیته در ۵ دور بر دقیقه بیشترین مقدار، در ۱۰ دور بر دقیقه مقدار متوسط و در ۱۵ دور بر دقیقه کمترین مقدار را دارد. این الگو بیانگر رفتار شل‌شوندگی خمیر با برش است؛ بدین معنا که با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته کاهش می‌یابد و ساختار داخلی خمیر تحت سرعت‌های بالاتر دچار آرایش تخریب نسبی می‌شود.

گروه‌بندی‌های آماری (نشان داده شده با حروف متفاوت) اختلاف معنی‌دار ($p < 0/05$) هم بین سطوح جایگزینی و هم بین سرعت‌های چرخشی را تأیید می‌کند. در سطوح جایگزینی بالاتر (۳۰ و ۴۰ درصد)، اختلاف ویسکوزیته بین سرعت‌ها برجسته‌تر می‌شود که نشان می‌دهد فرمولاسیون‌های غنی‌شده با پودر هویج حساسیت بیشتری نسبت به اثرات برشی دارند.

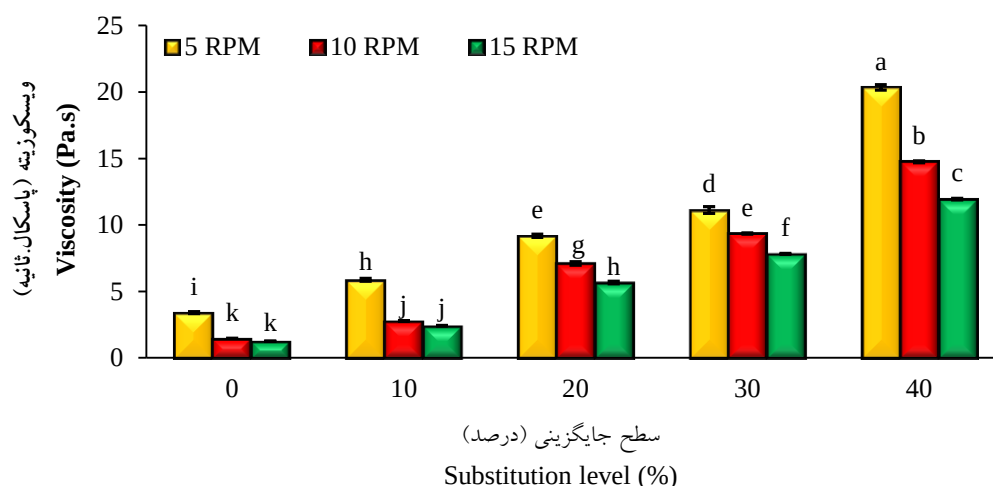
به‌طور کلی، شکل ۲ نشان می‌دهد که جایگزینی پودر هویج و سرعت چرخش اسپیندل هر دو تأثیر قابل توجهی بر رفتار رئولوژیکی خمیر پنکیک دارند؛ به‌گونه‌ای که سطوح بالاتر جایگزینی منجر به

خمیرهای غلیظ‌تر و با ویسکوزیته بیشتر می‌شود و افزایش سرعت برشی موجب کاهش ویسکوزیته می‌گردد. این یافته‌ها نقش هم‌زمان ترکیب فرمولاسیون و شرایط اختلاط مکانیکی را در تعیین ویژگی‌های جریان خمیر برجسته می‌کند.

پارامترهای رنگ خمیر پنکیک: کاروتنوئیدها، مسئول رنگ‌های نارنجی-زرد در هویج، تحت تأثیر پارامترهای خشک‌سازی، دما و فرآیند پخت دچار تغییرات کمی و گاهی تغییر فرم می‌شوند؛ بنابراین افزودن پودر هویج به فرمولاسیون رنگ محصول را به سمت قرمزی/زردی و تیره شدن می‌برد (۲۱). شکل ۳ تغییرات روشنایی، قرمزی و زردی خمیر پنکیک را در سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج (۰ تا ۴۰ درصد) نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار (a) مشاهده می‌شود، افزایش پودر هویج به‌طور معنی‌داری موجب کاهش مقدار روشنایی شده است؛ به‌طوری‌که روشنایی از $86/5$ در نمونه شاهد به $73/6$ در سطح ۴۰ درصد جایگزینی کاهش یافته است. این کاهش روشنایی ناشی از رنگدانه‌های طبیعی هویج، به‌ویژه بتاکاروتن است که خمیر را تیره‌تر و متمایل به نارنجی می‌کند. اختلاف حروف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین تمام تیمارها ($p < 0/05$) است.

در نمودار (b)، شاخص قرمزی که بیانگر تمایل به رنگ سبز-قرمز است، با افزایش سطح جایگزینی روندی افزایشی و کاملاً معنی‌دار نشان می‌دهد. نمونه شاهد دارای مقدار منفی قرمزی است (تمایل به سبز)، اما با افزودن پودر هویج این مقدار به تدریج مثبت شده و در سطح ۴۰ درصد بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. این تغییر جهت از سبز به قرمز بیانگر تأثیر مستقیم رنگدانه‌های قرمز-نارنجی کاروتنوئیدی موجود در هویج است. تفاوت حروف آماری نیز اختلاف معنی‌دار بین تمامی تیمارها را تأیید می‌کند ($p < 0/05$).

1. Shear-thinning



شکل ۲- ویسکوزیته ظاهری خمیر پنکیک تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج و سرعت چرخش اسپیندل ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

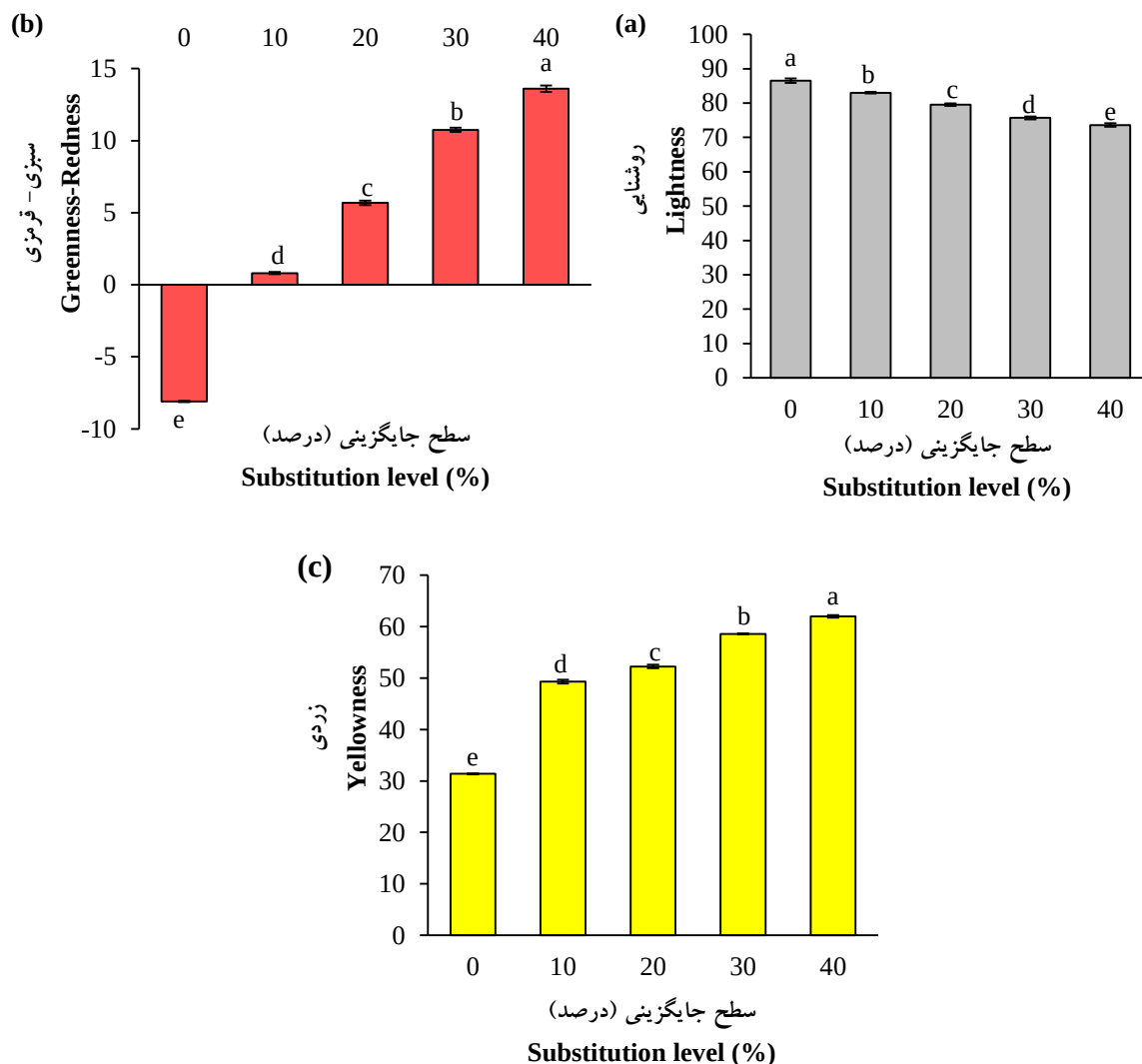
Figure 2. Apparent viscosity of pancake batter as influenced by carrot powder substitution and spindle rotation speed
Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

افت پخت (b) پنکیک‌ها نشان می‌دهد. هر دو نمودار تغییرات قابل توجه و از نظر آماری معنی‌دار ($p < 0.05$) را با افزایش درصد جایگزینی نشان می‌دهند. در شکل ۴a، وزن پنکیک‌ها با افزایش مقدار پودر هویج به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که نمونه شاهد کمترین وزن (۲۲/۰۴ گرم) و نمونه با جایگزینی ۴۰ درصد بیشترین وزن (۲۴/۸۰ گرم) را نشان می‌دهد و دامنه گروه‌بندی‌های آماری از e تا a متغیر است. این روند افزایشی بیانگر آن است که پودر هویج توانایی جذب و نگهداری آب را در خمیر افزایش می‌دهد که احتمالاً ناشی از محتوای بالاتر فیبر آن نسبت به آرد گندم است (۶). در نتیجه، پنکیک‌های حاوی سطوح بالاتر پودر هویج، رطوبت بیشتری را پس از فرآیند پخت حفظ کرده و جرم نهایی بالاتری پیدا می‌کنند که در بخش ۳-۵ این موضوع بررسی و نتایج مربوط به درصد رطوبت گزارش شده است.

نمودار (c) نیز تغییرات شاخص زردی را نشان می‌دهد. با افزایش سطوح جایگزینی، مقدار زردی به‌طور مرتب افزایش می‌یابد و از ۳۱/۴ در شاهد به ۶۲ در سطح ۴۰ درصد می‌رسد. این افزایش چشمگیر زردیه دلیل غلظت بالای رنگدانه‌های زرد- نارنجی در پودر هویج است. بر اساس حروف آماری نیز تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار دارند ($p < 0.05$).

به‌طور کلی، نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که پودر هویج تأثیر قوی و مستقیم بر ویژگی‌های رنگی خمیر دارد و موجب کاهش روشنایی، افزایش قرمزی و افزایش زردی می‌شود. این تغییرات رنگی نه تنها ویژگی‌های ظاهری محصول نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه می‌تواند در پذیرش مصرف‌کننده نیز نقش مهمی ایفا کند، زیرا رنگ اولین معیار قضاوت در کیفیت فرآورده‌های نانواپی است.

وزن پنکیک‌های پخته‌شده و افت پخت: شکل ۴ اثر افزایش سطح جایگزینی پودر هویج را بر وزن (a) و

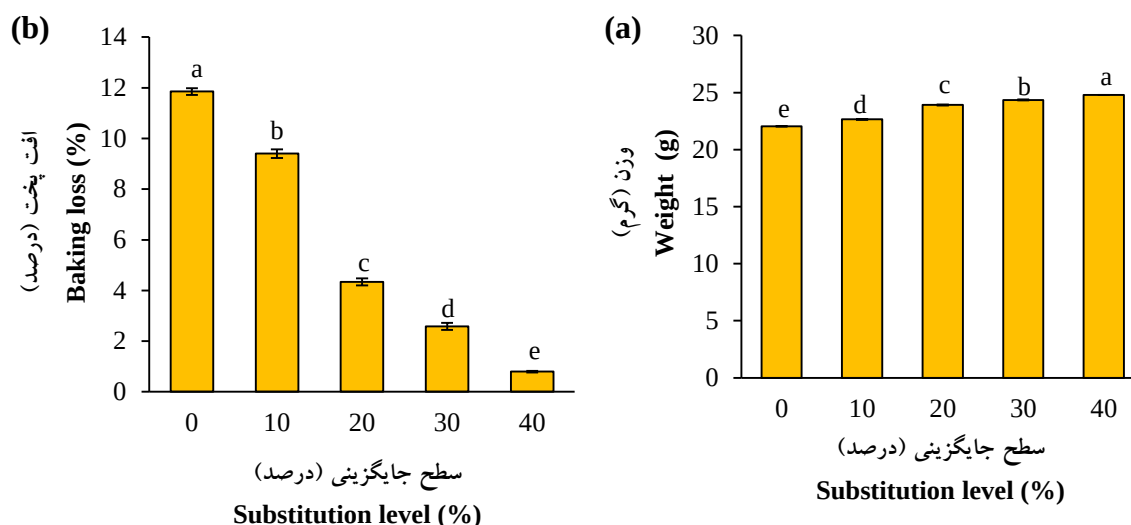


شکل ۳- تغییرات روشنایی (a)، قرمزی (b) و زردی (c) خمیر پنکیک با افزایش سطوح پودر هویج
ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.
Figure 3. Variation in pancake batter lightness (a), redness (b), and yellowness (c) with increasing carrot powder levels
Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

تبخیررطوبت و در نتیجه افت پخت به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. این کاهش افت پخت با ظرفیت بالای پودر هویج در نگهداری آب سازگار است که موجب کاهش اتلاف وزن در برابر حرارت می‌شود. به‌طورکلی، نتایج شکل ۴ نشان می‌دهد که افزودن پودر هویج منجر به تولید پنکیک‌هایی با وزن بیشتر و افت پخت کمتر می‌شود که این امر ناشی از خواص رطوبت‌گیری مؤثر ترکیبات هویج است. این

برخلاف این روند، شکل ۴b کاهش واضح و معنی‌دار افت پخت را با افزایش جایگزینی پودر هویج نشان می‌دهد. نمونه شاهد بیشترین (۱۱/۸۵ درصد) افت پخت را دارد، درحالی‌که نمونه ۴۰ درصد کمترین (۰/۸۰ درصد) میزان افت را ثبت کرد که نشان‌دهنده بهبود قابلیت نگهداری رطوبت طی فرآیند پخت است. تغییر تدریجی گروه‌های آماری بیانگر آن است که با هر افزایش در سطح جایگزینی، میزان

یافته‌ها تأیید می‌کنند که جایگزینی پودر هویج نه تنها ویژگی‌های خمیر را تغییر می‌دهد، بلکه بازده و کیفیت محصول نهایی را نیز به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل ۴- تغییرات وزن پنکیک (a) و افت پخت (b) تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج
ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

Figure 4. Changes in pancake weight (a) and baking loss (b) as affected by carrot powder substitution

Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

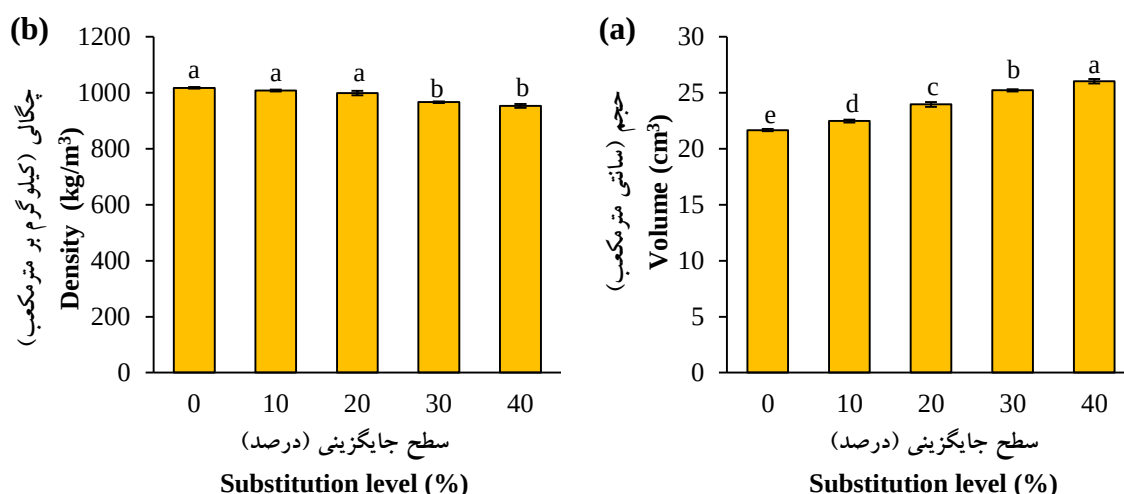
در مقابل، شکل b کاهش تدریجی چگالی پنکیک‌ها را با افزایش سطح پودر هویج نشان می‌دهد. اگرچه در برخی تیمارهای میانی (۰، ۱۰ و ۲۰ درصد) اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود ($p > 0.05$)، اما روند کلی بیانگر کاهش چگالی در سطوح بالاتر جایگزینی است. نمونه ۴۰ درصد دارای کمترین چگالی است که با بیشترین حجم ثبت‌شده در این تیمار همخوانی دارد. این رابطه وارونه بین حجم و چگالی نشان‌دهنده تشکیل ساختار متخلخل‌تر و هواگیرتر در حضور پودر هویج است. در پژوهشی، مجذوبی و همکاران (۲۰۱۷) اثرات افزودن پودر تفاله هویج و مخلوطی از صمغ‌های پکتین و گزانتان بر کیفیت کیک بدون گلوتن را بررسی و گزارش کردند که با افزودن پودر تفاله هویج و صمغ، چگالی‌کیک‌ها از ۵۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب برای نمونه کنترل به

حجم و چگالی پنکیک‌های پخته‌شده: شکل ۵ اثر سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج را بر حجم (a) و چگالی (b) پنکیک نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که سطح جایگزینی تأثیر معنی‌داری بر هر دو پارامتر دارد. در شکل ۵a، حجم پنکیک‌ها با افزایش پودر هویج از ۰ تا ۴۰ درصد به‌صورت تدریجی افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که نمونه شاهد کمترین حجم (۲۱/۶۶ سانتی‌متر مکعب) و نمونه حاوی ۴۰ درصد پودر هویج بیشترین حجم (۲۶/۰۳ سانتی‌متر مکعب) را دارد. گروه‌بندی‌های آماری نیز تأیید می‌کنند که هر میزان افزایش در درصد جایگزینی موجب افزایش معنی‌دار حجم می‌شود ($p < 0.05$). این افزایش حجم احتمالاً ناشی از ایجاد ساختار منسجم‌تر توسط اجزای پودر هویج است که می‌تواند به حفظ بهتر گازهای تولیدشده در طی پخت کمک کند.

جذب آب، بهبود ویسکوزیته خمیر و تسهیل نگهداری گازهای حاصل از فرایند پخت باشد. این تغییرات ساختاری در نهایت می‌تواند کیفیتبافت و تخلخل محصول نهایی را ارتقا دهد.

۳۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش یافت (۱۵) که هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر است.

به‌طورکلی، افزایش پودر هویج موجب تولید پنیک‌هایی با حجم بیشتر و چگالی کمتر می‌شود که این موضوع می‌تواند به دلیل توانایی پودر هویج در



شکل ۵- تغییرات حجم (a) و چگالی (b) پنیک تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج

ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

Figure 5. Changes in pancake volume (a) and density (b) as affected by carrot powder substitution
Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

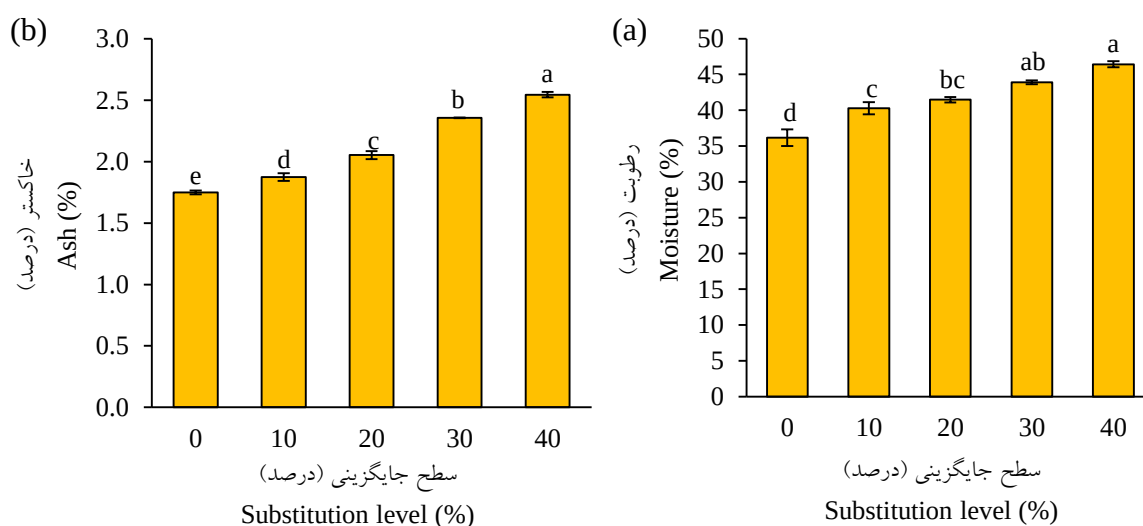
موجود در آن قادر به اتصال و حفظ رطوبت در طی فرآیند حرارتی هستند (۶، ۱۳).

شکل ۶b افزایش خطی و مشخص در مقدار خاکستر را با افزایش سطح جایگزینی نشان می‌دهد. هر سطح جایگزینی در گروه آماری مستقل و متفاوتی (e-a) قرار گرفته است که نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار خاکستر با هر افزایش در سطح پودر هویج است. این نتیجه قابل انتظار است، زیرا پودر هویج غنی از مواد معدنی بوده (۱۳) و به‌طور طبیعی خاکستر بالاتری نسبت به آرد گندم دارد؛ در نتیجه با افزایش میزان جایگزینی، محتوای مواد معدنی پنیک نیز افزایش می‌یابد. حسین و همکاران (۲۰۱۳) درصد خاکستر آرد گندم و پودر هویج را به ترتیب برابر ۰/۵۴ و

رطوبت و خاکستر پنیک‌های پخته‌شده: شکل ۶ تغییرات مقدار رطوبت (a) و خاکستر (b) پنیک‌های تهیه‌شده با سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج را نشان می‌دهد. در شکل ۶a، مقدار رطوبت با افزایش سطح جایگزینی روند افزایشی ملایمی اما پیوسته دارد. اگرچه برخی تیمارها در گروه‌های آماری همپوشان قرار می‌گیرند و اختلاف معناداری با هم ندارند ($p > 0.05$)، اما درصد رطوبت نمونه با جایگزینی ۴۰ درصد به‌طور معنی‌داری بالاتر از نمونه شاهد بود ($p < 0.05$). این یافته‌ها نشان می‌دهد که با افزایش میزان پودر هویج، رطوبت محصول نهایی افزایش می‌یابد. این روند با ظرفیت بالای پودر هویج در نگهداری آب قابل توجیه است؛ زیرا فیبرهای ژیمی

تفاله هویج را برابر ۵/۰ درصد گزارش و بیان کردند که جایگزینی پودر تفاله هویج با آرد گندم در فرمولاسیون کیک، باعث افزایش درصد خاکستر محصول می‌شود (۱۳).

درصد گزارش کردند. همچنین گزارش کردند که با جایگزینی ۸ درصد پودر هویج با آرد گندم در فرمولاسیون نان تابه‌ای، درصد خاکستر محصول از ۰/۴۵ درصد به ۲/۲۰ درصد افزایش می‌یابد (۱۴). کوثر و همکاران (۲۰۲۴) نیز درصد خاکستر پودر



شکل ۶- تغییرات میزان رطوبت (a) و خاکستر (b) پنکیک تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج
ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

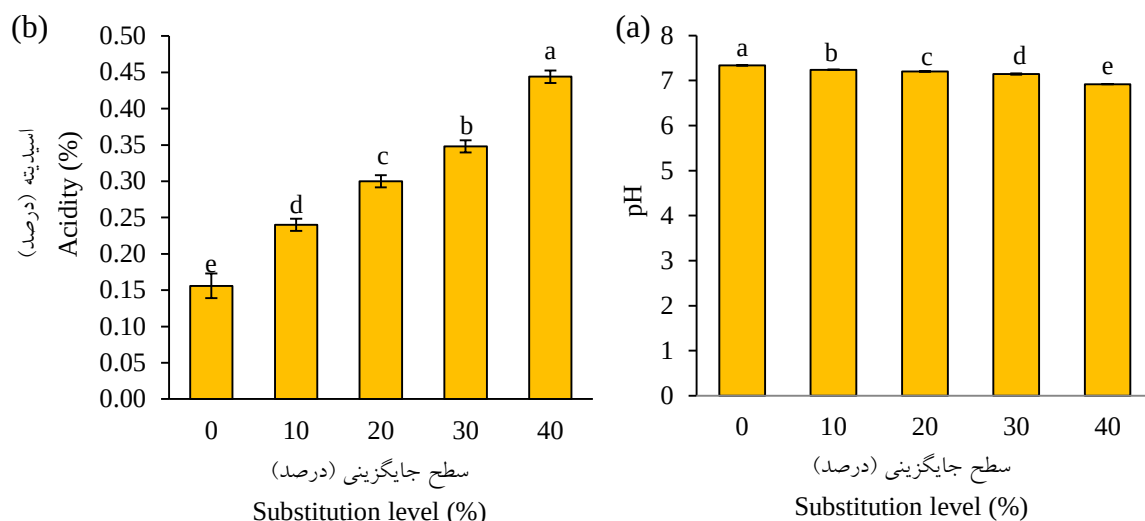
Figure 6. Changes in pancake moisture (a) and ash (b) contents as affected by carrot powder substitution

Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

متابولیت‌های ثانویه است (۱۲، ۲۲)؛ ترکیباتی که در آرد گندم پالایش‌شده در چنین سطوحی وجود ندارند. در شکل ۷b نیز افزایش اسیدیته با افزایش سطح جایگزینی به‌طور کاملاً معنی‌دار مشاهده می‌شود ($p < 0.05$). این افزایش می‌تواند ناشی از حضور اسیدهای آلی و سایر ترکیبات اسیدزا در پودر هویج باشد که باعث تقویت خاصیت اسیدی خمیر و محصول نهایی می‌شوند. در پژوهشی، مجذوبی و همکاران (۲۰۱۷) اثرات افزودن پودر تفاله هویج و مخلوطی از صمغ‌های پکتین و گزانتان بر کیفیت کیک بدون گلوتن را بررسی و گزارش کردند که با افزایش سطح پودر تفاله هویج، pH کیک از ۷/۲۳ برای نمونه کنترل به ۶/۷۸ کاهش یافت (۱۵).

pH و اسیدیته پنکیک‌ها: شکل ۷ اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هویج را بر pH (شکل ۷a) و اسیدیته (شکل ۷b) پنکیک‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، افزایش سطح جایگزینی پودر هویج منجر به کاهش معنی‌دار pH و افزایش معنی‌دار اسیدیته می‌شود ($p < 0.05$). این دو رفتار معکوس، با توجه به رابطه شیمیایی میان pH و اسیدیته، کاملاً منطقی و قابل انتظار است.

در شکل ۷a، کاهش pH در تمام سطوح جایگزینی کاملاً معنی‌دار بوده و قرارگیری ستون‌ها در گروه‌های آماری متفاوت مؤید این موضوع است. این کاهش به دلیل وجود ترکیبات اسیدی طبیعی در پودر هویج، از جمله اسیدهای آلی، فنل‌ها و سایر



شکل ۷- تغییرات pH (a) و اسیدیته (b) پنکیک تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج

ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

Figure 7. Changes in pancake pH (a) and acidity (b) as affected by carrot powder substitution
Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

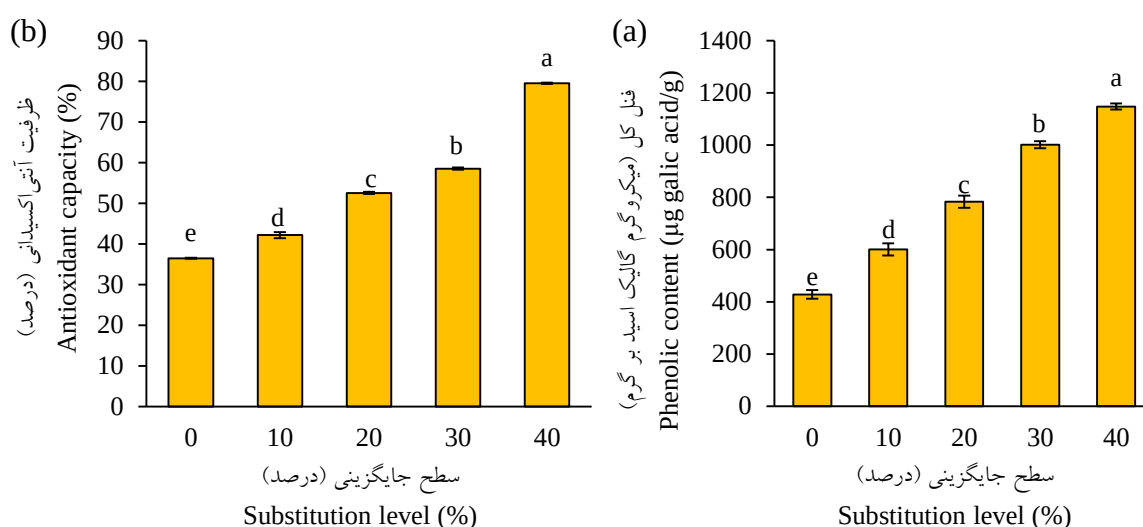
سطح جایگزینی، مقدار فنل کل به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد که وجود حروف آماری متفاوت این موضوع را تأیید می‌کند. برای نمونه، مقدار فنل کل در بالاترین سطح جایگزینی (۴۰٪) حدود ۱۱۴۷/۹ میکروگرم‌گالیک اسید بر گرم است که بیش از دو و نیم برابر نمونه کنترل (۴۲۸/۳) میکروگرم‌گالیک اسید بر گرم) هست. این افزایش قابل توجه ناشی از وجود ترکیبات پلی‌فنلی متعدد در هویج است که در آرد گندم تصفیه‌شده وجود ندارند.

در شکل ۸b نیز ظرفیت آنتی‌اکسیدانی روندی مشابه و به همان اندازه معنی‌دار نشان می‌دهد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش سطح پودر هویج به‌طور پیوسته تقویت می‌شود و بالاترین مقدار در سطح ۴۰ درصد مشاهده شده است. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در این سطح حدود ۷۹/۵ درصد است که نسبت به نمونه کنترل (۳۶/۵ درصد) افزایشی در حدود ۱۱۸ درصد را نشان می‌دهد. این یافته‌ها از نظر علمی و تغذیه‌ای بسیار حائز اهمیت‌اند. افزایش هم‌زمان مقدار فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاملاً قابل انتظار است، زیرا

مقدار فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پنکیک‌ها: چندین مطالعه اخیر گزارش کرده‌اند که افزودن پودر هویج یا ضایعات هویج به فرمولاسیون‌های نانویی یا محصولات پخته‌شده منجر به افزایش معنادار در محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. این افزایش می‌تواند به بهبود پایداری اکسیداتیو محصول و افزایش ارزش تغذیه‌ای آن منجر گردد و در نتیجه به عنوان یک مزیت رقابتی در معرفی محصولات جدید سلامت‌محور مطرح شود (۱۲، ۱۳). شکل ۸ تأثیر چشمگیر و بسیار مثبت جایگزینی آرد گندم با پودر هویج را بر کیفیت تغذیه‌ای پنکیک‌ها نشان می‌دهد؛ به‌ویژه بر مقدار فنل کل (شکل ۸a) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (شکل ۸b). نتایج حاکی از وجود یک رابطه کاملاً وابسته به میزان جایگزینی است، به‌طوری‌که با افزایش سطح پودر هویج، مقدار هر دو شاخص به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد. در شکل ۸a، مقدار فنل کل روندی صعودی و معنی‌دار را نشان می‌دهد ($p < 0.05$). کمترین مقدار فنل کل مربوط به نمونه کنترل (۰٪) است و با افزایش

هم‌راستا با نتایج این پژوهش باس-بلور و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند که افزودن پودر تهیه شده از ضایعات هویج به فرمولاسیون مافین بدون گلوتن باعث افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی محصول می‌شود (۱۱). گروه دیگری از پژوهشگران نیز گزارش کردند که افزودن پودر تفاله هویجمنجر به تولید مافین‌هایی با محتوای فیبر، خواص آنتی‌اکسیدانی و مقبولیت حسی بیشتر می‌شود (۱۸).

ترکیبات فنلی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به شمار می‌روند و با توانایی اهدا الکترون یا هیدروژن، رادیکال‌های آزاد را خنثی کرده و از بروز استرس اکسیداتیو جلوگیری می‌کنند؛ بنابراین، افزودن پودر هویج عملاً یک محصول نانوائی معمولی را به یکغذای عملگرا تبدیل می‌کند که می‌تواند خطر بروز بیماری‌های مزمن مرتبط با اکسیداسیوناز جمله سرطان، بیماری‌های قلبی‌عروقی و دیابترا کاهش دهد.



شکل ۸- تغییرات فنل کل (a) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (b) پنکیک تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر هویج
ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

Figure 8. Changes in pancake total phenolic content (a) and antioxidant capacity (b) as affected by carrot powder substitution
Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

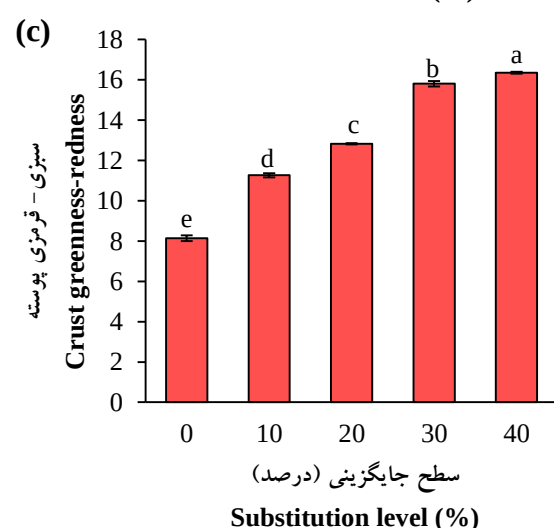
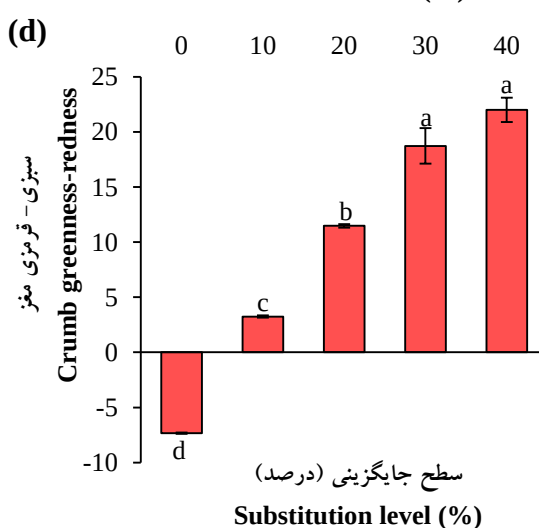
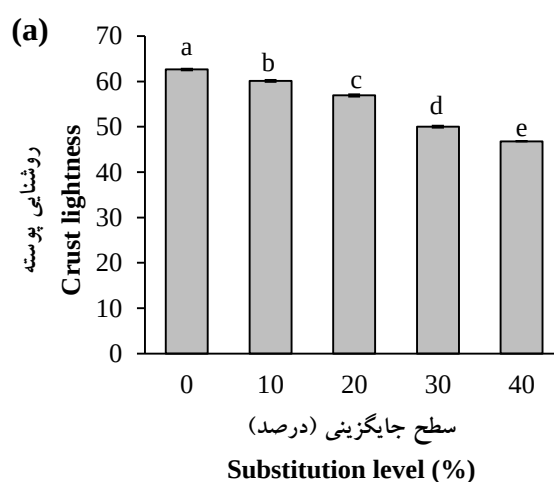
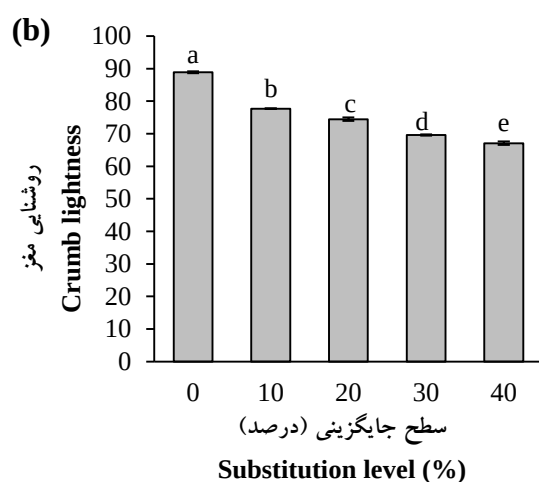
مشابهی را نشان می‌دهد؛ از ۸۸/۹ واحد در نمونه کنترل به حدود ۶۷/۱ واحد در سطح ۴۰ درصد کاهش یافته است. تغییرات روشنایی و رنگ پوسته به‌صورت پیوسته و معنادار با افزایش درصد جایگزینی رخ داد و نمونه کنترل همواره روشن‌ترین پوسته و مغز را داشت. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که افزودن پودر تفاله هویج به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن باعث کاهش شاخص روشنایی و افزایش رنگ تیره کیک‌های می‌شود (۱۵) که هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر است.

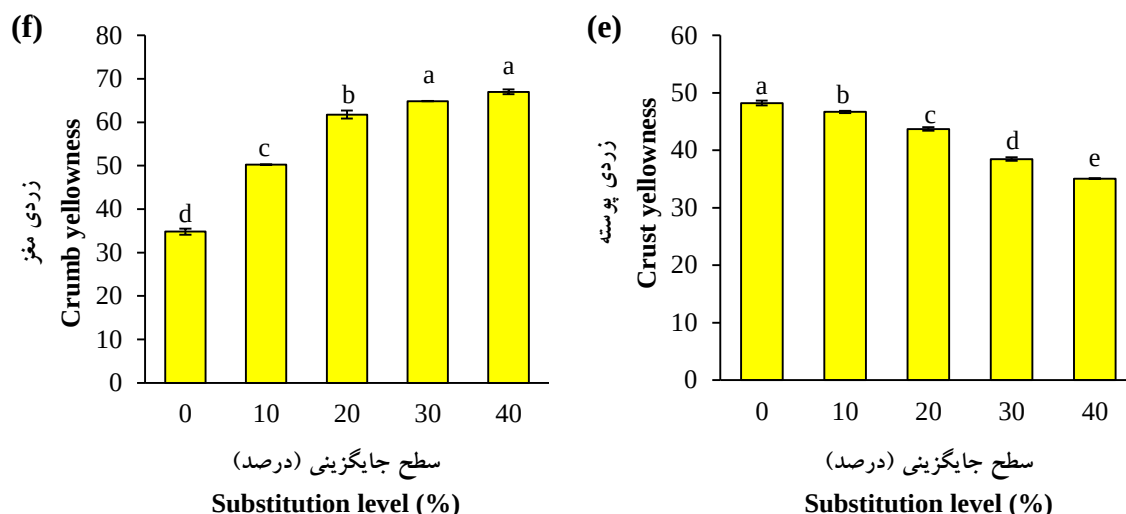
تغییرات رنگ پوسته و مغز پنکیک‌ها با جایگزینی پودر هویج: شکل ۹ تغییرات شاخص‌های رنگ پوسته و مغز پنکیک‌ها (روشنایی، قرمزی و زردی) را در سطوح مختلف جایگزینی آرد گندم با پودر هویجرا نشان می‌دهد. روشنایی پوسته (نمودار a) با افزایش سطح جایگزینی از ۰ تا ۴۰ درصد کاهش یافته است. نمونه کنترل دارای بیشترین روشنایی پوسته با مقدار ۶۲/۶ واحد است و روشنایی در بالاترین جایگزینی (۴۰ درصد) به ۴۶/۸ واحد کاهش یافته است. روشنایی مغز پنکیک (نمودار b) نیز روند

جایگزینی ۴۰ درصد کاهش یافته است. زردی مغز (نمودار f) برخلاف پوسته، افزایش یافته است؛ از ۳۴/۸ واحد در نمونه کنترل به ۶۷/۰ واحد در جایگزینی ۴۰ درصد رسیده است که بیانگر شدت یافتن رنگ زرد مغز با افزایش پودر هویج است. هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، صالحی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که جایگزینی پودر هویج با آرد گندم در فرمولاسیون کیک باعث کاهش شاخص روشنایی محصول و همچنین افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی می‌شود (۱۹).

قرمزی پوسته (نمودار c) با افزایش جایگزینی افزایش یافته است؛ از حدود ۸/۱ واحد در نمونه کنترل به ۱۶/۳ واحد در جایگزینی ۴۰ درصد رسید. سرخی مغز (نمودار d) نیز افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد؛ از ۷/۳- واحد در نمونه کنترل به حدود ۲۲ واحد بالاترین جایگزینی افزایش یافته است. این نشان می‌دهد که با افزایش پودر هویج، رنگ مغز و پوسته به سمت قرمز متمایل می‌شود.

زردی پوسته (نمودار e) کاهش تدریجی دارد؛ از حدود ۴۸/۲ واحد در نمونه کنترل به ۳۵/۱ واحد در



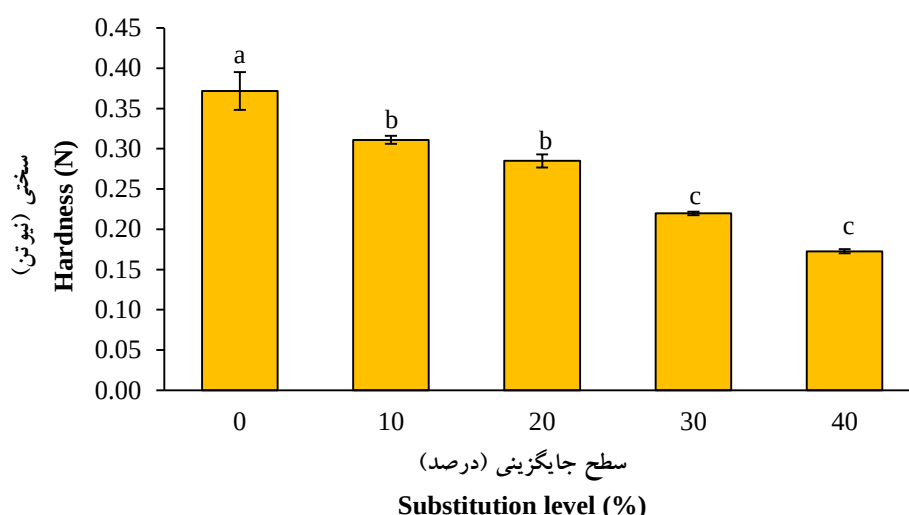


شکل ۹- تغییرات ویژگی‌های رنگ پوسته و مغز پنکیک‌ها (روشنایی، قرمزی و زردی) تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی با پودر هویج
ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

Figure 9. Changes in crust and crumb color attributes of pancakes (lightness, redness, and yellowness) as influenced by carrot powder substitution levels
Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

بالای ستون‌های نمودار مشخص شده است. این نتایج نشان می‌دهد که جایگزینی آرد با پودر هویج نه تنها می‌تواند ارزش تغذیه‌ای پنکیک‌ها را افزایش دهد، بلکه باعث بهبود ویژگی‌های بافتی آن‌ها، به‌ویژه کاهش سختی پوسته و افزایش نرمی محصول نهایی، می‌شود. این یافته‌ها می‌تواند راهنمایی برای تولید پنکیک‌های نرم‌تر و پذیرفته‌شده‌تر توسط مصرف‌کنندگان باشد. هم‌راستا با نتایج این پژوهش باس-بلور و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند که افزودن پودر تهیه شده از ضایعات هویج به فرمولاسیون مافین بدون گلوتن باعث کاهش سفتی محصول می‌شود (۱۱).

نتایج آزمایش نفوذ: تأثیر جایگزینی آرد گندم با پودر هویج بر سختی پوسته پنکیک‌ها با استفاده از آزمایش نفوذ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش میزان جایگزینی پودر هویج، سختی پوسته پنکیک به‌طور پیوسته و قابل توجهی کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده نرم‌تر شدن پوسته و کاهش مقاومت مکانیکی آن است. نمونه کنترل (۰ درصد جایگزینی) بیشترین سختی پوسته را دارا بوده و به‌عنوان خط پایه در نظر گرفته شد. با افزایش سطح جایگزینی، کاهش مستمر و معنادار آماری در سختی مشاهده شد ($p < 0.05$). تفاوت‌های آماری بین نمونه‌ها با حروف متفاوت



شکل ۱۰- تغییرات سختی پوسته پنکیک‌ها (آزمایش نفوذ) تحت تأثیر جایگزینی با پودر هویج

ستون‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

Figure 10. Changes in pancake crust hardness (puncture test) as affected by carrot powder substitution

Columns marked with different letters, differ significantly at the $p < 0.05$ level.

آنکه در سطح ۴۰ درصد، امتیاز عطر به ۹/۰ افزایش یافت که نشان‌دهنده مقبولیت بالای رایحه طبیعی هویج است. تغییرات طعم نیز الگویی مشابه داشت و در جایگزینی ۴۰ درصد، بیشترین امتیاز طعم با مقدار ۹/۰ ثبت شد. این افزایش می‌تواند ناشی از شیرینی طبیعی هویج، بهبود طعم ناشی از کاراملیزاسیون قندهای طبیعی در هنگام پخت و ایجاد مزه مطبوع‌تر باشد.

پذیرش بافت نیز روند افزایشی با افزایش سطح جایگزینی نشان داد. امتیاز بافت از ۵/۸ در نمونه کنترل به تدریج افزایش یافته و در سطوح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد به ترتیب به ۶/۵، ۷/۳، ۸/۱ و در نهایت ۹/۰ رسید. این افزایش بیانگر آن است که پودر هویج موجب بهبود خصوصیات بافتی پنکیک شده و احتمالاً با جذب رطوبت بیشتر، ایجاد تردی مناسب و کاهش خشکی محصول، ساختاری مطلوب‌تر برای مصرف‌کننده فراهم کرده است.

تأثیر جایگزینی پودر هویج بر ویژگی‌های حسی پنکیک‌ها: نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که جایگزینی آرد گندم با پودر هویج تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های حسی پنکیک‌ها داشته است. با افزایش میزان جایگزینی، تغییرات مشخصی در پذیرش ظاهری، عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی مشاهده شد. پذیرش ظاهری با افزایش سطح پودر هویج روند کاهشی نشان داد؛ به‌طوری‌که امتیاز نمونه کنترل ۹/۰ بود و این مقدار در سطح ۴۰ درصد جایگزینی به ۵/۸ کاهش یافت. این افت می‌تواند به دلیل تغییر رنگ پوسته و تیرگی بیشتر ناشی از وجود رنگدانه‌های طبیعی هویج و تغییر ساختار سطحی پنکیک باشد که از نظر مصرف‌کنندگان ظاهری کمتر مطلوب ایجاد کرده است.

در مقابل، پذیرش عطر و طعم رفتار متفاوتی نشان داد. عطر محصول از مقدار اولیه ۶/۳ در نمونه کنترل به‌طور قابل توجهی در سطوح متوسط افزایش یافت و در جایگزینی ۲۰ درصد به مقدار ۷/۹ رسید. جالب‌تر

کیک‌ها می‌تواند مشخصات تغذیه‌ای، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های حسی آنها را بهبود بخشد و رویکردی پایدار برای توسعه محصولات نانوائی ارائه دهد (۱۳).

به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که پودر هویج می‌تواند علاوه بر افزایش ارزش تغذیه‌ای، کیفیت حسی پنیک را نیز در سطوح بالا بهبود دهد. افزایش پذیرش بافت و طعم در سطوح ۳۰ و ۴۰ درصد نشان می‌دهد که مصرف‌کنندگان محصولات با بافت نرم‌تر، طعم شیرین‌تر و عطر طبیعی‌تر را ترجیح داده‌اند؛ بنابراین، جایگزینی پودر هویج تا سطح ۴۰ درصد نه تنها از نظر حسی قابل پذیرش است، بلکه نسبت به نمونه کنترل برتری نیز دارد.

در نهایت، پذیرش کلی نیز روند افزایشی را نشان داد. مقدار آن از ۵/۷ در کنترل به ۶/۵ در سطح ۱۰ درصد، به ۷/۳ در سطح ۲۰ درصد و ۸/۰ در سطح ۳۰ درصد رسید و در نهایت در سطح ۴۰ درصد بالاترین مقدار یعنی ۹/۰ را ثبت کرد. این یافته نشان می‌دهد که علیرغم کاهش ظاهر در سطوح بالا، مجموع اثرات مطلوب بر عطر، طعم و بافت موجب افزایش چشمگیر پذیرش کلی شده است. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که افزودن ۳۰ درصد پودر تفاله هویج به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، کیفیت و ویژگی‌های حسی محصول را ارتقا می‌دهد (۱۵). کوثر و همکاران (۲۰۲۴) نیز افزودن ۱۵ درصد پودر تفاله هویج را برای بهبود خصوصیات حسی کیک پیشنهاد و گزارش کرده‌اند که افزودن این پودر به

جدول ۱- تأثیر جایگزینی پودر هویج بر ویژگی‌های حسی پنیک‌ها

Table 1. Effect of carrot powder substitution on the sensory attributes of pancakes

سطح جایگزینی (درصد) Substitution level	پذیرش ظاهر Appearance acceptance	پذیرش بو Aroma acceptance	پذیرش طعم Flavor acceptance	پذیرش بافت Texture acceptance	پذیرش کلی Overall acceptance
0%	9.0 ± 0.00 ^a	6.3 ± 0.90 ^d	5.8 ± 0.51 ^e	5.8 ± 0.60 ^e	5.7 ± 0.71 ^e
10%	8.7 ± 0.48 ^b	7.2 ± 0.81 ^c	6.7 ± 0.57 ^d	6.5 ± 0.50 ^d	6.5 ± 0.59 ^d
20%	7.8 ± 0.51 ^c	7.9 ± 0.57 ^b	7.3 ± 0.46 ^c	7.3 ± 0.43 ^c	7.3 ± 0.43 ^c
30%	6.8 ± 0.54 ^d	8.7 ± 0.48 ^a	8.1 ± 0.38 ^b	8.1 ± 0.30 ^b	8.0 ± 0.00 ^b
40%	5.8 ± 0.51 ^e	9.0 ± 0.00 ^a	9.0 ± 0.00 ^a	9.0 ± 0.00 ^a	9.0 ± 0.00 ^a

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 20). Distinct letters within the columns denote statistically significant differences at the $p < 0.05$ level.

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار (N = 20) ارائه شده‌اند. وجود حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت‌های معنادار آماری در سطح $p < 0.05$ است.

می‌تواند به توان بالاتر نگهداشت آب، افزایش ویسکوزیته خمیر و بهبود پف‌کردگی ناشی از تشکیل ساختار متخلخل مرتبط باشد. از سوی دیگر، رطوبت نهایی محصول نیز افزایش یافت. در بخش ویژگی‌های شیمیایی، افزایش پودر هویج موجب افزایش قابل توجه ترکیبات فنلی کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پنیک‌ها شد و این موضوع ارزش تغذیه‌ای محصول را به شکل چشمگیری ارتقاء داد. روشنایی پوسته و

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق نشان داد که پودر هویج می‌تواند نقش مؤثری در بهبود کیفیت تغذیه‌ای و حسی پنیک‌ها ایفا کند. سطوح بالاتر جایگزینی پودر هویج منجر به خمیرهای غلیظ‌تر و با ویسکوزیته بیشتر شد و افزایش سرعت برش‌نینز موجب کاهش ویسکوزیته خمیر گردید. حجم و ضخامت پنیک‌ها با افزایش پودر هویج افزایش یافت که این موضوع

توانسته است حتی کاهش ظاهری را جبران کرده و محصول نهایی را کاملاً مورد پسند قرار دهد. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پودر هویج تا سطح ۴۰ درصد، علاوه بر ارتقای کیفیت تغذیه‌ای (به دلیل افزایش مواد معدنی و آنتی‌اکسیدان‌ها)، باعث بهبود کیفیت حسی و پذیرش کلی پنکیک می‌شود؛ بنابراین، فرمولاسیون‌های غنی‌شده با پودر هویج می‌توانند به‌عنوان یک محصول سالم‌تر، جذاب‌تر و مناسب مصرف روزانه در صنایع غذایی توسعه یابند.

تشکر و قدردانی

هزینه‌های انجام این پژوهش از محل پژوهانه به شماره ۴۰۳۴۶، تأمین شده از سوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا، پرداخت شده است. لذا نویسندگان از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا به خاطر حمایت مالی و معنوی از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مغز کاهش یافت و رنگ محصول به سمت قرمز و زرد متمایل شد؛ این تغییرات با افزایش میزان بتاکاروتن و رنگدانه‌های طبیعی هویج مرتبط است. با این حال، این تغییرات رنگی نه‌تنها باعث کاهش مقبولیت محصول نشدند، بلکه خصوصیات درونی محصول را از دید مصرف‌کنندگان بهبود بخشیدند. آزمایش نفوذ نیز نشان داد که با افزودن پودر هویج به فرمولاسیون پنکیک، سختی پوسته محصول کاهش می‌یابد که بیانگر ایجاد سطحی نرم‌تر است.

از نظر بافت، افزایش پیوسته امتیاز بافت از نمونه کنترل تا سطح ۴۰ درصد نشان داد که پودر هویج می‌تواند ساختار داخلی نرم‌تر و رطوبت‌دارتر ایجاد کند. بهبود طعم و عطر نیز در سطوح بالا مشهود بود و امتیاز عطر و طعم در ۴۰ درصد به بالاترین مقدار ممکن رسید. در نهایت، پذیرش کلی محصول که شاخص نهایی در تصمیم‌گیری مصرف‌کننده است، به‌طور چشمگیری افزایش یافت و از ۵/۷ در نمونه کنترل به ۹/۰ در جایگزینی ۴۰ درصد رسید. این روند نشان می‌دهد که ترکیب طعم، عطر و بافت مطلوب

منابع

1. Chen, C., Zhang, M., Liu, W., Lin, Z. 2022. Baking characteristic improvement and starch retrogradation inhibition of Chinese pancakes by hydrocolloids, Journal of Food Processing and Preservation. 46: e16529.
2. Vejdaniyahid, S., Salehi, F. 2025. Enhancing the quality and nutritional properties of gluten-free pancakes using sprouted quinoa flour treated with magnetic fields, ultrasound, and infrared drying, Food Science & Nutrition. 13: e70502.
3. Obinna-Echem, P.C., Maurice, I.F., Fyne-Akah, H., Barber, L.I. 2024. Quality assessment of pancakes produced from wheat and tigernut composite flour, International Journal of Food Science and Nutrition. 9: 12-20.
4. Samary, K., Salehi, F., Aliverdi, A., Daraei Garmakhany, A. 2025. Influence of magnetic field treatment of oat seeds during sprouting on the physicochemical, textural, and sensory properties of pancakes made with sprouted oats flour, Journal of Food Measurement and Characterization. 19: 7980-7993.
5. Santamaria, M., Ruiz, M., Garzon, R., Rosell, C.M. 2024. Comparison of vegetable powders as ingredients of flatbreads: technological and nutritional properties, International Journal of Food Science & Technology. 59: 7203-7212.
6. Pandey, P., Grover, K., Dhillon, T.S., Chawla, N., Kaur, A. 2024. Development and quality evaluation of polyphenols enriched black carrot (*Daucus carota* L.) powder incorporated bread, Heliyon. 10: e25109.

7. Nalbandian, E., Park, D., Camerino, N., Ganjyal, G.M. 2025. Value-added pancakes: Incorporation of whole wheat, buckwheat, quinoa, and proso millet flour into pancakes and their effect on product quality, *Cereal Chemistry*. 102: 226-238.
8. Marta, H., Febiola, C., Cahyana, Y., Arifin, H.R., Fetriyuna, F., Sondari, D. 2023. Application of composite flour from Indonesian local tubers in gluten-free pancakes, *Foods*. 12: 1892.
9. Salehi, F., Vejdaniyahid, S. 2025. Effect of basil seed gum concentration on the physical, textural and sensory properties of quinoa pancakes, *Innovative Food Technologies*. 13: 13-22.
10. Salehi, F., Aghajanzadeh, S. 2020. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review, *Trends in Food Science & Technology*. 95: 162-172.
11. Bas-Bellver, C., Barrera, C., Betoret, N., Seguí, L., Harasym, J. 2024. IV-range carrot waste flour enhances nutritional and functional properties of rice-based gluten-free muffins, *Foods*. 13: 1312.
12. Kamel, D.G., Hammam, A.R.A., Nagm El-diin, M.A.H., Awasti, N., Abdel-Rahman, A.M. 2023. Nutritional, antioxidant, and antimicrobial assessment of carrot powder and its application as a functional ingredient in probiotic soft cheese, *Journal of Dairy Science*. 106: 1672-1686.
13. Kausar, T., Laaraj, S., Hussain, A., Noutfia, Y., Bouhrim, M., Mothana, R.A., Noman, O.M., Mubashar, A., Firdous, N., Ali, S., Yaqub, S., Elfazazi, K. 2024. Use of dehydrated carrot (*Daucus carota*) pomace and almond (*Prunus dulcis*) powder for partial replacement of wheat flour in cake: effect on product quality and acceptability, *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Volume 8 - 2024.
14. Hussein, M.A., Yonis, A.A.M., Abd El - Mageed, H.A. 2013. Effect of adding carrot powder on the rheological and sensory properties of pan bread, *Journal of Food and Dairy Sciences*. 4: 281-289.
15. Majzoobi, M., Vosooghi Poor, Z., Mesbahi, G., Jamalain, J., Farahnaky, A. 2017. Effects of carrot pomace powder and a mixture of pectin and xanthan on the quality of gluten-free batter and cakes, *Journal of Texture Studies*. 48: 616-623.
16. Ahmad, M., Wani, T.A., Wani, S.M., Masoodi, F.A., Gani, A. 2016. Incorporation of carrot pomace powder in wheat flour: effect on flour, dough and cookie characteristics, *Journal of Food Science and Technology*. 53: 3715-3724.
17. Nirmala Prasadi, V.P., Joye, I.J. 2023. Effect of soluble dietary fibre from barley on the rheology, water mobility and baking quality of wheat flour dough, *Journal of Cereal Science*. 112: 103715.
18. Oncică, F.-G., Stoica, F., Constantin, O.E., Turturică, M., Aprodu, I., Ratu, R.N., Andronoiu, D.G., Stănciuc, N., Râpeanu, G. 2024. Development of value-added muffins using carrot pomace powder as a natural pigment, *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*. 48: 192-210.
19. Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S.M., Asadi, F. 2016. Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot, *Journal of Texture Studies*. 47: 34-39.
20. Samary, K., Salehi, F., Aliverdi, A., Daraei Garmakhany, A. 2025. Effect of magnetized water and magnetic field treatments on the physicochemical properties, total phenolic and antioxidant capacity of sprouted oats flour, *Innovative Food Technologies*. 12: 273-285.
21. Gong, Y., Deng, G., Han, C., Ning, X. 2015. Process optimization based on carrot powder color characteristics, *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 8: 137-142.
22. Salehi, F. 2021. Rheological and physicochemical properties of vegetable juices and concentrates: A review, *Journal of Food Processing and Preservation*. 45: e15326.