مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

غنی سازی نان سیمیت با پودر اسفناج: بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی

فروغ محترمی[1*]، محسن اسمعیلی[2]، مهسا نورالدینی[3]، ایرج استاد[4]

۱-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

٤- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، موسسه آموزش عالی صبا، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰

کلمات کلیدی:

اسفناج،

نان سیمیت،

ویژگی بافتی،

ارزیابی حسی.

DOI: 10.52547/fsct.18.121.30

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.121.11.5

مسئول مکاتبات: *

f.mohtarami@urmia.ac.ir

چکیده

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر جایگزینی آرد گندم با پودر اسفناج (۳۰- ۰٪) به عنوان منبع غنی از فیبر و مواد معدنی در قالب طرح آمیخته بر مبنای D-optimal بر خواص فیزیکوشیمیایی (افت وزنی، رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی، فیبر، ظرفیت آنتی اکسیدانی، رنگ سنجی، حجم مخصوص، ارتفاع، فعالیت آبی) و ویژگی‌های بافتی و حسی نان سیمیت می‌باشد. نتایج حاصل شده حاکی از افزایش محتوای رطوبت، خاکستر، فیبر و کاهش افت وزنی، پروتئین، چربی، حجم مخصوص، فعالیت آبی و ارتفاع نمونه‌ها با افزودن پودر اسفناج بود. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نان‌های سیمیت حاوی پودراسفناج در مقایسه با نمونه‌های شاهد به طور قابل توجهی افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). همچنین ویژگی‌های بافتی شامل انرژی نفوذ و سفتی نمونه‌ها با افزودن پودر اسفناج در مقایسه با نمونه‌های شاهد به طور معناداری افزایش یافت. جایگزینی پودر اسفناج سبب کاهش شاخص L*، a* و افزایش b* نمونه‌ها شد. با توجه به نتایج حاصله جایگزینی آرد گندم با پودر اسفناج تا ۷/۵٪ باعث بهبود و افزایش پذیرش کلی نمونه‌ها گردید.

۱- مقدمه

آگاهی مصرف کنندگان به استفاده از رژیم‌های غذایی حاوی فیبر بالا سبب تغییر توجه تولیدکنندگان به تولید محصولات غنی از فیبر شامل محصولات پختی با فیبر بالا شده است [۱]. غلات و فراورده‌های تولیدی از آن‌ها نقش مهمی در رژیم غذایی انسان‌ها در سراسر جهان به خود اختصاص داده‌اند. این مواد منابعی سرشار از پروتئین، کربوهیدرات، فیبر، آهن و مواد معدنی هستند [۲]. یکی از فراورده‌های حاصل از غلات، نان می‌باشد که جز غذاهای اساسی می‌باشد و مصرف آن در همه‌کشورها به طور قابل چشمگیری در حال افزایش است. کیفیت تولید نان به عنوان غذای روزانه و اصلی اقشار مختلف مردم از اهمیت بالایی برخوردار است [۳].

میوه‌ها و گیاهان در تهیه محصولات پختی به عنوان افزودنی‌های عملگرا با صرفه اقتصادی که حاوی ترکیباتی همچون آنتی اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و منابع غنی از فیبرهای رژیمی هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند [٤]. اسفناج *(Spinacea oleracea)* که به طور گسترده در سراسر جهان کشت می‌شود به عنوان منبع رژیمی و ماده خام رایج در فرایندهای غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵]. سبزیجات برگی سبز رنگ مانند اسفناج ارزش تغذیه‌ای بالاتری نسبت به سایر غذاها دارند. برگ‌های سبز رنگ اسفناج منبع غنی از کاروتنوئیدها بوده که توسط کلروفیل‌های سبز پوشش داده شده‌اند [۲]. اسفناج حاوی مقادیر بالایی ترکیبات فنولی، ویتامین‌های A، E، C و K و فولیک و اگزالیک اسید می‌باشد. مواد معدنی موجود در اسفناج نیز شامل منیزیم، منگنز، کلسیم، فسفر، آهن، روی، مس و پتاسیم می‌باشند. همچنین اسفناج دارای خواص آنتی اکسیدانی، فیتوشیمیایی، اسیدهای چرب ضروری و فیبر رژیمی است [٦].

در همین زمینه پژوهشی در مورد استفاده از پوره اسفناج در سطوح ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ بر مبنای وزن آرد مصرفی بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی انجام شده است. با توجه به نتایج حاصله با افزودن پوره اسفناج ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، دانسیته، محتوای رطوبتی و خاکستر نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد افزایش و میزان پروئین و چربی کاهش یافت. همچنین افزایش سطوح پوره اسفناج سبب بهبود ویژگی‌های بافتی نمونه‌های کیک شد. به طور کلی نمونه حاوی ۵۰٪ پوره اسفناج بهترین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی را داشت [۲].

Galla و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی به بررسی اثر پودر اسفناج در سطوح ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵٪ بر روی ویژگی‌های فیزیکی و حسی بیسکویت پرداختند. نتایج حاصل شده حاکی از افزایش سفتی، رطوبت، خاکستر، پروتئین و فیبر و کاهش پارامترهای *L، *a و *b، چربی، کربوهیدرات و پذیرش کلی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد بود. نمونه بیسکویت حاوی ۵٪ پودر اسفناج بهترین نتایج را از نظر ترکیبات شیمیایی و ارزیابی حسی نشان داد [۷].

همچنین پژوهش‌های مشابهی با افزودن پودر هسته خرما به نان باگت (مقیمی، ١٣٩٤)، پودر کدو تنبل به نان تافتون [۸]، پودر چغندر قند به کیک اسفنجی [۹]، پودر جامبولان به مافین [۱۰] و پودر برگ سبز چای به کیک [۱۱] انجام شده است.

هدف از این تحقیق بررسی اثر سطوح مختلف (۰-۳۰٪) پودر اسفناج در فرمولاسیون نان سیمیت و تولید محصولی فراسودمند با ارزش تغذیه‌ای بالا و ارزیابی ویژگی‌های بافتی و شیمیایی و حسی آن می‌باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند در تولید محصولی مغذی و متنوع در طعم مفید باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

اسفناج مورد استفاده در این تحقیق از بازار محلی ارومیه خریداری گردید. آرد گندم، روغن مایع ذرت، شکر، نمک، تخم مرغ، وانیل، مخمر ساکارومایسس‌سرویزیه و بیکینگ پودر از فروشگاه مواد غذایی تهیه شدند. مواد مورد استفاده در آزمون‌های شیمیایی نیزبا برند Merck آلمان تهیه شدند.

۲-۲- تهیه پودر اسفناج

برگ‌های اسفناج بعد از پاک کردن و شستشو با آب در آون با دمای ۵۵°C به مدت ۱۲ ساعت خشک شدند. برگ‌های خشک شده توسط دستگاه آسیاب پودر شده و سپس با الک مش ٦٠ (۲۵۰ میکرومتر) الک گردید. پودر اسفناج حاصله تا زمان مصرف در دمای ٤°C نگهداری شد [۷].

۲-۳- تهیه نمونه‌های نان سیمیت

فرمولاسیون نان سیمیت شاهد در جدول (۱) آورده شده است. ابتدا آرد گندم، شکر، روغن، نمک، بیکینگ پودر و مخمر

ساکارومایسس‌سرویزیه با استفاده از همزن برقی به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط شدند. پودر اسفناج با طرح ترکیبی آمیخته (جدول ۲) در سطوح ۰-۳۰٪ جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون نمونه‌های نان سیمیت شد. نمونه‌ها بعد از خمیرگیری، شکل‌دهی، پاشیدن کنجد بر سطح نان و پروف نهایی داخل فر چرخان صنعتی در دمای ۲۱۰°C به مدت ۲۰ دقیقه پخته شدند. سپس نان‌های پخته شده در دمای محیط سرد شده و داخل بسته‌بندی پلی‌اتیلنی دوخت حرارتی شده و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای محیط نگهداری شدند [۱۲].

Table 1 Ingredients and their quantities in control bread

Ingredients	Quantity (g)
Wheat flour	100
Saccharomyces cerevisiae yeast	2.5
Improving powder	1.2
Sugar	20
Soya oil	5
Salt	1.2

Table 2 Statistical design used in Simit bread formulation

Run	Spinach powder(%)	Wheat flour(%)
1	30	70
2	22.5	77.5
3	0	100
4	15	85
5	30	70
6	7.5	92.5
7	0	100
8	0	100
9	30	70

۲-٤- آزمون‌ها

۲-٤-۱- درصد افت وزنی نان

درصد افت وزنی برابر درصد اتلاف وزن خمیر قبل از پخت و بعد از پخت می‌باشد که مطابق فرمول زیر تعیین می‌گردد [۱۳]:

$$Loss\ weight\ (\%) = \frac{M_C}{M_B} \times 100$$

که در آن M_Bبرابر وزن خمیر و M_C برابر وزن نان می‌باشد.

۲-٤-۲- آنالیز شیمیایی نان‌ها

آزمون‌های تعیین رطوبت، خاکستر، چربی، پروتئین و فیبر نمونه‌های نان و پودر اسفناج مطابق استاندارد AACC (2000) [۱٤] تعیین گردید.

۲-٤-۳- آزمون‌های فیزیکی

حجم نان‌ها با استفاده از روش جایگزینی با دانه کلزا [۱۵] انجام یافت. فعالیت آبی نمونه‌های نان نیز در روز اول تولید با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی Decagon Devices, (Pullman, WA) تعیین شد[۱٦]. ارتفاع نمونه‌های نان سیمیت توسط کولیس دیجیتالی تعیین شد [۱۰].

۲-٤-٤- فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها

برای تعیین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های نان تولیدی از روش مهار کنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH استفاده شد[۱۷]. برای این آزمون ابتدا ۵ میلی‌لیتر از عصاره نمونه‌ها (با حل کردن یک گرم از هر نمونه پودر شده نان در ۱۰ میلی لیتر متانول و نگهداری به مدت ٢٤ ساعت در تاریکی و دمای اتاق) با ۲/۵ میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH (۰/۰۰٤٪) مخلوط و به خوبی هم زده شد. پس از نیم ساعت نگهداری در محل تاریک، جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Visible (T60 Spectrophotometer, USA) در ۵۱۷ nm قرائت گردید. ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها با فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{مهارکنندگی رادیکال آزاد}(\%) = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100$$

که A_s میزان جذب نمونه و A_c میزان جذب شاهد می‌باشد.

۲-٤-۵- رنگ سنجی نمونه‌ها

تعیین رنگ نمونه‌های نان بر اساس روشنی- تاریکی (L*)، سبزی- قرمزی (a*) و آبی-زردی (b*) توسط دستگاه رنگ-سنج CIE (Minolta CR300 Series, Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan) اندازه‌گیری شد [۱۸].

۲-٤-٦- آنالیز بافتی

آزمون بافت‌سنجی نان به صورت آزمون نفوذ توسط دستگاه آنالیز بافتی(TA-XT plus, Stable Micro System Ltd, Surrey, UK) با استفاده از پروب ۲ میلی‌متری با سرعت ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه با نفوذ در عمق ۵ mm از نمونه‌ها در روز اول بعد از پخت اندازه‌گیری و ثبت گردید.

شاخص‌های مورد ارزیابی سفتی و انرژی نفوذ بودند که مقادیر بالای این دو پارامتر نشان دهنده سفتی بافت و میزان انرژی بیشتر برای گاز زدن نان می‌باشد [۱۱].

۲-٤-۷- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های کیک از روش امتیازدهی خطی (با مقیاس خطی ۱۰ سانتیمتری) توسط ۱۰ نفر ارزیاب در روز اول پس از پخت انجام شد [۱۹]. امتیازدهی با توجه به ظاهر، احساس دهانی، آروما، بافت و پذیرش کلی نمونه‌های نان سیمیت توسط هر ارزیاب مشخص شده و نتایج این ارزیابی با اندازه‌گیری طول منحنی از مبدأ تا محل علامت زده تقسیم بر طول کل محور (۱۰-۰) گزارش گردید.

۲-۵- آنالیز آماری

مطالعه آزمایشات این طرح با استفاده از طرح آمیخته بر مبنای D-optimal با استفاده از نرم‌افزارDesign Expert 7.1.3 در ۹ تیمار طراحی و اجرا گردید (جدول ۲). در این طرح، پودر اسفناج در سطوح صفر الی۳۰ درصد جایگزین آرد گندم گردید. داده‌های حاصل از آزمایشات با معادله چندجمله‌ای درجه دوم مورد برازش قرار گرفت. جدول آنالیز واریانس پاسخ‌ها توسط نرم‌افزار حاصل شد. ضرایبی با $p<۰/۰۵$ در مدل رگرسیونی معنی‌دار در نظر گرفته شدند. میزان برازش داده‌ها با مدل‌های پیش‌بینی کننده با در نظر گرفتن ضریب تبیین بالا (R^2) و غیر معنی‌دار بودن عدم تطابق مدل ($p<۰/۰۵$) تخمین زده شد. منحنی‌ها برای مدل‌های پیش‌بینی کننده درنتیجه عملکرد متغیرها رسم گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- افت وزنی نان

درصد افت وزنی در تهیه نان به مقدار آب تبخیر شده در طول پخت اشاره دارد که وابسته به غلظت مواد نامحلول است [۱۹]. مطابق نتایج آنالیز آماری، افت وزنی نمونه‌های نان با افزایش سطوح جایگزینی پودر اسفناج به طور معناداری کاهش یافت (شکل ۱). دلیل این کاهش احتمالا مربوط به افزایش قابلیت جذب رطوبت با افزایش پودر اسفناج می‌باشد. نتایج مشابهی با افزودن پودر هسته انار به کیک [۲۰] گزارش شده است.

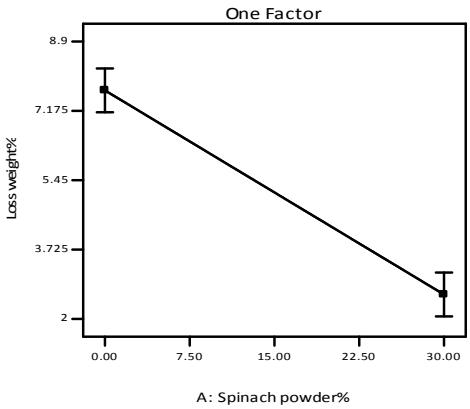

Fig 1 The effect of spinach powder replacement on bread loss weight after baking of bread

۳-۲- آنالیز شیمیایی پودر اسفناج و نمونه‌های نان سیمیت

پودر اسفناج مصرفی حاوی ۷/۰٦٪ رطوبت، ۱۵/۲٪ خاکستر، ۲۲/٤۳٪ پروتئین، ۲/۵۰٪ چربی، ۵/٤٪ فیبر، ۷۱/۵۰٪ خاصیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آبی ۰/٤٤ بود.

نتایج آنالیز واریانس ترکیبات شیمیایی نمونه‌های نان حاوی سطوح مختلف پودر اسفناج در جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به نتایج آنالیز آماری، افزودن پودر اسفناج در فرمولاسیون نان سیمیت اثر مثبت معناداری ($p<۰/۰۵$) بر میزان رطوبت نمونه‌ها داشت (شکل ۲-a). دلیل این رفتار ممکن است در ارتباط با میزان فیبر بالا و قابلیت جذب رطوبت بالای پودر اسفناج باشد. میزان فیبر زیاد در پودر اسفناج از تبخیر آب در طی پخت نمونه‌های نان جلوگیری کرده و سبب افزایش محتوای رطوبتی نمونه‌ها می‌گردد [۲]. نتایج حاصل شده هماهنگ با یافته‌های محترمی و همکاران (۱۳۹۷) با افزودن پوره اسفناج به کیک اسفنجی [۲] و Nouri و همکاران (۲۰۱۷) با افزودن پودر تفاله هویج به دونات [۲۱] بود.

با توجه به شکل (۲-b,c)، میزان خاکستر و فیبر نمونه‌ها با افزایش سطوح پودر اسفناج رابطه مثبتی داشته و به طور معناداری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). دلیل افزایش خاکستر به علت وجود مقادیر بالای مواد معدنی همچون فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منیزیم و مواد فیبری در اسفناج می‌باشد که در پژوهش‌های مختلفی به اثبات رسیده است [٦، ۲۲]. نتایج مشابهی در زمینه افزایش خاکستر و فیبر با افزودن پودر چای سبز به کیک اسفنجی (چای سبز)، پودر اسفناج به بیسکویت [۷] ارائه شده است.

همانطور که در شکل (۲- d,e) مشاهده می‌شود، افزودن پودر اسفناج تاثیر معناداری ($p<۰/۰۵$) بر کاهش محتوای پروتئینی و چربی نمونه‌های نان سیمیت داشت. دلیل این امر می‌تواند مربوط به محتوای کمتر چربی (۲/۵۰٪) و پروتئین (۲۲/۴۳٪) در پودر اسفناج نسبت به سایر اجزای فرمولاسیون نان باشد [۲]. نتایج موافقی در خصوص کاهش چربی و پروتئین با جایگزینی پودر سبزیجات مختلف (بروکلی، هویج، چغندر و گوجه فرنگی) با آرد گندم در فرمولاسیون نان [۲۳] و Noor Aziah و همکاران (۲۰۱۱) با افزودن پودر انبه به کیک اسفنجی [۲٤] بود. همچنین Saeidi و همکاران (۲۰۱۸) با افزودن پودر دانه انار به کیک کاهش در میزان پروتئین [۲۰] را گزارش دادند.

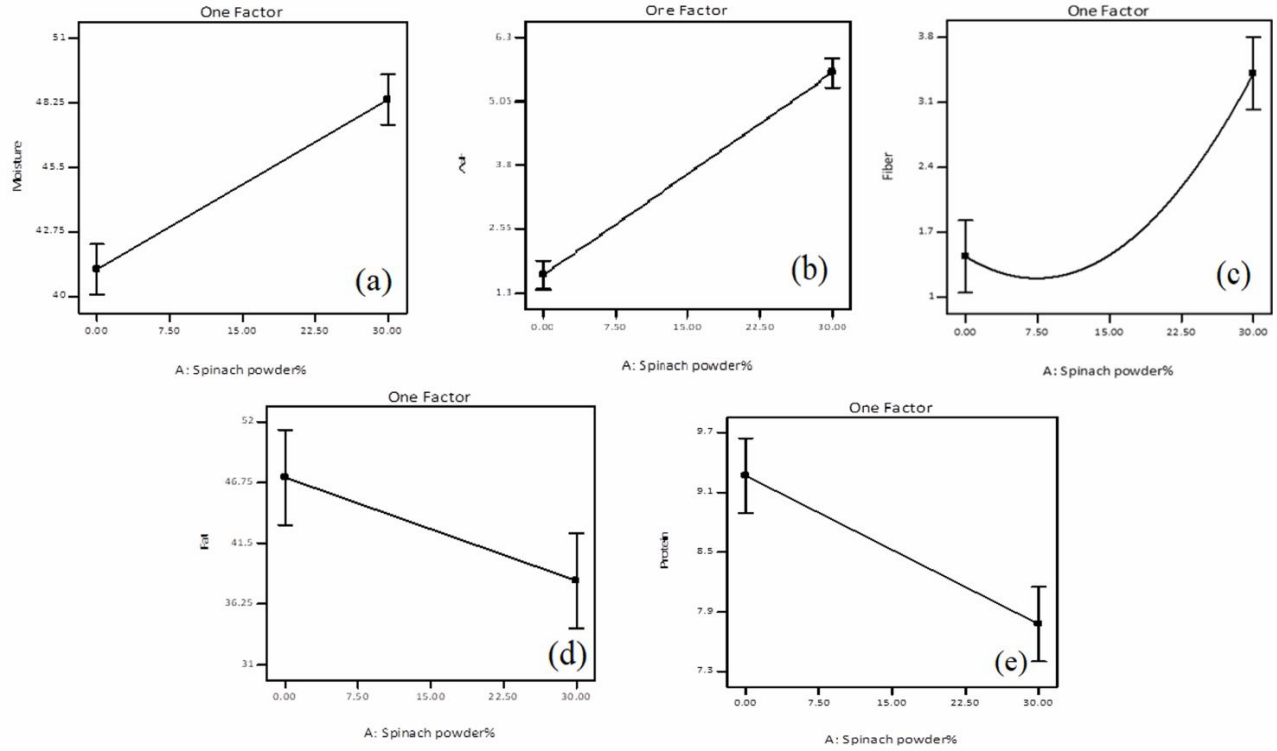

Fig 2 The effect of spinach powder substitution on moisture, ash, fiber, fat and protein content of bread samples

Table 3 Variance analysis and regression coefficients of fitted models for moisture, ash, fat, protein and fiber of simit bread samples containing spinach powder

	Moisture	Ash	Fat	Protein	Fiber
Model	54.29**	252.25**	5.65*	18.95**	24.10**
Lack of fit	0.44^{ns}	0.93^{ns}	0.50^{ns}	0.41^{ns}	0.31^{ns}
A	3.61**	1.98**	-4.46*	-0.74**	0.98**
R^2	0.88	0.97	0.44	0.73	0.88
Adj R^2	0.86	0.96	0.36	0.69	0.85
CV	2.79	8.77	11.19	5.12	18.48

A: spinach powder, ns: non-significant, *: significant in $p<0.05$, **: significant in $p<0.01$

۳-۳- ارتفاع نمونه

ارتفاع نان تابعی از میزان و شدت تخمیر صورت گرفته در نان و نیز نوع و مقدار ترکیبات تشکیل دهنده آن است. با توجه به نتایج آنالیز داده‌ها با افزایش میزان جایگزینی پودر اسفناج ارتفاع تیمارها به طور معناداری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت (شکل ۳). با توجه به نقش مستقیم و سازنده گلوتن موجود در آرد گندم در ایجاد شبکه‌های مقاوم به خروج گاز تشکیل شده در حین تخمیر، می توان کاهش ارتفاع تیمارهای حاوی پودر اسفناج را به گلوتن ربط داد [۲۵]. همچنین بنا به گزارش Martinez-Cervera و همکاران (۲۰۱۱) افزودن هر نوع فیبری به فرمولاسیون محصولات پختی سبب کاهش حجم مخصوص و ارتفاع محصول نهایی می‌شود [۲٦]. نتایج حاصل

شده در توافق با یافته‌های Singh و همکاران (۲۰۱۱) با افزودن پالپ میوه جامبولان به مافین بود [۱۰]. نتایج حاصل از آنالیز واریانس نمونه‌ها در جدول (٤) آورده شده است.

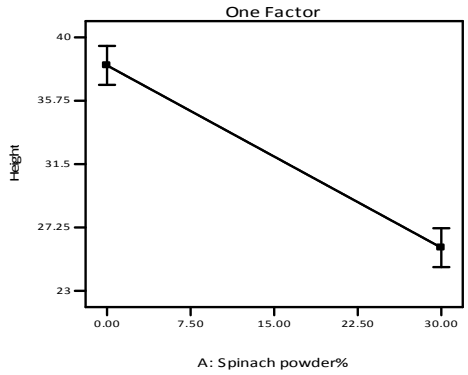

Fig 3 The effect of spinach powder substitution on the height of bread samples

۳-٤- حجم مخصوص

نتایج حاصل از آنالیز واریانس نمونه‌ها در جدول (٤) آورده شده است. مطابق نتایج آنالیز واریانس جایگزینی پودر اسفناج با آرد گندم اثر معناداری بر حجم مخصوص نمونه‌های نان سیمیت داشت ($p<۰/۰۵$). مطابق شکل (٤)، جایگزینی پودر اسفناج سبب کاهش حجم مخصوص نمونه‌ها گردید. علت کاهش حجم مخصوص نمونه‌ها می‌تواند به دلیل کاهش ویسکوزیته خمیر در نتیجه افزودن پودر اسفناج باشد که قابلیت کمتری برای حفظ و به دام انداختن حباب‌های هوا دارد [۲]. همچنین فیبرهای نامحلول موجود در پودر اسفناج می‌تواند سبب رقیق شدن پروتئین‌های موجود در شبکه گلوتنی و محدود کردن آب در دسترس برای تهیه شبکه گلوتنی شود که ماتریس گلوتن را به صورت فیزیکی تخریب کرده و سلول‌های گازی را شکافته و سبب کاهش حجم مخصوص نمونه‌ها می‌گردد [۲۱]. نتایج حاصله در توافق با نتایج حاصل از جایگزینی برگ بروکلی با نشاسته ذرت [۲۷]، افزودن پوره اسفناج [۲]، افزودن پودر تفاله هویج، سیب و پرتقال [٤] به کیک، افزودن پودر تفاله هویج به دونات [۲۱] بود.

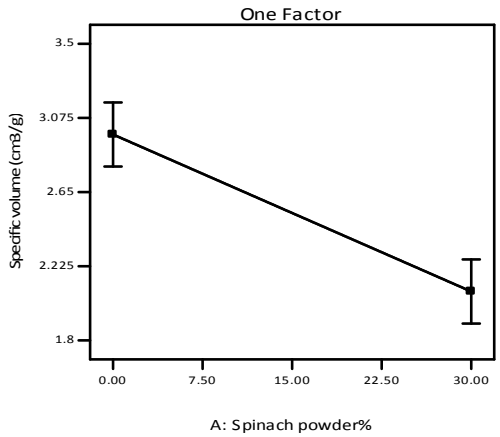

Fig 4 The effect of spinach powder substitution on the specific volume of bread samples

۳-٥- فعالیت آبی

نتایج حاصل از فعالیت آبی نمونه‌های نان سیمیت در شکل (٥) و نتایج آنالیز واریانس در جدول (٤) آورده شده است. مطابق نتایج آنالیز آماری فعالیت آبی نمونه‌ها با جایگزینی پودر اسفناج در فرمولاسیون نان‌ها کاهش قابل توجهی یافت ($p<۰/۰۵$). با توجه به رابطه مستقیم بین فساد نان و افزایش فعالیت آبی، با جایگزینی پودر اسفناج در فرمولاسیون نان، قابلیت نگهداری این نوع نان در مقابل فساد باکتریایی و کپکی افزایش یافت. علت این رفتار تشکیل شبکه ژلی و محصور شدن مولکول‌های آب در آن و در نتیجه کاهش تماس با مولکول‌های قطبی آب می‌باشد [۱۲]. نتایج موافقی در این باره توسط Marcinkowska-Lesiak و همکاران (۲۰۱۷) با افزودن پودر اسپیرولینا به بیسکویت [۲۸] و مقیمی (۱۳۹٤) با افزودن پودر هسته خرما به نان باگت [۱۲] ارائه شد.

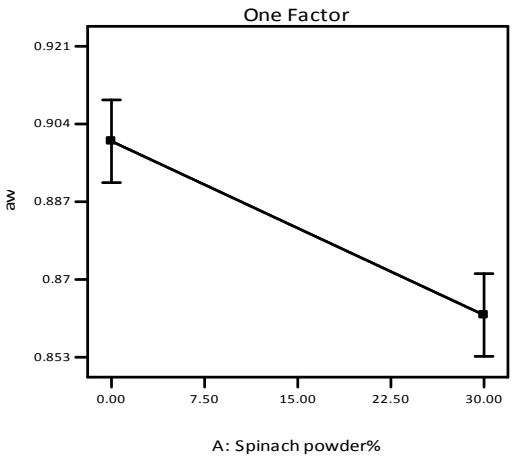

Fig 5 The effect of spinach powder substitution on the water activity of bread samples

۳-۶- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

خاصیت آنتی‌اکسیدانی یکی از مهمترین ویژگی‌ها برای بهبود کیفی غذاها می‌باشد که سبب کاهش صدمات اکسیداتیو می‌شود [۱۰]. نتایج حاصل از آنالیز واریانس نمونه‌ها در جدول (٤) آورده شده است. با توجه به نتایج آنالیز آماری جایگزینی پودر اسفناج اثر معنی‌داری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های نان داشت. همانطور که در شکل (٦) مشاهده می‌شود با افزایش جایگزینی پودر اسفناج ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها به طور معناداری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). این افزایش به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا در سبزی اسفناج (۷۱/۵۰٪) می‌باشد که می‌توان به وجود ترکیبات پلی فنولی و کارتنوئیدی نسبت داد [۵]. نتایج مشابهی در این زمینه با افزودن پوره اسفناج [۲]، پودر پوست انبه [۲۹] به کیک، افزودن پودر جلبک اسپیرولینا به بیسکویت [۲۸] و افزودن پودر سبزیجات به نان [۲۳] گزارش شده است.

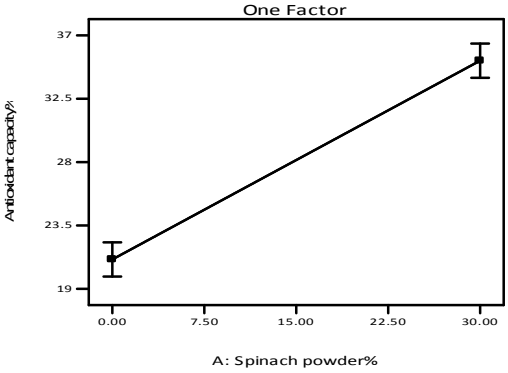

Fig 6 The effect of spinach powder substitution on the antioxidant activity of bread samples

Table 4 Variance analysis and regression coefficients of models fitted with the parameters of height, weight loss, water activity, specific volume and antioxidant activity of bread samples containing spinach powder

	Height	Loss weight	aw	Specific volume	Antioxidant activity
Model	105.72**	104.36**	21.24*	28.89**	162.26**
Lack of fit	0.78^{ns}	0.65^{ns}	0.98^{ns}	0.31^{ns}	0.82^{ns}
A	-6.11**	-2.53**	-0.019*	-0.44**	7.05**
R^2	0.93	0.93	0.75	0.80	0.95
Adj R^2	0.92	0.92	0.71	0.77	0.95
CV	4.73	12.31	1.19	8.43	5.01

A: spinach powder, ns: non-significant, *: significant in $p<0.05$, **: significant in $p<0.01$

۳-۷- رنگ

رنگ، ویژگی کیفی مهم در مقبولیت نان‌ها می‌باشد. نتایج آنالیز واریانس اثر سطوح مختلف پودر اسفناج بر روی پارامترهای L*، a* و b* نمونه‌ها درجدول (۵) آورده شده است. نتایج حاصل شده بیانگر وجود تفاوت معنادار بین پارامترهای رنگ نمونه‌های نان می‌باشد ($p<۰/۰۵$). با افزایش سطوح جایگزینی پودر اسفناج، شاخص روشنی (L*) نمونه‌ها کاهش یافت و با افزایش جایگزینی پودر اسفناج در سطوح بالاتر تفاوت چندانی در میزان روشنایی نمونه‌های نان مشاهده نشد (شکل ۷-a). همچنین با افزایش جایگزینی پودر اسفناج در فرمولاسیون نان سیمیت شاخص قرمزی (a*) نمونه‌ها افزایش یافت (شکل ۷-b). دلیل کاهش روشنی با افزودن پودر اسفناج در فرمولاسیون نان را می‌توان به رنگدانه‌های طبیعی (کلروفیل) پودر اسفناج نسبت داد [٦]. به علاوه قهوه‌ای شدن کربوهیدرات‌های موجود در پودر اسفناج در طی دوره پخت می‌تواند دلیل آن باشد[۷]. در خصوص کاهش روشنی نتایج مشابهی با افزودن پودر اسفناج به نان چاپاتی [۳۰]، پودر اسفناج به بیسکویت [۷] و پودر برگ بروکلی به کیک اسفنجی [۲۷] ارائه شده است. با افزایش سطوح جایگزینی پودر اسفناج تا ۱۰٪، شاخص زردی (b*) نمونه‌های نان افزایش و پس از آن کاهش یافت و افزایش قابل توجهی در شاخص زردی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد مشاهده گردید (شکل ۷-c). افزایش در میزان b* ممکن است به علت انجام واکنش مایلارد بین قند و اسیدهای آمینه باشد [۳۰]. به طور کلی نتایج مشابهی توسط Lu و همکاران (۲۰۱۰) با جایگزینی پودر سبز چای به کیک اسفنجی [۱۱] و خرمایی‌پور و همکاران (۱۳۹۷) با افزودن پودر پوست لیمو به کیک اسفنجی [۳۱] گزارش شده است.

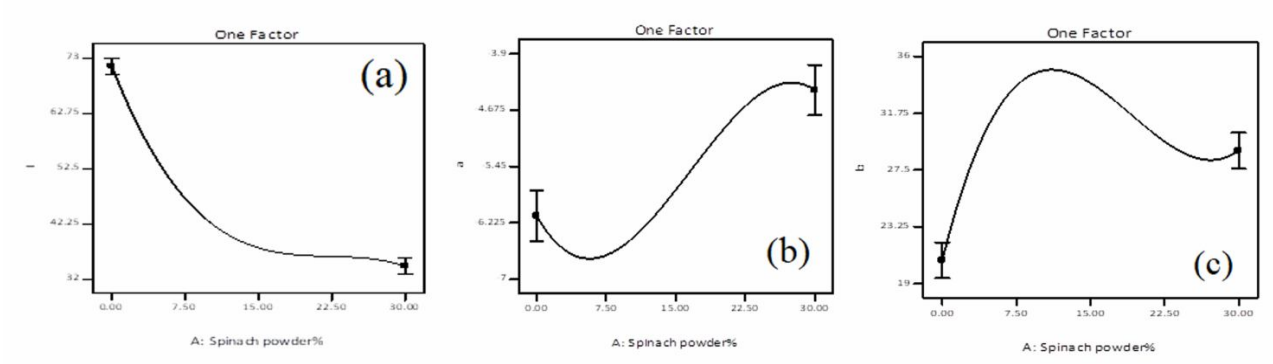

Fig 7 The effect of spinach powder substitution on color parameters of bread samples

۳-۸- آنالیز بافتی

نتایج حاصل از آنالیز واریانس بافت نمونه‌ها در جدول (۵) آورده شده است. با توجه به نتایج آنالیز واریانس در شکل (۸)، جایگزینی پودر اسفناج با آرد گندم بر سفتی و انرژی نفوذ نمونه‌های نان معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). سفتی بافت و انرژی نفوذ پروب با افزایش مقدار پودر اسفناج در فرمولاسیون نمونه‌ها افزایش یافت. رابطه مستقیمی بین افزایش سفتی و کاهش حجم مخصوص نمونه‌های نان وجود دارد. به طوریکه نمونه‌های حاوی ۳۰٪ پودر اسفناج با بیشترین سفتی، کمترین حجم مخصوص را داشتند [۱۱، ٤]. نتایج مشابهی در این زمینه با افزودن پودر برگ بروکلی [۲۷]، پودر تفاله سیب [٤]، پودر و پالپ انبه [۲٤] به کیک اسفنجی حاصل شد.

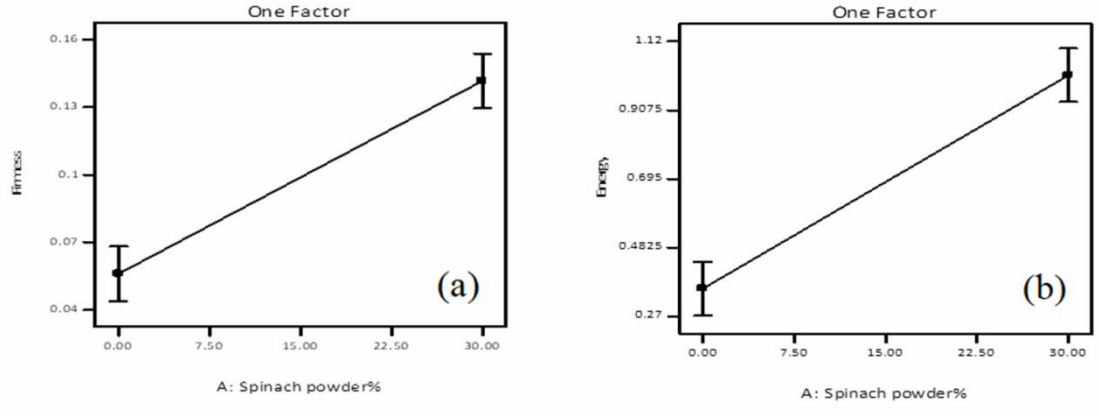

Fig 8 The effect of spinach powder substitution on the textural properties of bread samples

Table 5 Variance analysis of color parameters and texture characteristics of bread samples containing spinach powder

	L*	a*	b*	Firmness	Penetration Energy
Model	417.16**	21.29**	47.33*	59.71**	76.55**
Lack of fit	0.54^{ns}	0.12^{ns}	0.23^{ns}	0.31^{ns}	0.09^{ns}
A	-0.17**	2.44**	-6.93**	0.44**	0.33**
A^2	15.15	0.50	-9.16	--	--
A^3	-10.36	-1.57	11.03	--	--
R^2	0.99	0.92	0.96	0.89	0.91
Adj R^2	0.99	0.88	0.94	0.90	0.90
CV	2.86	6.11	4.64	14.31	14.02

A: spinach powder, ns: non-significant, *: significant in $p<0.05$, **: significant in $p<0.01$

۳-۹- ارزیابی حسی

با توجه به نتایج آنالیز ارزیابی حسی اثر افزودن پودر اسفناج به نمونه‌های نان سیمیت بر ویژگی‌های ظاهر، آروما، احساس دهانی، بافت و پذیرش کلی نمونه‌ها معنادار بود ($p<۰/۰۵$). نتایج حاصل از آنالیز واریانس نمونه‌ها در جدول (٦) آورده شده است. همانطور که در شکل (۹) مشاهده می‌شود، افزایش

درصد جایگزینی پودر اسفناج (۳۰٪) سبب کاهش همه ویژگی‌های حسی نمونه‌ها گردید. نتایج حاصل از ظاهر نمونه‌های نان نشان داد که با افزایش درصد پودر اسفناج، شکل ظاهری از امتیاز کمتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار است (شکل ۹- a). این نتایج احتمالا به علت عادت غذایی، شرایط جغرافیایی پانالیست‌ها و نیز باور غذایی بومی منطقه مبنی بر روشن بودن رنگ نان می‌باشد. از نظر ارزیاب‌ها، با افزایش درصد پودر اسفناج تا ٪ ۷/۵ امتیاز حسی آروما افزایش یافته و با افزایش بیشتر جایگزینی این امتیاز کاهش یافت (شکل ۹- b). مطابق نتایج حاصله با افزایش سطوح جایگزینی پودر اسفناج، امتیاز احساس دهانی نمونه‌های سیمیت کاهش یافت (۹-c) و نمونه‌های حاوی ۷/۵٪ پودر اسفناج بیشترین امتیاز را برای احساس دهانی داشتند. امتیاز بافت نمونه‌ها با افزایش درصد پودر اسفناج تا ۱۰٪ افزایش و پس از آن کاهش یافت (۹-d). نتایج پذیرش کلی نمونه‌ها بیانگر افزایش امتیاز پذیرش کلی تا جایگزینی ۷/۵٪ پودر اسفناج و سپس کاهش آن است و نمونه‌هایی با بیشترین سطح جایگزینی پودر اسفناج کمترین امتیاز پذیرش کلی را از نظر ارزیاب‌ها داشتند(۹-e). نتایج مشابهی توسط Galla و همکاران (۲۰۱۷) ارائه شد که دریافتند نمونه‌های بیسکویت حاوی ۵٪ پودر اسفناج بیشترین مقبولیت حسی را نسبت به نمونه‌های حاوی ۱۰٪ و ۱۵٪ داشتند [۷]. همچنین در پژوهشی دیگر، Khan و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که افزودن ۵٪ پودر اسفناج به نان چاپاتی سبب بهبود پذیرش کلی نمونه‌ها شد و در سطوح بالاتر اثر منفی بر روی امتیاز بافت، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها داشت[۳۰].

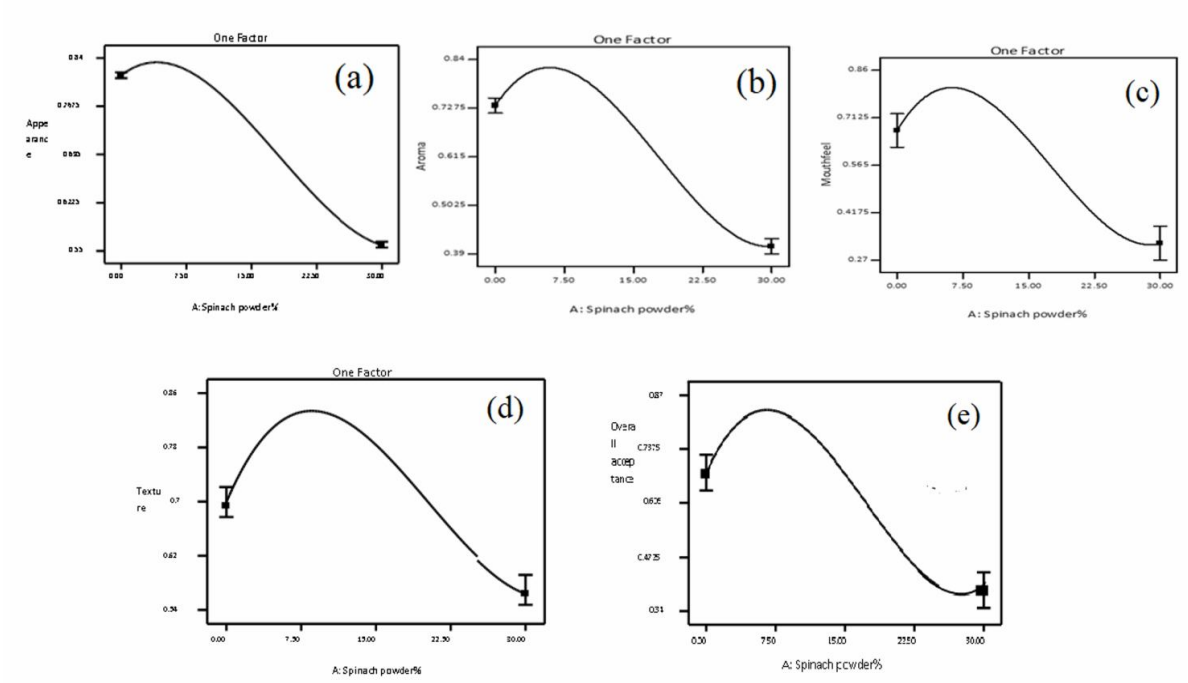

Fig 9 The effect of spinach powder substitution on the sensory evaluation of bread samples

Table 6 Variance analysis of sensory evaluation of bread samples containing spinach powder

	Appearance	Aroma	Mouth feel	Texture	Overall acceptance
Model	2271.12**	277.10**	38.97*	53.86**	43.04**
Lack of fit	0.06^{ns}	0.09^{ns}	0.08^{ns}	0.06^{ns}	0.05^{ns}
A	-0.21**	-0.37**	-0.46**	-0.20**	-0.45**
A^2	-0.05	-0.11	-0.14	-0.14	-0.14
A^3	0.08	-0.20	0.28	0.14	31
R^2	0.99	0.99	0.95	0.96	0.96
Adj R^2	0.99	0.99	0.93	0.905	0.94
CV	059	2.74	9.25	3.11	7.24

A: spinach powder, ns: non-significant, *: significant in $p<0.05$, **: significant in $p<0.01$

٤- نتیجه گیری

استفاده از پودر اسفناج به عنوان منبعی غنی از ویتامین، فیبر و املاح معدنی در فرمولاسیون نان سیمیت سبب افزایش ارزش تغذیه‌ای آن می‌گردد. در این پژوهش جایگزینی پودر اسفناج در فرمولاسیون نان سبب افزایش فیبر، خاکستر، محتوای رطوبتی وفعالیت آنتی اکسیدانی و از طرفی سبب کاهش افت وزنی، پروتئین، چربی، حجم مخصوص، فعالیت آبی و ارتفاع نمونه‌ها گردید. افزودن پودر اسفناج به نمونه‌ها سبب تضعیف ویژگی‌های بافتی و سفتی نمونه‌ها شد. همچنین نمونه‌هایی با تیرگی بیشتر (L* کمتر) و شاخص زردی بیشتر (a* بیشتر) مشاهده شد. نمونه‌های حاوی بیشترین سطح پودر اسفناج کمترین امتیاز را از نظر ارزیابان حسی داشت و افزودن پودر اسفناج تا ۷/۵٪ سبب افزایش پذیرش کلی و پس از آن سبب کاهش مقبولیت کلی گردید. بنابراین افزودن پودر اسفناج در سطوح متوسط می‌تواند به عنوان محصولی جدید در غنی‌سازی و بهبود کیفیت محصولات غذایی مورد استفاده قرار گیرد .

٥- منابع

[1] Skendi, A., Biliaderis, C., Papageorgiou, M., & Izydorczyk, M. (2010). Effects of two barley β-glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food chemistry, 119*(3), 1159-1167 .

[2] Mohtarami, F. , Gholipour, D. & Ashrafi Yorghanlou, R. (2019). The feasibility of producing enriched and low calorie sponge cakes with spinach puree. Food Science and Technology, 15(84): 375-384.

[3] Rubel, I. A., Pérez, E. E., Manrique, G. D., & Genovese, D. B. (2015). Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Structure*, *3*, 21-29.

[4] Kırbaş, Z., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2019). Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. *Journal of food science and technology, 56*(2), 914-926 .

[5] Ko, S. H., Park, J. H., Kim, S. Y., Lee, S. W., Chun, S. S., & Park, E. (2014). Antioxidant effects of spinach (Spinacia oleracea L.) supplementation in hyperlipidemic rats. *Preventive nutrition and food science*, *19*(1), 19.

[6] Ramu, L., Jakeer Basha, S. and Bhasker, V. (2018). Physio-chemical analysis of spinach paste fortified instant noodles. International journal of chemical studies. 6(5), 2373-2381.

[7] Galla, N. R., Pamidighantam, P. R., Karakala, B., Gurusiddaiah, M. R., & Akula, S. (2017). Nutritional, textural and sensory quality of biscuits supplemented with spinach (Spinacia oleracea L.). *International Journal of Gastronomy and Food Science, 7*, 20-26.

[8] Davoudi, Z., Shahedi, M. & Kadivar, M. (2013). Effect of pumpkin powder on the rheological properties of dough and physical properties of Taftoon bread. 21th national congress of food science and thechnology, 1-6.

[9] Moradi, P., Goli, M. & Keramat, J. (2019). Physicochemical, Nutritional, Textural, and Sensory properties of
Sponge Cake Enriched with Sugar-Beet Fiber. Food Science and Technology, 16(9): 39-51.

[10] Singh, J. P., Kaur, A., Shevkani, K., & Singh, N. (2015). Influence of jambolan (S yzygium cumini) and xanthan gum incorporation on the physicochemical, antioxidant and sensory properties of gluten‐free eggless rice muffins. *International journal of food science & technology*, *50*(5), 1190-1197.

[11] Lu, T.-M., Lee, C.-C., Mau, J.-L., & Lin, S.-D. (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food chemistry, 119*(3), 1090-1095 .

[12] Moghimi, M. (2017). Investigation and modeling prediction of physicochemical properties of baguette bread fortified with date seed powder. Food Science and Technology, 67(14):253-263.

[13] Quiles, A., Llorca, E., Schmidt, C., Reißner, A. M., Struck, S., Rohm, H., & Hernando, I. (2018). Use of berry pomace to replace flour, fat or sugar in cakes. *International Journal of Food Science & Technology, 53*(6), 1579-1587 .

[14] AACC, (2000), *American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC* , 10th edn. Methods 54.21, 54-10, 32.10,10.05, 44.40 .

[15] Chan, Y. T., Tan, M. C., & Chin, N. L. (2018). Effect of partial sugar replacement with ultrasonically treated citrus pectin on aeration and rheological properties of batter.

Journal of food processing and preservation, *42*(12), e13827.

[16] Mohtarami, F. (2018). Effect of Carrot Pomace Powder and Dushab (Traditional Grape Juice Concentrate) on the Physical and Sensory Properties of Cakes: A Combined Mixtures Design Approach. *Current Nutrition & Food Science, 14,* 1-11.

[17] Segundo, C., Román, L., Lobo, M., Martinez, M. M., & Gómez, M. (2017). Ripe banana flour as a source of antioxidants in layer and sponge cakes. *Plant foods for human nutrition, 72*(4), 365-371 .

[18] Agrahar-Murugkar, D., Zaidi, A., & Dwivedi, S. (2018). Development of gluten free eggless cake using gluten free composite flours made from sprouted and malted ingredients and its physical, nutritional, textural, rheological and sensory properties evaluation. *Journal of food science and technology, 55*(7), 2621-2630 .

[19] Karp, S., Wyrwisz, J ,.Kurek, M. A., & Wierzbicka, A. (2017). Combined use of cocoa dietary fibre and steviol glycosides in low‐calorie muffins production. *International Journal of Food Science & Technology, 52*(4), 944-953 .

[20] Saeidi, Z., Nasehi, B., & Jooyandeh, H. (2018). Optimization of gluten-free cake formulation enriched with pomegranate seed powder and transglutaminase enzyme. *Journal of food science and technology*, *55*(8), 3110-3118.

[21] Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V., & Mehdizadeh, S. A. (2017). Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. *Bioactive carbohydrates and dietary fibre*, *9*, 39-45.

[22] Erfani, F., Hassandokht, M. R., Jabbari, A., & Barzegar, M. (2007). Effect of cultivar on chemical composition of some Iranian spinach. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, *10*(4), 602-606.

[23] Ranawana, V., Campbell, F., Bestwick, C., Nicol, P., Milne, L., Duthie, G., & Raikos, V. (2016). Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part II: breads not containing oil as an ingredient. *Foods*, *5*(3), 62.

[24] Noor Aziah, A., Lee Min, W., & Bhat, R. (2011). Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (Mangifera indica var. Chokanan) pulp and peel flours. *International journal of food sciences and nutrition, 62*(6), 559-567.

[25] Achour, H. Y., Doumandji, A., Sadi, S., & Saadi, S. (2014). Evaluation of nutritional and sensory properties of bread enriched with Spirulina. *Ann Food Sci Technol*, *15*, 270-5.

[26] Martınez-Cervera, S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L. & Mixtures Design Approach. *Current Nutrition & Food Science, 14,* 1-11.

[27] Krupa‐Kozak, U., Drabińska, N., Rosell, C. M., Fadda, C., Anders, A., Jeliński, T., & Ostaszyk, A. (2019). Broccoli leaf powder as an attractive by‐product ingredient: effect on batter behaviour, technological properties and sensory quality of gluten‐free mini sponge cake. *International Journal of Food Science & Technology*, *54*(4), 1121-1129.

[28] Marcinkowska‐Lesiak, M., Onopiuk, A., Zalewska, M., Ciepłoch, A., & Barotti, L. (2018). The effect of different level of Spirulina powder on the chosen quality parameters of shortbread biscuits. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(3), e13561.

[29] Ajila, C. M., Leelavathi, K. U. J. S., & Rao, U. P. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of cereal science*, *48*(2), 319-326.

[30] Khan, M. A., Mahesh, C., Semwal, A. D., & Sharma, G. K. (2015). Effect of spinach powder on physico-chemical, rheological, nutritional and sensory characteristics of chapati premixes. *Journal of food science and technology*, *52*(4), 2359-2365.

[31] Khormaeepour, M., Vazirizadeh, A. & Mohebbi, Gh. (2019). Fortification of sponge cake by lemon peel and using of Stevia as a replacement of sugar. Food Science and Technology, 16(88): 135-145.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Fortification of Simit bread with spinach powder: Evaluation of Physico-chemical, textural, and sensorial properties

Mohtarami, F. [1]*, Esmaiili, M. [2], Nouraddini, M. [3], Ostad, I. [4]

1. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
3. PhD Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
4. MS in Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Saba Higher Education Institute, Urmia, Iran.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of replacing wheat flour with spinach powder (0-30%) as a rich source of fiber and minerals in a mixed D-optimal design on physicochemical properties (weight loss, moisture, ash, protein, fat, fiber, antioxidant capacity, color, specific volume, height, water activity) and textural and sensory properties of bread. The results showed that an increase in the moisture content, ash, fiber and a decrease in weight loss, protein, fat, specific volume, water activity and height of the samples with the addition of spinach powder. The antioxidant capacity of breads containing spinach powder was significantly increased compared to control samples ($p < 0.05$). Also, textural properties including penetration energy and firmness of the samples were significantly increased by adding spinach powder compared to the control samples. Spinach powder substitution decreased L *, a * and increased b * in the samples. According to the results, replacing wheat flour with spinach powder up to 7.5% improved and increased the overall acceptance of the samples.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 04/ 18
Accepted 2021/ 11/ 21

Keywords:

Spinach,
Simit bread,
Textural properties,
Sensory evaluation.

DOI: 10.52547/fsct.18.121.30

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.121.11.5

*Corresponding Author E-Mail:
f.mohtarami@urmia.ac.ir