مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۱۰۰-۹۱

اثر نوع آغازگر و سطح جایگزینی آرد جو بر ویژگی‌های تغذیه‌ای کشک زرد

سید پیام حمیدی[۱]، محمد علی نجفی[۲]، محمود توکلی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. پست الکترونیکی: m.njafi413@uoz.ac.ir
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۴

چکیده

سابقه و هدف: غذاهای تخمیری نقش مهمی در تغذیه انسان دارند. کشک زرد از جمله غذاهای تخمیری در استان سیستان و بلوچستان است که برپایه تخمیر غلات توسط ماست تهیه می‌شود. هدف از این تحقیق ارزیابی اثر جایگزینی آرد جو با آرد گندم و نوع آغازگر بر بهبود خواص تغذیه‌ای و حسی کشک زرد است.

مواد و روش‌ها: اثر جایگزینی آردجو (در سطوح: ۰، ۱۵ و ۳۰ درصد) و نوع آغازگر (بدون تلقیح، *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052، *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTTC1737، *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058 به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر) بر مقادیر pH، اسیدیته، پروتئین، پروتئین قابل هضم، اسید فیتیک، روی، قابلیت دسترسی روی، فنل کل، خاصیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH)، و پذیرش کلی کشک زرد بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تمامی صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر نوع آغازگر و سطح جایگزینی آرد جو قرار داشتند ($p<0/05$). با افزایش سطح جایگزینی آرد جو، مقادیر پروتئین، اسید فیتیک، فنل و خواص آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با نمونه کنترل (سطح جایگزینی صفر، بدون تلقیح) افزایش یافت ($p<0/05$). همچنین تلقیح میکروبی باعث کاهش مقدار اسید فیتیک و افزایش قابلیت هضم پروتئین، قابلیت جذب روی، خواص آنتی‌اکسیدانی و پذیرش‌کلی در مقایسه با نمونه کنترل گردید ($p<0/05$).

نتیجه‌گیری: باتوجه به شاخص‌های مقدار پروتئین، قابلیت جذب روی، قابلیت هضم پروتئین و پذیرش‌کلی سطح جایگزینی ۱۵ درصد آرد جو و استفاده از آغازگر مخلوط *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* + *ساکارومایسس سرویزیه* جهت تهیه کشک زرد پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: کشک زرد، فراسودمند، آرد جو، لاکتوباسیلوس، اسیدفیتیک

• مقدمه

در نواحی مختلف جهان، فرآورده های تخمیری متنوعی برپایه گندم و لبنیات تولید می‌شوند از آن جمله می‌توان به کشک زرد (شرق و جنوب شرقی ایران)، ترخینه (Tarhana) (غرب و شمال غرب ایران، ترکیه)، کوشک (Kushuk) (عراق)، کیچک (Kichk) (هندوستان) و کیشک (مصر و لبنان) اشاره نمود که در فرمولاسیون، نوع آغازگر و روش تهیه با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند (۱). کشک زرد یک محصول محبوب در استان سیستان و بلوچستان است که بصورت سنتی و کارگاهی تولید می‌شود. جهت تهیه مخلوط آرد غلات (به طور عمده آرد گندم)، ماست، انواع سبزیجات، نمک و ادویه‌ها با یکدیگر مخلوط و توسط آغازگرهای طبیعی موجود در فرمولاسیون برای مدت ۱۰ تا ۱۲ روز در دمای محیط تخمیر می‌شود. در پایان خمیر تخمیر شده، خشک و آسیاب می‌گردد. جهت استفاده پودر حاصله را با آب مخلوط و پس از جوشاندن به صورت سوپ غلیظ مصرف می‌نمایند. طباطبایی یزدی و همکاران (۱۳۹۵) فعالیت سویه‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* (۲۴٪)، *لاکتوباسیلوس دلبروکی* (۱۸/۷٪)، *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* (۱۳٪)، *لاکتوکوکوس لاکتیس* (۱۳٪)، *انتروکوکوس لاکتیس* (۱۳٪)، *پدیوکوکوس پنتوزاسئوس* (۹٪) و *لوکونوستوک مزنتروئیدس* (۹٪) را در کشک زرد گزارش نمودند که بیان کننده تخمیر لاکتیکی است (۲).

ارزش غذایی و خواص حسی فرآورده‌های تخمیری تحت تأثیر نوع آغازگر (۳)، مواد اولیه و نسبت آنها (۴) قرار دارد. انتخاب مناسب سویه‌های باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر علاوه بر بهبود خواص تغذیه‌ای می‌تواند موجب بهبود بو، مزه و بازارپسندی محصولات نهایی شود (۵). Herken و Con (۲۰۱۴) ارزش غذایی نمونه‌های ترخینه تهیه شده با آغازگر *لاکتوباسیلوس برویس* و *لاکتوباسیلوس پلانتاریم* را با نمونه تجاری مقایسه نموده و بیان داشتند آغازگر *لاکتوباسیلوس برویس* باعث کاهش مقدار و قابلیت هضم پروتئین گردید حال آن‌که *لاکتوبا سیلوس پلانتاریم* اثر افزایشی داشت (۶). Najafi و همکاران (۲۰۱۲) اثر نوع آغازگر بر خواص حسی، مقدار اسید فیتیک و قابلیت جذب روی نان سنگک را بررسی و گزارش نمودند استفاده از آغازگر حاوی مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* و *لاکتوبا سیلوس پلانتاریم* باعث کاهش اسید فیتیک و افزایش قابلیت جذب روی در مقایسه با نمونه تجاری گردید (۷).

تحقیقات انجام شده بر ترخینه نشان می‌دهد جایگزینی بخشی از آرد گندم با سایر غلات می‌تواند بر کیفیت محصول نهایی مؤثر باشد (۵، ۸). تاکنون گزارشاتی در خصوص اثر افزودن آرد سویا (۹)، ذرت و چاودار (۱۰) بر خواص تغذیه‌ای ترخینه بررسی شده است. جو بعد از گندم، ذرت و برنج چهارمین غله مهم است که به‌لحاظ خواص حسی مطلوب، وجود مقادیر قابل توجهی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، فنلی، پروتئین، اسیدهای چرب غیر اشباع مانند اسید لینولئیک، ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبر رژیمی، بسیار مورد توجه است (۱۱). ارکان و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند جایگزینی آرد جو با آرد گندم باعث بهبود خواص حسی محصول نهایی گردید (۱۲).

بررسی منابع علمی گذشته نشان داده تاکنون هیچ‌گونه بررسی در خصوص بهبود خواص کیفی کشک زرد انجام نشده است. هدف از این تحقیق بهبود خواص تغذیه‌ای و حسی کشک زرد است و در همین راستا برای نخستین بار اثر جایگزینی آرد جو با آرد گندم و نیز آغازگر انتخابی حاوی *ساکارومایسس سرویزیه*، *لاکتوباسیلوس دلبروکی* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به تنهایی و بصورت مخلوط بر تغییرات خواص تغذیه‌ای و حسی کشک زرد مورد بررسی قرار گرفت.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه: تمامی مواد اولیه کشک زرد شامل گندم، جو، ادویه‌ها (پودر فلفل، زردچوبه، زیره)، سبزی‌های معطر (شوید، گشنیز) و ماست، ۲۴ ساعت قبل از تهیه از بازار محلی زابل تهیه و در درون یخچال (۴ درجه سانتگراد) نگهداری شدند. محیط کشت‌های مورد استفاده شامل Yeast Malt (YM), de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) و مغذی از برند مرک ساخت کشور آلمان خریداری گردیدند. سویه‌های میکروبی *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052، *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTTC1737 و *لاکتوبا سیلوس پلانتاروم* PTCC1058 به شکل فعال از آزمایشگاه علوم و صنایع غذایی دانشگاه زابل تهیه و تمامی آزمایشات در محل همین آزمایشگاه انجام شد.

تکثیر و تهیه سوسپانسیون میکروبی: جهت تکثیر مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* مطابق روش کمالی شهری و همکاران (۱۳۹۵) عمل گردید. بدین منظور سوسپانسیون مخمری YM برای مدت ۷۲ ساعت در گرمخانه شیکردار (پارس آزما-ایران) در دمای ۲۸ درجه سانتیگراد و سرعت ۱۲۰ rpm قرار داده شد. سوسپانسیون‌های تلقیح شده MRS مایع حاوی هرکدام از باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی*، برای مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۲ درجه سانتیگراد در شرایط مشابه گرمخانه گذاری گردیدند. منحنی جذب نور و جمعیت میکروبی هر سویه با استفاده از روش پورپلیت و تعیین جذب نور در طول موج ۶۲۰ نانومتر به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (Gold spectrumlab 54) ترسیم شد (۱۳).

تهیه کشک زرد: در این تحقیق متغیرها شامل نوع آغازگر در پنج سطح شامل M1 (بدون آغازگر)، M2 (*لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTTC1737)، M3 (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058)، M4 (*ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052)، M5 (*لاکتوبا سیلوس دلبروکی* PTTC1737 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052)، M6 (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052) و سطح جایگزینی آردجو با گندم در سه سطح R1 (۰ درصد)، R2 (۱۵ درصد) و R3 (۳۰ درصد) (برپایه آرد مصرفی) درنظر گرفته شد. در ابتدا گندم، جو، ادویه‌ها و سبزیجات در محل آزمایشگاه به کمک دستگاه آسیاب (شرکت Binder، آلمان) پودر و پس از درجه‌بندی با الک دارای منافذ ۱/۶ میلی‌متر، بخش زیرین جهت مصارف بعدی جداسازی گردید. در فرمولاسیون پایه، آرد گندم (۴۰۰ گرم)، ماست محلی پاستوریزه (۶۰۰ گرم)، تخم گشنیز (۲۵ گرم)، شوید (۱۰ گرم)، سیر (۱۰ گرم)، فلفل سیاه (۵ گرم)، زیره (۵ گرم)، رازیانه (۵ گرم)، زردچوبه (۱۵ گرم) قرار داشت که به مدت ۱۰ دقیقه به روش دستی با یکدیگر مخلوط شدند. تلقیح میکروبی برحسب نوع آغازگر، برای باکتری اسید لاکتیک و مخمر

ساکارومایسس سرویزیه بترتیب به تعداد 10^5 و 10^7 CFU/ml با جمعیت انجام شد. نمونه‌های تهیه شده برای مدت ۱۰ روز در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد گرمخانه‌گذاری و هر ۱۲ ساعت همزده شدند. سوسپانسیون تخمیر شده به صورت لایه‌ای با ضخامت ۳ میلی‌متر بر روی سینی‌های استریل پهن و در محیط آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت خشک و در نهایت به‌کمک آسیاب آزمایشگاهی در ۲۰۰۰۰ rpm برای مدت ۳ دقیقه آسیاب گردیدند.

تعیین pH و اسیدیته: جهت اندازه گیری pH، سوسپانسیون (%w/v) ۱۰ کشک زرد تهیه و پس از فیلتراسیون به کمک کاغذ واتمن ۳ توسط دستگاه pH متر دیجیتال (مدل PTR79، زاگ شیمی، ایران) تعیین گردید. جهت تعیین مقدار اسیدیته، سوسپانسیون تهیه شده با محلول سود ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالین تا رسیدن به pH = ۸/۱ تیتر و مقدار اسیدیته برحسب مقدار سود مصرفی گزارش گردید (۷).

اندازه‌گیری نشاسته، پروتئین و روی: مقدار نشاسته، پروتئین و عنصر روی در نمونه‌ها، بترتیب مطابق دستورالعمل‌های شماره ۹۹۶/۱۱، ۹۷۹/۰۹ و ۹۶۹/۳۲ مندرج در AOAC (2002) اندازه‌گیری شد (۱۴).

تعیین محتوای پروتئین قابل هضم: بدین منظور مقدار ۵۰ میلی‌لیتر سوسپانسیون کشک زرد مطابق روش Hsu و همکاران (۲۰۰۳) آماده و پس از انتقال به حمام بن ماری با دمای۳۷ درجه سانتیگراد، pH آن با استفاده از سود و اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال برابر عدد ۸ تنظیم گردید. سپس ۵ میلی لیتر مخلوط آنزیم تریپسین (۱/۶ mg/ml)،کموتریپسین (۳/۱ mg/ml) و پپتیداز (۱/۳ mg/ml) با pH معادل ۸ به آن اضافه گردید. مقدار پروتئین قابل هضم از رابطه زیر محاسبه شد (۱۵):

$Y = 210/464 - 18/103\ x$

Y= قابلیت هضم پروتئین

X= pH پس از ۱۰ دقیقه

تعیین درصد اسید فیتیک و قابلیت جذب روی: اندازه گیری اسید فیتیک موجود در کشک زرد مطابق روش ذکر شده توسط Rezaei و همکاران (۲۰۱۹) برپایه نسبت وزنی آهن به فسفر (۴:۶) و با استفاده از رابطه ذیل بدست آمد (۱۶).

$$Phy/Zn = \frac{\text{اسید فیتیک (mg/100g)} / 660}{\text{روی (mg/100g)} / 65/4}$$

اندازه‌گیری مقدار فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانی: جهت اندازه‌گیری مقدار فنل کل نمونه کشک زرد ابتدا اسید گالیک با ده برابر حجمی معرف فولین- سیوکالتیو رقیق شده و ۸ سی سی محلول بیکربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شد. پس از ۲ ساعت نگهداری در دمای اتاق، مقدار جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. میزان فنل کل به کمک منحنی استاندارد بر حسب غلظت اسیدگالیک (mg/g) بیان گردید (۱۷). فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های کشک زرد با ارزیابی ظرفیت مهار رادیکالی DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) اندازه‌گیری شد (۱۸). بر این اساس مقدار ۲۴ گرم از محلول رادیکالی DPPH در ۱۰۰ میلی لیتر متانول حل و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری گردید. سپس مقدار ۱۵۰ میکرولیتر عصاره کشک زرد به ۱۰ میلی‌لیتر محلول DPPH تهیه شده با مقدار جذب نوری ۰/۰۲± ۱/۱۰ اضافه و مقدار جذب پس از ۲۴ ساعت در طول موج ۵۱۵ نانومتر ثبت گردید. نهایتا فعالیت آنتی اکسیدانی برحسب میکرومول ترولوکس (Trolox) در ۱۰۰ گرم ماده خشک بیان گردید.

آزمون حسی: روش هدونیک ۹ نقطه‌ای (نمره ۱ بسیار بد و نمره ۹ بسیار خوب) برای ارزیابی پذیرش کلی (رنگ، بو، مزه، احساس دهانی) مورد استفاده قرار گرفت. بدین‌منظور از تعداد ۳۰ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده شامل دانشجویان و کارمندان دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، بصورت جداگانه و در شرایط دما و نور مناسب انجام شد (۱۸).

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی به کمک نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام و اختلاف معنی‌دار میانگین داده‌ها با کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد با سه تکرار صورت پذیرفت.

• یافته‌ها

تعیین ترکیبات شیمیایی مواد اولیه: نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقادیر نشاسته، پروتئین، اسید فیتیک، روی و فنل کل آرد گندم و جو در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی آرد گندم و جو بر پایه وزن خشک

نمونه‌ها	نشاسته (٪)	پروتئین (٪)	اسید فیتیک (mg/100g)	روی (mg/100g)	فنل کل (mg/100g)
گندم	۶۸/۳	۱۱/۷۲	۶۹۸/۱±۴/۷	۳۴۱/۱۹±۰/۰	۱۶۹/۲±۷/۱
جو	۵۹/۲	۱۳/۰۸	۸۱۵/۲±۷/۱	۲۸۶/۱۳±۰/۰	۲۰۸/۱±۴/۲

pH و اسیدیته: میانگین داده‌های pH و اسیدیته نمونه‌های کشک زرد در جدول ۲ ثبت شده است. همان طور که مشاهده می شود مقادیر pH و ا سیدیته نمونه‌ها تحت اثر نوع آغازگر و سطح جایگزینی آرد جو قرار گرفت. مقدار pH از ۳/۹±۰/۰ تا ۴/۰±۹/۱ متغیر بود که به ترتیب در نمونه های R1M3 و R3M5 ثبت گردید. افزایش سطح جایگزینی آرد جو از ۱۰ به ۳۰ در صد باعث افزایش pH و کاهش ا سیدیته گردید، هرچند در سطوح جایگزینی یکسان در بسیاری از تیمارها اختلاف معنی‌داری در مقادیر pH مشاهده نگردید ($p<0/05$). مقدار اسیدیته نمونه‌های کشک زرد نیز در محدوده ۱۴/۰±۷/۳ تا ۲۰/۲±۰/۲ قرار داشت، که به ترتیب توسط تیمارهای R3M6 و R1M3 بدست آمد.

پروتئین: در جدول ۳ مقادیر پروتئین نمونه‌های کشک زرد نشان داده شده است. میزان پروتئین نمونه‌ها از ۱۸/۱ - ۱۴/۷ درصد در نوسان بود. افزایش سطح جایگزینی آرد گندم با آرد جو باعث افزایش معنی‌دار مقدار پروتئین گردید بطوری که بیشترین مقدار پروتئین در سطح جایگزینی ۳۰٪ ثبت شد. کمترین و بیشترین مقدار نیز به ترتیب در تیمارهای R1M2 و R3M4 مشاهده شد ($p<0/05$).

ا سید فیتیک: جدول ۲ مقایسه میانگین داده‌های حا صل از اندازه‌گیری اسیدفیتیک نمونه‌های کشک زرد را نشان می‌دهد. نوع آغازگر و افزایش مقدار آرد جو در فرمولاسیون مقدار اسید فیتیک را افزایش داد ($p<0/05$). بیشترین (mg/100 g ۵۲/۲±۲/۰) و کمترین مقدار اسید فیتیک (۱۲/۱±۷/۱mg/100g) به ترتیب در تیمارهای R3M1 و R1M6 دیده شد ($p<0/05$). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد افزودن مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* باعث کاهش بیشتر اسید فیتیک شده است.

قابلیت ه ضم پروتئین: براساس نتایج مندرج در جدول ۲، سطح جایگزینی و نوع آغازگر بر قابلیت هضم پروتئین تأثیر معنی‌دار داشت. مقادیر پروتئین قابل هضم نمونه ها از ۶۷/۰±۴/۴ تا ۹۵/۰±۹/۹ درصد متغیر بود که به ترتیب توسط تیمارهای R3M1 و R1M6 دیده شد ($p<0/05$). افزایش سطح جایگزینی تا سطح ۱۵٪ باعث افزایش و تا سطح ۳۰٪ منجر به کاهش معنی‌دار در سطح ۵٪ گردید.

جدول ۲. تغییرات مقادیر pH و اسیدیته در نمونه‌های کشک زرد

پارامتر	سطح جایگزینی	آغازگر					
		M1	M2	M3	M4	M5	M6
pH	R1	۴/۰±۰/۲ de	۴/۰±۱/۱ de	۳/۰±۹/۰ f	۴/۰±۰/۱ e	۴/۰±۱/۱ de	۴/۰±۰/۱ ef
	R2	۴/۰±۳/۲ cd	۴/۰±۳/۱ cd	۴/۰±۲/۱ d	۴/۰±۳/۱ cd	۴/۰±۵/۱ b	۴/۰±۴/۱ bc
	R3	۴/۰±۴/۱ bc	۴/۰±۴/۱ bc	۴/۰±۳/۱ cd	۴/۰±۳/۱ cd	۴/۰±۹/۱ a	۴/۰±۷/۱ a
اسیدیته (میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال)	R1	۱۶/۰±۷/۳ f	۱۹/۰±۱/۲ b	۲۰/۰±۲/۲ a	۱۷/۰±۵/۵ de	۱۹/۰±۶/۳ b	۱۷/۰±۱/۴ ef
	R2	۱۶/۰±۲/۴ f	۱۷/۰±۹/۲ d	۱۹/۰±۳/۸ bc	۱۶/۰±۶/۳ f	۱۸/۰±۶/۱ c	۱۷/۰±۲/۵ ef
	R3	۱۵/۰±۴/۳ g	۱۵/۰±۳/۴ gh	۱۷/۰±۷/۱ d	۱۶/۰±۳/۲ f	۱۵/۰±۶/۲ g	۱۴/۰±۷/۳ h

میانگین داده‌ها ± انحراف معیار. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<0.05$). M1: بدون آغازگر، M2: *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052، M3: *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTCC1737، M4: *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058، M5: *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTCC1737 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052 ، M6: *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052؛ R1 : بدون آردجو، R2: حاوی ۱۵٪ آرد جو، R3: حاوی ۳۰٪ آرد جو.

جدول ۳. تغییرات مقادیر چربی، پروتئین، قابلیت هضم پروتئین، خاکستر، روی، اسید فیتیک در نمونه‌های کشک زرد

پارامتر	سطح جایگزینی	آغازگر					
		M1	M2	M3	M4	M5	M6
پروتئین %, w/w, (dry basis)	R1	۱۴/۰±۸/۲ ^{i}	۱۴/۰±۷/۱ ^{i}	۱۴/۰±۹/۱ ^{hi}	۱۵/۰±۹/۲ ^{fg}	۱۵/۰±۲/۳ ^{h}	۱۵/۰±۴/۴ ^{gh}
	R2	۱۶/۰±۲/۱ ^{f}	۱۶/۰±۰/۳ ^{f}	۱۶/۰±۱/۱ ^{f}	۱۷/۰±۲/۲ ^{c}	۱۶/۰±۵/۱ ^{e}	۱۶/۰±۸/۲ ^{d}
	R3	۱۷/۰±۱/۲ ^{cd}	۱۶/۰±۹/۱ ^{d}	۱۷/۰±۰/۲ ^{cd}	۱۸/۰±۱/۳ ^{a}	۱۷/۰±۳/۲ ^{c}	۱۷/۰±۶/۱ ^{b}
اسید فیتیک (mg/100 g)	R1	۳۶/۱±۹/۱ ^{c}	۲۶/۱±۷/۶ ^{e}	۲۱/۱±۵/۲ ^{g}	۱۷/۱±۳/۰ ^{i}	۱۳/۱±۸/۵ ^{j}	۱۲/۱±۷/۱ ^{k}
	R2	۴۱/۱±۸/۷ ^{b}	۳۰/۴±۸/۴ ^{d}	۲۴/۰±۲/۶ ^{f}	۱۹/۰±۸/۹ ^{h}	۱۴/۱±۷/۶ ^{h}	۱۳/۱±۳/۲ ^{j}
	R3	۵۲/۲±۲/۰ ^{a}	۳۵/۱±۹/۵ ^{c}	۳۰/۰±۶/۵ ^{d}	۲۱/۱±۳/۲ ^{g}	۱۶/۱±۱/۳ ^{g}	۱۴/۰±۱/۸ ^{h}
قابلیت هضم پروتئین (٪)	R1	۷۵/۰±۴/۱ ^{i}	۷۴/۰±۳/۵ ^{j}	۷۶/۰±۳/۳ ^{h}	۸۲/۰±۸/۳ ^{g}	۸۵/۰±۷/۲ ^{f}	۸۶/۰±۳/۴ ^{f}
	R2	۸۳/۰±۹/۴ ^{e}	۸۶/۰±۵/۴ ^{d}	۸۹/۰±۶/۴ ^{c}	۹۰/۰±۶/۳ ^{b}	۹۵/۰±۱/۲ ^{a}	۹۵/۰±۹/۲ ^{a}
	R3	۶۷/۰±۴/۱ ^{m}	۶۸/۰±۵/۳ ^{l}	۶۸/۰±۶/۲ ^{l}	۶۹/۰±۵/۳ ^{k}	۶۹/۰±۸/۳ ^{k}	۶۹/۰±۶/۳ ^{k}
روی (mg/100 g)	R1	۵۷/۰۱±۰/۰ ^{def}	۶۰/۰۱±۰/۰ ^{bcde}	۶۱/۰۲±۰/۰ ^{cde}	۶۴/۰۲±۰/۰ ^{bcde}	۶۶/۰۲±۰/۰ ^{bcde}	۶۷/۰۳±۰/۰ ^{bcd}
	R2	۶۰/۰۲±۰/۰ ^{cde}	۶۵/۰۱±۰/۰ ^{bcd}	۶۶/۰۱±۰/۰ ^{bc}	۶۸/۰۱±۰/۰ ^{b}	۷۰/۰۱±۰/۰ ^{b}	۷۴/۰۱±۰/۰ ^{a}
	R3	۴۱/۰۱±۰/۰ ^{g}	۵۶/۰۱±۰/۰ ^{def}	۴۸/۰۱±۰/۰ ^{f}	۵۲/۰۱±۰/۰ ^{ef}	۵۶/۰۱±۰/۰ ^{ef}	۶۱/۰۱±۰/۰ ^{bcd}

میانگین داده‌ها ± انحراف معیار. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<0.05$). M1: بدون آغازگر، M2: *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052، M3: *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTCC1737، M4: *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058، M5: *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTCC1737 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052 ، M6: *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052؛ R1 : بدون آردجو، R2: حاوی ۱۵٪ آرد جو، R3: حاوی ۳۰٪ آرد جو.

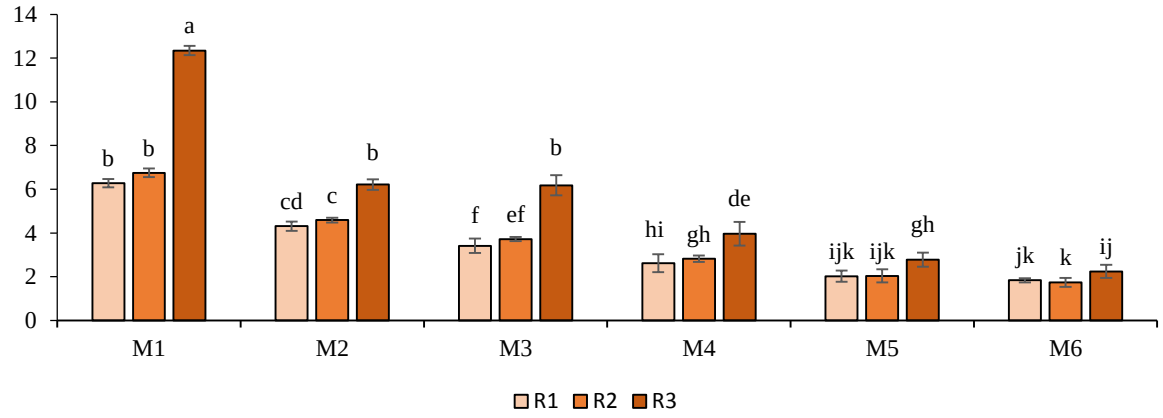
روی: نتایج مقایسه میانگین داده‌های عنصر روی (جدول ۲) نشان می‌دهد. بیشترین مقدار (۰/۰±۷۴/۰۱ mg/100g) در تیمار R2M6 و کمترین میزان (۰/۰±۴۱/۰۱mg/100g) در تیمار R3M1 حاصل شد ($p<0/05$). افزایش سطح جایگزینی آرد جو تا ۱۵ درصد مقدار روی را افزایش و پس از آن باعث کاهش گردید. همچنین نوع آغازگر بر مقدار عنصر روی در سطح ۵ درصد تأثیر معنی دار نشان داد.

قابلیت جذب روی

مقایسه مقادیر نسبت مولی اسیدفیتیک به روی در سطوح جایگزینی یکسان نشان می‌دهد (شکل ۱) نمونه‌های تخمیرشده به‌طور معنی‌داری بهتر از نمونه تلقیح شده بودند ($p<0/05$). تیمار R1M3 با ثبت عدد ۰/۰۸±۱۲/۳ بالاترین مقدار نسبت مولی را نشان داد. استفاده از سوش مخلوط *ساکارومایسس سرویزیه* + *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *ساکارومایسس سرویزیه* + *لاکتوباسیلوس دلبروکی* در سطوح جایگزینی ۰ و ۱۵ درصد به ترتیب با مقادیر ۰/۰۳±۲/۲ و ۰/۰۲±۲/۸ کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند ($p<0/05$).

فنل کل و DPPH: جدول ۴ مقادیر فنل کل و اندیس DPPH نمونه‌های تهیه شده را نشان می‌دهد. براین اساس تیمارهای R3M6 (۰۳/۵±۲۹/۲ mg of GAE100 g^{-1}) و (mg of GAE100 g^{-1} ۱۸۱/۱) R1M1 بترتیب بیشترین و کمترین مقادیر فنل کل را نشان دادند ($p<0/05$). همچنین بالاترین (۶/۳±۸۵/۰ µmol TE/100g) و پایین‌ترین (µmol TE/100g ۵/۹±۴۳/۱) سطح اندیس DPPH نیز به ترتیب توسط همین تیمارها ثبت گردید. افزایش سطح جایگزینی آرد جو موجب افزایش معنی‌دار مقدار فنل کل و خصوصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها شد ($p<0/05$). بالاترین سطح مقدار فنل و خصوصیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های تلقیح شده با *ساکارومایسس سرویزیه* + *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بدست آمد. نتایج بیان کننده تأثیر بیشتر *لاکتوباسیلوس پلانتاریم* در مقایسه با *لاکتوباسیلوس دلبروکی* بر حفظ مقدار فنل کل و خواص آنتی‌اکسیدانی است.

پذیرش کلی: پذیرش کلی نشان دهنده میزان مطلوبیت یک کالا از نظر مصرف کننده است (۱۹). مقایسه میانگین امتیازات پذیرش کلی نمونه‌ها نشان داد (شکل۲) افزایش سطح جایگزینی آرد جو و نوع آغازگر تأثیرات متفاوتی بر امتیاز پذیرش کلی دارد. بیشترین و کمترین امتیاز در نمونه‌های R2M6 و R1M1 به ترتیب با مقادیر ۰/۱±۸/۳ و ۰/۲±۵/۸ بدست آمد ($p<0/05$).



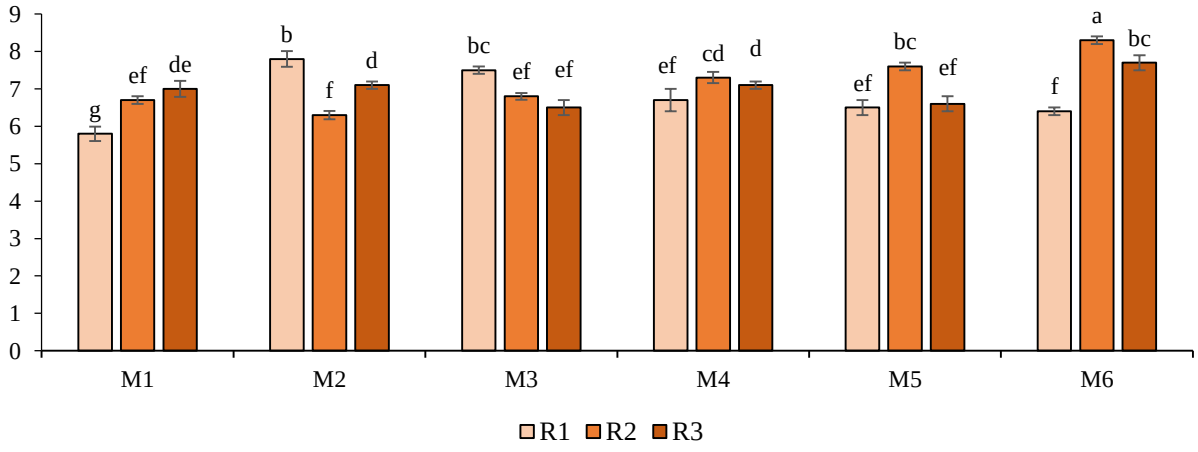
شکل ۱. مقایسه میانگین داده‌های نسبت مولی اسید فیتیک به روی در نمونه‌های کشک زرد

میانگین داده‌ها ± انحراف معیار. حروف متفاوت در بالای هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<0.05). M1: بدون آغازگر، M2: *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052، M3: *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTCC1737، M4: *لاکتوباسیلوس پلانتارم* PTCC1058، M5: *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTCC1737 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052 ، M6: *لاکتوباسیلوس پلانتارم* PTCC1058 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052؛ R1 : بدون آردجو، R2: حاوی ۱۵٪ آرد جو، R3: حاوی ۳۰٪ آرد جو.

جدول ۴. مقایسه میانگین مقادیر فنل کل و DPPH در نمونه‌های کشک زرد

پارامتر	سطح جایگزینی	آغازگر					
		M1	M2	M3	M4	M5	M6
فنل کل (mg of GAE 100 g^{-1} DW)	R1	۱۸۱/۳±۰/۱ ^{l}	۱۸۴/۱±۳/۵ ^{k}	۱۸۶/۱±۳/۵ ^{k}	۱۸۵/۱±۸/۵ ^{k}	۲۰۹/۱±۰/۳ ^{j}	۲۳۰/۱±۱/۹ ^{fg}
	R2	۲۲۷/۱±۳/۴ ^{hi}	۲۲۵/۱±۱/۲ ^{i}	۲۲۹/۳±۲/۸ ^{gh}	۲۳۱/۱±۷/۱ ^{fg}	۲۷۰/۲±۰۸/۱ ^{c}	۲۷۵/۳±۵/۱ ^{b}
	R3	۲۳۳/۱±۹/۲ ^{f}	۲۴۹/۲±۴/۴ ^{e}	۲۷۰/۲±۳/۰ ^{c}	۲۶۵/۰±۹/۷ ^{d}	۲۷۹/۲±۶/۷ ^{b}	۲۹۰/۲±۳/۵ ^{a}
DPPH (µmol TE/ 100 g dw)	R1	۴۳/۱±۵/۹ ^{n}	۴۸/۰±۴/۳ ^{m}	۵۴/۰±۰/۳ ^{l}	۵۶/۰±۳/۸ ^{k}	۷۲/۰±۹/۳ ^{g}	۷۰/۰±۸/۳ ^{g}
	R2	۶۴/۰±۲/۷ ^{j}	۶۸/۰±۵/۶ ^{h}	۶۷/۰±۲/۲ ^{i}	۷۰/۱±۵/۷ ^{g}	۷۶/۰±۳/۵ ^{e}	۷۷/۰±۴/۱ ^{d}
	R3	۷۲/۱±۶۴/۲ ^{f}	۷۹/۰±۹/۶ ^{c}	۷۷/۰±۶/۳ ^{d}	۸۲/۰±۹/۷ ^{b}	۸۴/۰±۳/۵ ^{b}	۸۵/۰±۶/۳ ^{a}

میانگین داده‌ها ± انحراف معیار. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار می‌باشد (P <0.05). میانگین داده‌ها ± انحراف معیار. حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<0.05). M1: بدون آغازگر، M2: *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052، M3: *لاکتوباسیلوس دلبروکی*PTCC1737، M4: *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058، M5: *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTCC1737 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052 ، M6: *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC1058 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052؛ R1 : بدون آردجو، R2: حاوی ۱۵٪ آرد جو، R3: حاوی ۳۰٪ آرد جو.



شکل ۲. نتایج مقایسه میانگین امتیاز پذیرش‌کلی نمونه‌های کشک زرد

میانگین داده‌ها ± انحراف معیار. حروف متفاوت در بالای هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<0.05). M1: بدون آغازگر، M2: *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052، M3: *لاکتوباسیلوس دلبروکی*PTCC1737، M4: *لاکتوباسیلوس پلانتارم* PTCC1058، M5: *لاکتوباسیلوس دلبروکی* PTCC1737 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052 ، M6: *لاکتوباسیلوس پلانتارم* PTCC1058 + *ساکارومایسس سرویزیه* PTCC5052؛ R1 : بدون آردجو، R2: حاوی ۱۵٪ آرد جو، R3: حاوی ۳۰٪ آرد جو.

• بحث

اسیدهای آلی مانند اسید لاکتیک و اسید استیک از جمله مهمترین متابولیت‌های باکتری‌های اسیدلاکتیک و مخمر *ساکارمایسس سرویزیه* در غلات تخمیر شده هستند که نتیجه آن کاهش pH ماده غذایی تا حدود ۴ و افزایش اسیدیته است (۲۱، ۲۰). گزارشات متعددی وجود دارد که مقدار pH و اسیدیته در محصول نهایی تحت تأثیر نوع آغازگر، فرمولاسیون ماده اولیه، مدت زمان و درجه حرارت تخمیر قرار دارد (۲، ۳، ۲۰، ۲۱). کربوهیدرات‌ها مهمترین منبع انرژی تخمیر هستند که در آرد گندم بیشتر از جو وجود دارد (جدول ۱) و احتمالا مقدار بالاتر آن در سطوح جایگزینی پایین باعث فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه کاهش بیشتر pH و افزایش اسیدیته شده است (۲۲). رقابت باکتری‌های اسیدلاکتیک و مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* در مصرف منابع کربوهیدراتی نکته کلیدی است که در pH و اسیدیته محصول نهایی موثر می‌باشد. *ساکارومایسس سرویزیه* مالتوز و گلوکز را در مقایسه با باکتری‌های اسید لاکتیک سریع‌تر مصرف می‌نماید. در این حالت، امکان دست‌یابی باکتری‌های اسیدلاکتیک به منابع قندی کاهش یافته و باعث قرارگیری pH در سطوح بالاتر می‌گردد (۲۴، ۲۳). Abdi و Hashemi (۲۰۲۰) مقدار اسید تولید شده توسط *لاکتوباسیلوس دلبروکی* با *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* را با یکدیگر مقایسه و بیان داشتند *لاکتوباسیلوس دلبروکی* در سطح و راندمان بالاتری قراردارد که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد (۲۰).

با افزایش سطح جایگزینی آرد جو در فرمولاسیون اولیه مقادیر پروتئین، اسید فیتیک، ترکیبات فنلی و خواص آنتی-اکسیدانی محصول نهایی کشک زرد افزایش یافت که احتمالاً ناشی از سطح بالاتر این ترکیبات در آرد جو در مقایسه با آرد گندم (جدول ۱) بوده است. تأثیر نوع آغازگر بر مقدار پروتئین در ارتباط با فرمولاسیون محیط، تنوع آنزیمی آغازگر و مکانیسم‌های ساخت و تجزیه ساختمان پروتئین قابل تفسیر است (۱۹). احتمالاً ورود ترکیبات حدواسط چرخه گلیکولیتیک و کربس مانند فسفوگلیسرات، پیروات، فسفوانول‌پیروات و آلفا-کتوگلوتارات به مسیر ساخت آمینواسیدها (Amino acids synthesis pathway) باعث افزایش مقدار پروتئین شده است (۲۶، ۲۵). نتایج مشابهی در افزایش مقدار پروتئین در تخمیر سیب زمینی توسط *لاکتوباسیلوس دلبروکی* (۲۶)، سورگوم توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* (۲۷) و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* (۲۴) مشاهده شد. بررسی تخمیر شیره خرما توسط *لاکتوباسیلوس دلبروکی* (۲۵) نشان داد مقدار پروتئین کاهش یافته که احتمالا ناشی از تفاوت سویه‌ها، ماده اولیه و نیز ساخت ترکیبات آروماتیک برپایه آمینواسیدها بوده است (۱۹).

اسید فیتیک ترکیب ضد تغذیه‌ای است که با جذب یون‌های دوظرفیتی مانند آهن، روی، کلسیم، مس، منگنز و نیز ایجاد کمپلکس با ترکیبات پروتئین و نشاسته قابلیت دسترسی زیستی را کاهش می‌دهد (۱۳). مقدار اسید فیتیک در محصولات تخمیری تابع فرمولاسیون اولیه، نوع آغازگر، مقدار و فعالیت آنزیم فیتازی و نیز pH بهینه محیط (۴/۵-۴/۰) قرار دارد (۷). مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* در مقایسه با باکتری-های اسید لاکتیک دارای فعالیت فیتازی بیشتری است (۷، ۱۳). نقش باکتری‌های اسیدلاکتیک در تجزیه اسید فیتیک به مقدار و فعالیت آنزیمی فیتاز تولید شده، همچنین کاهش pH تا سطح بهینه فعالیت آنزیم‌ها ارتباط دارد (۷، ۱۳). استفاده از آغازگر مخلوط *ساکارومایسس سرویزیه* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بر تجزیه اسید فیتیک خمیر نان (۷) و سبوس گندم (۱۳) نتایج مشابهی را ثبت نموده است. مقایسه فعالیت فیتازی سویه‌های مختلف *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* نشان می‌دهد در بسیاری از موارد گونه‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاریم* فعالیت فیتازی بالاتری دارند که احتمالا ناشی از مقدار و اکتیویته بالاتر آنزیم فیتاز در این سویه‌ها می‌باشد (۲۵).

در گیاهان اسید فیتیک، تانن‌ها و پلی‌فنل‌ها با پروتئین‌ها کمپلکس‌های پیچیده‌ای می‌دهند که نتیجه آن کاهش قابلیت هضم در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی است. فعالیت آنزیماتیک میکروب‌ها در حین تخمیر می‌تواند ساختمان کمپلکس‌ها را تجزیه و با تبدیل پروتئین به اجزاء کوچکتر باعث افزایش قابلیت هضم گردد (۲۸). در پژوهشی مشابه بر ترخینه، Bilgicli و همکاران (۲۰۰۶) افزایش قابلیت هضم پروتئین در نمونه‌های تخمیر شده ترخینه با آغازگر مخلوط حاوی *ساکارومایسس سرویزیه* و باکتری اسیدلاکتیک را گزارش نمودند (۲۹) که با نتایج این تحقیق هم راستا است.

سازمان جهانی بهداشت (WHO) نسبت مولی اسید فیتیک به روی را به عنوان شاخص مناسبی جهت قابلیت جذب روی معرفی نموده است. براین اساس نسبت مولی کمتر از ۵، ۱۵-۵ و بالاتر از ۱۵ به ترتیب به عنوان شاخص‌های عالی، خوب و ضعیف ارزیابی می‌گردند (۷). قابلیت دسترسی روی در نمونه-های R1M1، R2M1، R3M1، R3M2 و R3M3 خوب و در سایر نمونه‌ها عالی ارزیابی می‌گردد که نشان دهنده تأثیر مثبت تلقیح آغازگر بر بهبود اندیس جذب روی می‌باشد. اندیس قابلیت جذب روی با مقدار اسید فیتیک نسبت مستقیم و با محتوای روی نسبت عکس دارد و بنابراین از پارامترخای مؤثر بر محتوای

این دو ترکیب تأثیر می‌پذیرد. Najafi و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر تلقیح آغازگر ساکارومایسس سرویزیه و باکتری‌های اسید لاکتیک به تنهایی و بصورت مخلوط بر قابلیت جذب عنصر روی در نان سنگک را بررسی و گزارش نمودند، تلقیح آغازگر مخلوط حاوی مخمر و باکتری اسید لاکتیک در مقایسه با آغازگر خالص باعث بهبود اندیس قابلیت جذب روی شد (۷) که با نتایج بدست آمده در این تحقیق هماهنگ است.

فنل‌ها مهمترین گروه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در غذاهای تهیه شده برپایه گیاهان هستند که به دو صورت محلول و نامحلول وجود دارند (۳۰). در دانه غلات، بخشی از ترکیبات فنلی و املاح در کمپلکس با اسیدفیتیک، آرابینوگزیلان‌ها و لیگنین‌ها هستند که فرم نامحلول را تشکیل داده و فاقد اثرات عملکردی هستند (۱۹). میکروارگانیسم‌های تخمیر کننده غلات با تولید آنزیم‌های متنوع و اسیدهای آلی مانند اسید لاکتیک و استیک، ضمن کاهش pH محیط باعث افزایش واکنش‌های تجزیه کنندگی و در نتیجه افزایش محتوای فنلی و املاح محلول می‌گردند که نتیجه آن افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی و همچنین مقدار املاح محلول مانند روی است (۲۹، ۲۲، ۱۹). نتایج مشابهی در خصوص افزایش ترکیبات فنلی، خاصیت آنتی اکسیدانی (۳۲، ۳۱) و مقدار عنصر روی (۲۹) در نمونه‌های غلات تخمیر شده با آغازگر مخلوط حاوی *ساکارومایسس سرویزیه* و باکتری‌های اسید لاکتیک در دسترس است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

فعالیت آنزیماتیک مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* و باکتری-های اسیدلاکتیک در غلات تخمیری با تجزیه پروتئین‌ها و تولید ترکیبات پیش‌ساز آروما و نیز تولید اسیدهای آلی همراه است (۳۳). در این تحقیق سطح جایگزینی آرد جو و نوع آغازگر تأثیرات متفاوتی بر امتیاز پذیرش‌کلی نشان دادند که احتمالاً ناشی از تأثیر ترکیبات محیط و نوع آغازگر بوده است. گزارش شده استفاده از مخلوط آغازگر مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* باعث افزایش امتیاز پذیرش کلی نان (۱۶) و آلبالو تلخه (*Prunus mahaleb*) تخمیری (۳۴) شده که با نتایج بدست‌آمده در این تحقیق هماهنگ است.

نتیجه گیری

افزودن آرد جو و تلقیح آغازگر به فرمولاسیون کشک زرد باعث افزایش ۱۵-۱۳ درصدی مقدار پروتئین و در سطح جایگزینی ۱۵ درصد باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین به مقدار ۱۶-۱۱ درصد گردید. هرچند با افزایش سطح جایگزینی تا سطح ۱۵ درصد مقدار اسید فیتیک افزایش نشان داد اما تلقیح آغازگر مخلوط باعث افزایش قابلیت دسترسی روی گردید. با توجه به شاخص‌های مقدار پروتئین، قابلیت جذب روی، قابلیت هضم پروتئین و پذیرش کلی تیمار R2M6 به‌عنوان تیمار بهینه معرفی می‌گردد که می‌تواند در تهیه نمونه‌های کشک زرد بکار گرفته شود.

سپاسگزاری

این تحقیق با گرنت شماره UOZ-GR-9955 اجرا شده است. در اینجا لازم است تا از همکاری آزمایشگاه علوم و صنایع غذایی دانشگاه زابل قدردانی گردد.

References

1. Mashak Z, Sodagari H, Mashak B, Niknafs S. Chemical and microbial properties of two Iranian traditional fermented cereal-dairy based foods: Kashk-e Zard and Tarkhineh. Int J Biosci. 2014;4: 124-133.

2. Tabatabaei Yazdi F, Vasiee AR, Alizadeh BB. Mortazavi SA. Diversity of lactic acid bacteria isolated from yellow zabol kashk using 16S rRNA Gene Sequence Analysis. Iranian journal of food science and technology. 2017; 13: 25-36 [in Persian].

3. Demirci AS, Palabiyik I, Ozalip S, Sive GT. Effect of using kefir in the formulation of traditional Tarhana. Food Sci Technol. 2018; 39: 1-7.

4. Georgala A. The effect of different parameters on the 'Tarhana' food properties: a review of some literature data. Clinical Nutrition and Metabolism. 2018; 5: 1-15.

5. Mugula JK, Narvhus JA. Sorhaug T. Use of starter cultures of lactic acid bacteria and yeasts in the preparation of togwa, a Tanzanian fermented food. International Journal of Food Microbiology. 2013; 83(3): 307- 318.

6. Herken E, Con AH. Use of Different Lactic Starter Cultures in the Production of Tarhana. Journal of Food Processing and Preservation. 2014; 38(1): 59-67.

7. Najafi MA, Rezaei K, Safari M, Razavi SH. Use of sourdough to reduce phytic acid and improve zinc bioavailability of a traditional flat bread (sangak) from Iran. Food Sci Biotechnol. 2012; 21: 51-57.

8. Değirmencioğlu N, Gürbüz O, Herken EN, Yıldız AY. The impact of drying techniques on phenolic compound, total phenolic content and antioxidant capacity of oat flour tarhana. Food Chem. 2016;194: 587-94.

9. Oner MD, Tekin AR, Erdem T. The use of soybeans in the traditional fermented food-tarhana. Lebensm. Wiss U Technol. 1993. 26: 371-372.

10. Kose E, Cagindi OS. An investigation into the use of different flours in tarhana. Int J Food Sci Tech. 2002; 37: 219-222.

11. Simic G, Horvat D, Dvojkovic K, Abicic I, Vuletic MV, Tucak M, et al. Evaluation of total phenolic content and

antioxidant activity of malting and hulless barley grain and malt extracts. Czech J Food Sci. 2017; 35: 73-78.

12. Erkan H, Celik S, Bilgi B, Koksel H. A new approach for the utilization of barley in food products: Barley tarhana. Food Chemistry. 2006; 97 (1): 12-18.

13. Kamali Shahri M, Najafi MA, Ata-Saleh I. The influence of alone and starter culture combinations *Saccharomyces cerevisiae* (PTCC5052) and *Lactobacillus Plantarum* (PTCC1058), fermentation time and temperature on phytic acid content of Wheat bran. Innovative food technology. 2017; 4: 33-41 [in Persian].

14. AOAC, Offical methods of analysis: revision 1 (17th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Inc., Washington, DC. 2002.

15. Hsu CL, Chen W, Weng YM, Tseng CY. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. Food Chem. 2003; 83: 85-89.

16. Rezaei S, Najafi MA, Haddadi T. Effect of fermentation process, wheat bran size and replacement level on some characteristics of wheat bran, dough, and high-fiber Tafton bread. J Cereal Sci. 2019; 85: 56-61.

17. Apak R, Güclü K, Özyürek M, Celik SE. Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. Microchimica Acta. 2008; 160: 413-9.

18. Isik F, Yapar A. Effect of tomato seed supplementation on chemical and nutritional properties of tarhana. Food Measure. 2017; 11: 667-674.

19. Tsafrakidou P, Michaelidou AM, Biliaderis CG. Fermented Cereal-based Products: Nutritional Aspects, Possible Impact on Gut Microbiota and Health Implications. Foods. 2020; 9: 1-24.

20. Abedi E, Hashemi MSB. 2020. Lactic acid production – producing microorganisms and substrates sources-state of art. Heliyon. 2020; 6: 1-32.

21. Oshiro M, Tanaka M, Zendo T, Nakayama J. Impact of pH on succession of sourdough lactic acid bacteria communities and their fermentation properties. Biosci Microbiota Food Health. 2020; 39: 152-159.

22. Apak R, Güclü K, Özyürek M, Celik SE. Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. Microchimica Acta. 2008; 160: 413-9.

23. Rehman S, Paterson A, Piggott JR. Flavour in sourdough breads: a review. Trends Food Sci Technol. 2006; 17: 557-566.

24. Gobbetti M, Corsetti A, Rossi J, La Rosa F, De Vincenzi, S. identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat sourdoughs of central Italy. Italian Journal of Food Science. 1994; 1: 85–94.

25. Djilali B, Bouziane A, Ahmed H, kada I, and Nawal O. Study of the behaviour of *Lactobacillus delbrueckii* Subsp. *bulgaricus* in date syrup in batch fermentation with controlled pH. J biotechnol biomater. 2012; 2: 1-5.

26. Kutshik JR, Gazuwa SY, Mafulul SG, Dunkrah AU. Protein enrichment of Irish potatoes by fermentation process using mutant isolates of *Latobacillus bulgaricus*. Int J Biol Chem Sci. 2010; 4: 1898-1904.

27. Day CN. Morawicki RO. Effects of Fermentation by Yeast and Amylolytic Lactic Acid Bacteria on Grain Sorghum Protein Content and Digestibility. J Food Qual. 2018; 24: 1-9.

28. Samtiya M, Aluko RE, Puniya AK, Dhewa T. Enhancing Micronutrients Bioavailability through Fermentation of Plant-Based Foods: A Concise Review. Fermentation. 2021; 7(63): 1-13.

29. Bilgicli N, Elgun A, Herken EN, Turker S, Ertaş N, Ibanoglu S. Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. Journal of Food Engineering. 2006; 77(3): 680-686.

30. Valiolahi M, Najafi MA, Eskandani MA, Rahnama M. Effects of organic acid alone and in combination with H2O2 and NaCl on Escherichia coli O157:H7: An evaluation of antioxidant retention and overall acceptability in Basil leaves (Ocimum basilicum). International Journal of Food Microbiology. 2019; 292: 56-63.

31. Martini D, Taddei F, Nicoletti I, Ciccoritti R, Corradini D, D'Egidio MG. Effects of genotype and environment on phenolic acids content and total antioxidant capacity in durum wheat. Cereal Chem. 2014; 91: 310–317.

32. Rollán GC, Gerez CL, LeBlanc JG. Lactic fermentation as a strategy to improve the nutritional and functional values of pseudocereals. Front Nutr. 2019; 6(98): 1-16.

33. Najafi MA, Rezaei K, Safari M, Razavi SH. Effects of Several Starter Cultures on the Anti-mold Activity and Sensory Attributes of a Traditional Flat Bread (Sangak) from Iran. Food Sci Biotechnol. 2012; 21: 113-121.

34. Gerardi C, Tristezza M, Giordano L, Rampino P, Perrotta C, Baruzzi F, et al. Exploitation of *Prunus mahaleb* fruit by fermentation with selected strains of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae*. Food Microbiol. 2019; 84: 1-11.

Effects of Starter Type and Barley Flour Replacement Level on Nutritional Characteristics of Kashk-e-Zard

*Hamidi P[1], Najafi MA[*2], Tavakoli M[3]*

1- Graduated MSc Student, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

*2-*Corresponding author: Associate Professor, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran*

3- Assistant Professor, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

Received 6 Sept, 2021 **Accepted 25 Dec, 2021**

Background and Objectives: Fermented foods play important roles in human nutrition. Kashk-e-Zard is one of the popular fermentation foods in Sistan and Baluchestan Province, Iran, which is prepared based on the fermentation of cereals with yogurt. The aim of this study was assessment of the effects of replacing barley flour with wheat flour and the type of starter culture on improving nutritional and sensory characteristics of Kashk-e-Zard.

Materials & Methods: In this study, effects of adding barley flour (0, 15 and 30%) and starter type (no inoculation, *Saccharomyces cerevisiae* PTCC 5052, *Lactobacillus delbrueckii* PTTC 1737, *Lactobacillus plantarum* PTCC 1058 alone and combinations of these strains) on pH, acidity, protein, digestible protein, phytic acid, zinc, availability of zinc, total phenol, antioxidant properties (DPPH) and overall acceptance of samples were assessed.

Results: Results showed that all traits were affected by the type of starter and the level of replacement with barley flour ($p < 0.05$). By increasing barley flour replacements, quantities of protein, phytic acid and phenol and antioxidant characteristics increased, compared to the control sample (zero replacement level with no inoculation). Moreover, microbial inoculation decreased phytic acid content and increased protein digestibility, zinc uptake, antioxidant characteristics and overall acceptability, compared to the control sample ($p <0.05$).

Conclusion: Regarding indicators of protein content, zinc uptake, protein digestibility and overall acceptance of the samples, a replacement level of 15% of barley flour with *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* is recommended for the preparation of Kashk-e-Zard.

Keywords: Kashk-e-Zard, Functional food, Barley flour, *Lactobacillus*, Phytic acid