

بررسی خصوصیات تغذیه‌ای، تکنولوژیکی و حسی نان برنجی بدون گلوتن حاوی آرد شبه غلات

غلامحسین حقایق^{*۱}

۱- گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۰۴)

چکیده

سیلیاک یک بیماری گوارشی خود ایمن است که تنها راه درمان آن مصرف مواد غذایی فاقد پروتئین گلوتن می‌باشد. امروزه محققان صنعت غذا ضمن تولید محصولات بدون گلوتن به غنی‌سازی این دسته از محصولات اهمیت می‌دهند. از این‌رو هدف از تحقیق انجام شده کاربرد آرد کینوا، آمارانت و گندم سیاه در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به‌عنوان جایگزین بخشی از آرد برنج موجود در نان بدون گلوتن و بررسی خصوصیات تغذیه‌ای، تکنولوژیکی و حسی محصول تولیدی بود. نتایج به وضوح نشان داد که کاربرد آرد شبه غلات و افزایش سطوح مصرف سبب افزایش محتوای پروتئینی، خاکستر، میزان رطوبت و مؤلفه L^* پوسته نمونه‌های تولیدی شد. همچنین با جایگزینی آرد کینوا در فرمولاسیون نان برنجی حجم مخصوص افزایش یافت. این در حالی بود که هر سه آرد جایگزین شده (کینوا، آمارانت و گندم سیاه) در افزایش میزان تخلخل و نرمی بافت نسبت به نمونه شاهد مؤثر بودند. علاوه بر این نتایج نشان داد که آرد گندم سیاه و آمارانت به ترتیب سبب افزایش میزان مؤلفه‌های رنگی a^* و b^* پوسته نان بدون گلوتن شدند. در نهایت ارزیابان حسی نمونه‌های حاوی آرد شبه غلات بخصوص نمونه‌های حاوی آرد کینوا و آمارانت را به‌عنوان بهترین نمونه معرفی نمودند. بنابراین براساس نتایج می‌توان گفت با کاربرد آرد شبه غلات در فرمولاسیون محصولات صنایع پخت علاوه بر بهبود کمیت و کیفیت محصول تولیدی، امکان افزایش بازارپسندی این محصولات افزایش می‌یابد.

کلیدواژگان: شبه غلات، غنی‌سازی، بافت، تخلخل، مؤلفه‌های رنگی

*مستول مکاتبات: gh2002_haghavegh@yahoo.com

۱- مقدمه

سیلیاک بیماری مزمنی است که در اثر دریافت جزء گلیادینی گلوتن موجود در دانه گندم و پرولامین چاودار (سکالین^۱)، جو (هوردئین^۲) و احتمالاً یولاف (آویدین^۳) که دارای ترکیب آمینو اسیدی مشابه گلیادین می‌باشند، ایجاد می‌شود و یکی از رایج‌ترین حساسیت‌های غذایی محسوب می‌گردد [۱]. خوردن پروتئین گلوتن توسط این بیماران سبب تحریک یک پاسخ التهابی می‌شود [۲]. حدود یک درصد از جمعیت کل جهان مبتلا به این بیماری هستند. این بیماران علاوه بر فقر تغذیه‌ای، در طولانی مدت مستعد ابتلا به بدخیمی‌هایی نظیر لنفوم روده می‌گردند. ویلی‌ها در برخورد با گلوتن یا اجزای تشکیل‌دهنده آن کوتاه‌تر، پهن‌تر و صاف می‌شوند و تولید آنزیم آن‌ها کاهش یافته و مختل می‌گردد لذا این بیماران از حساسیت به سایر مواد غذایی نیز رنج می‌برند. از آن جایی که تنها معالجه مؤثر این بیماران، رژیم بدون گلوتن در تمام عمر می‌باشد که می‌تواند به بهبود بالینی آن‌ها کمک نماید، تقاضا برای مصرف محصولات بدون گلوتن البته غنی‌شده با مواد مغذی به موازات افزایش بیماران مبتلا به سیلیاک یا دیگر حساسیت‌های مربوط به مصرف گلوتن، افزایش یافته است و ذهن محققان صنعت غذا را به سمت تولید محصولات صنایع پخت با آردهای بدون گلوتن نظیر مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب‌زمینی و برنج)، ارزن، کاساوا، ذرت، سورگوم، گنه‌گنه و شبه غلات (گندم سیاه) (*Fagopyrum spp.*)، آمارانت (*Amaranthus spp.*) و کینوا (*Chenopodium quinoa*) و غیره) چه به صورت ترکیب با آرد گندم و چه به تنهایی و در قالب یک محصول بدون گلوتن معطوف ساخته است. در این راستا مطالعات چندی انجام شده است. در همین راستا انریکوئیز (Enriquez) و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی تأثیر استفاده از آرد ترکیبی (گندم و کینوا) بر خصوصیات خمیر و نان پرداختند. در این مطالعه از آرد دانه کینوا در مقادیر ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به‌عنوان جایگزین آرد گندم استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش میزان آرد دانه کینوا، زمان توسعه خمیر و مقاومت خمیر کاهش یافت. علاوه بر این میزان

حجم بین نمونه‌ی شاهد (آرد گندم) و نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد دانه کینوا اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد نداشت. در حالی که نمونه حاوی ۱۵ درصد از مقبولیت بسیار کمی در آزمون حسی برخوردار بود [۳]. الگتی (Elgeti) و همکاران (۲۰۱۴) از آرد کینوا در سطوح ۱۰۰-۴۰ درصد به‌عنوان جایگزین آرد برنج و ذرت در نان بدون گلوتن استفاده نمودند. نتایج نشان داد که آرد کینوا با افزایش میزان فعالیت آلفا گلیکوزیداز سبب بهبود حجم، ایجاد بافت داخلی نرم‌تر و پخش یکنواخت سلول‌های گازی شد [۴]. هم‌چنین زیابرو (Ziabro) و همکاران (۲۰۱۲) به مطالعه کاربرد نشاسته اصلاح شده در مقایسه با نشاسته ذرت با محتوای آمیلوز بالا در نان بدون گلوتن پرداختند. براساس یافته‌های این محققین مشخص شد که استفاده از نشاسته اصلاح شده باعث کاهش میزان سفتی مغز نان و اندازه سلول‌های گازی و افزایش حجم و تعداد سلول‌های گازی در مقایسه با نمونه حاوی نشاسته ذرت با محتوای آمیلوز بالا گردید [۵]. علاوه بر این اینگلیت (Inglett) و همکاران (۲۰۱۵) به مطالعه تولید کلوچه حاوی آرد آمارانت و جو با هدف غنی‌سازی محصول به دلیل حضور اسیدهای آمینه و مواد معدنی در آمارانت و بتاگلوکان در جو پرداختند. براساس نتایج مشخص گردید که ویسکوزیته خمیر حاوی ۳ واحد آرد آمارانت و ۱ واحد آرد جو مشابه نمونه حاوی آرد آمارانت بود و خمیر این دو نمونه ویسکوزیته بیشتری نسبت به شاهد (نمونه حاوی آرد گندم) داشتند. علاوه بر این نتایج نشان داد که نمونه حاوی آرد آمارانت و یا نمونه ترکیبی (آمارانت-جو) از ظرفیت نگهداری آب بالایی برخوردار بودند. هم‌چنین نمونه‌های تهیه شده از آرد آمارانت به لحاظ رنگ، طعم و بافت مرغوبیتی مشابه با نمونه حاوی آرد گندم داشتند. از این‌رو با توجه به مطالعات صورت گرفته شده و در نظر گرفتن ارزش تغذیه‌ای بالای شبه غلاتی نظیر کینوا، آمارانت و گندم سیاه هدف از پژوهش پیش‌رو بررسی سطوح مختلف از این سه شبه غله در فرمولاسیون اولیه نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج و بررسی خصوصیات تغذیه‌ای، تکنولوژیکی و حسی محصول تولیدی بود.

1. Secalin
2. Hordein
3. Avidin

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد برنج، آمارانت، کینوآ و گندم سیاه از بازار محلی تهیه شد. بدین منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات یکجا تهیه و در سردخانه نگهداری گردید. مخمر مورد استفاده (ساکارومایسس سرویسیا^۴) که به شکل پودر مخمر خشک فعال و بصورت بسته‌بندی وکیوم بود از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران) و پودر سفیده تخم‌مرغ از شرکت گل پودر گلستان (گرگان، ایران) خریداری شد. صمغ کربوکسی متیل سلولز (CMC^۵) از شرکت سان رز (مشهد، ایران)، صمغ گوار از شرکت رودیا (فرانسه) و روغن نباتی مایع از شرکت لادن (مازندران، ایران) تهیه گردید. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات (شکر و نمک) از شرکت‌های معتبر خریداری شدند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آردها

ترکیبات شیمیایی آردهای برنج، کینوآ، آمارانت و گندم سیاه براساس روش‌های استاندارد (AACC، ۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. مقدار رطوبت با استفاده از روش آون به شماره ۴۴-۱۶، مقدار خاکستر با استفاده از روش پایه به شماره ۰۸-۰۱، مقدار پروتئین با استفاده از روش کلدال به شماره ۴۶-۱۲، مقدار چربی با استفاده از روش مصوب ۳۰-۱۰ و گلوتن با استفاده از روش مصوب ۳۸-۱۱ تعیین گردید.

۲-۲-۲- تولید نان بدون گلوتن

مراحل تولید نان مورد بررسی در این تحقیق (نان بربری نیمه حجیم) به صورت ذیل بود:

خمیر نان با ۸۵-۱۰۰ درصد آرد برنج، سطوح متفاوت آرد کینوآ، آمارانت و یا گندم سیاه (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد)، ۱ درصد مخمر خشک، ۱ درصد نمک، ۱ درصد شکر، ۱ درصد روغن، ۱/۵ درصد صمغ گوار، ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز، ۰/۵ درصد پودر سفیده تخم‌مرغ و آب (مقدار لازم بر اساس جذب آب

فارینوگراف) تهیه گردید. در ابتدا کلیه مواد اولیه خشک در مخزن همزن (مدل اسپیرال، ساخت کشور تایلند) مخلوط شدند و آب مورد نیاز به آن‌ها افزوده گردید و خمیر با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد، روغن در دقیقه ششم به فرمولاسیون اضافه گردید. پس از تهیه خمیر، تخمیر اولیه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) صورت گرفت، سپس خمیر به قطعات ۲۵۰ گرمی تقسیم گردید و پس از عمل چانه‌گیری به مدت ۱۰-۸ دقیقه در دمای محیط به منظور سپری شدن زمان تخمیر میانی قرار گرفت. بعد از طی شدن این مرحله و فرم دادن خمیر، تخمیر نهایی به مدت ۴۵ دقیقه در گرمخانه با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در بخار اشباع انجام شد. سپس عمل پخت در فر گردان با هوای داغ با دمای ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۱۳ دقیقه انجام شد. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند [۸].

۲-۲-۳- آزمون‌های کمی و کیفی نان بدون گلوتن

- آزمون ارزیابی میزان پروتئین، خاکستر و رطوبت
اندازه‌گیری میزان پروتئین، خاکستر و رطوبت مطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) به ترتیب شماره‌های ۴۶-۱۰، ۰۸-۰۱ و ۴۴-۱۶ انجام شد [۹].

- آزمون ارزیابی میزان حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا^۶ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی نان تهیه گردید و حجم مخصوص آن تعیین شد [۹].

- آزمون ارزیابی میزان تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HPScanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل

4. *S.cerevisiae*

5. Carboxymethyl Cellulose (CMC)

6. Rape seed displacement

با آزمون مثلثی و روش گاسولا (Gacula) و سینگ (Singh) (۱۹۸۴) انتخاب گردیدند [۱۲] و سپس خصوصیات حسی نان از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پائینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو، طعم و مزه که به ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۱، ۲، ۳ و ۳ بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. با داشتن این معلومات، پذیرش کلی (عدد کیفیت نان) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید [۱۳].

رابطه ۱

$Q = \text{پذیرش کلی (عدد کیفیت نان)}$ ، $P = \text{ضریب رتبه صفات و}$
 $G = \text{ضریب ارزیابی صفات.}$

$$Q = \frac{\sum (P \times G)}{\sum P}$$

۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بدست آمده در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه ۱/۴۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین سه تکرار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) مقایسه گردید و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آردهای مورد

استفاده در تولید کلوچه بدون گلوتن

مشخصات فیزیکوشیمیایی آرد برنج، کینوا، آمارانت و گندم سیاه مورد استفاده در تهیه نمونه‌های نان و کلوچه بدون گلوتن به شرح جدول ۱ بود.

تصویربرداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت و مقادیر تخلخل بافت نمونه‌ها محاسبه گردید [۱۰].

- آزمون ارزیابی رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* صورت پذیرفت. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد [۱۱].

- آزمون ارزیابی میزان سفتی بافت

ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج QTS مدل CNS Farnell، UK ساخت کشور انگلستان براساس روش پورفرزاد (Pourfarzad) و همکاران (۲۰۰۹) انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به عنوان شاخص سفتی^۷ محاسبه گردید. نقطه شروع^۸ و نقطه هدف^۹ به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۳۰ میلی‌متر بود [۱۱].

- آزمون ارزیابی خصوصیات حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده (۱۹۹۱) انجام شد. بدین منظور ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده مطابق

7. Hardness
8. Trigger Point
9. Target Value

Table 1 Physicochemical properties of flours

Physicochemical properties (%)	Rice	Quinoa	Amaranth	Buckwheat
Moisture	10.1	12.2	14.1	11.4
Protein	7.25	16.2	14.9	13.7
Fat	1.22	5.0	3.8	3.9
Ash	0.32	2.20	2.1	1.8
Wet gluten	-	-	-	-

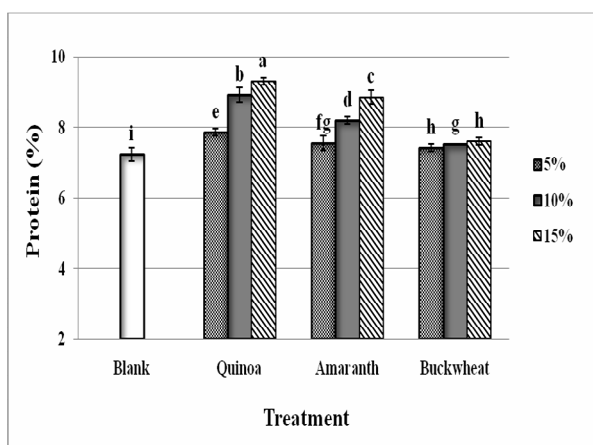


Fig 1 Effect of rice flour replacement with Quinoa, Amaranth and Buckwheat on protein content of gluten free bread
(Means with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

۲-۲-۳- خاکستر

نتایج این بخش (شکل ۲) به وضوح نشان داد که هر سه شبه غله در افزایش میزان خاکستر نان برنجی‌های تولیدی اثرگذار بودند. این در حالی بود که اثر شبه غله گندم سیاه در افزایش میزان خاکستر کمتر از آرد دو شبه غله دیگر بود. به‌طوری که در سطح ۵ درصد از جایگزینی آرد برنج با آرد دانه گندم سیاه تفاوت قابل ملاحظه‌ای در میزان خاکستر نمونه‌های تولیدی ایجاد نشد. در این زمینه تئوتونیک (Teutonico) و کنور (Knoor) (۱۹۸۵) بیان کردند شبه غلات گندم سیاه، آمارانت و کینوآ با وجود اینکه از خانواده گندمیان نیستند ولی شباهت زیادی به غلات دارند. هم‌چنین این دانه‌های گیاهی بسیار غنی از مواد معدنی می‌باشند و گزارش گردیده است که با افزودن آن‌ها به

۲-۳- خصوصیات کمی و کیفی کلوچه بدون

گلوتن

۳-۱-۲- پروتئین

نتایج ارزیابی میزان پروتئین نمونه‌های تولیدی در شکل ۱ آورده شده است. همان‌گونه که نتایج به وضوح نشان می‌دهد با افزودن هر سه شبه غله (کینوآ، آمارانت و گندم سیاه) به فرمولاسیون نان برنجی بدون گلوتن میزان پروتئین به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزایش یافت. این در حالی بود که آرد کینوآ در افزایش میزان پروتئین تأثیری بیشتری نسبت به آرد آمارانت و گندم سیاه داشت. در این راستا بردی (Brady) و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند که شبه غله کینوآ از نظر تعادل اسیدهای آمینه بسیار مطلوب است و به لحاظ پروتئین، چربی، کربوهیدرات و ویتامین‌ها بسیار غنی‌تر از گندم می‌باشد و از آنجا که بدیهی است میزان پروتئین برنج (ماده اولیه در تهیه نان برنجی پژوهش حاضر) از گندم نیز کمترست قابل پیش‌بینی بود که با افزودن آرد کینوآ به فرمولاسیون اولیه در تمام سطوح مصرف (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) میزان پروتئین به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد [۱۴]. هم‌چنین وبر (Weber) و همکاران (۱۹۹۸) با مطالعه در زمینه شبه غله آمارانت به این نتیجه دست یافتند که میزان پروتئین این دانه از بیشتر دانه‌های معمول غلات بیشتر است و جهت غنی‌سازی مواد غذایی با هدف افزایش محتوای پروتئینی می‌توان، استفاده نمود [۱۵].

بافت داخلی نرم‌تر و پخش یکنواخت سلول‌های گازی، اثر مثبتی در افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی داشت و در نتیجه آن بیاتی نمونه‌های حاوی آرد کینوا به تأخیر افتاد [۴].

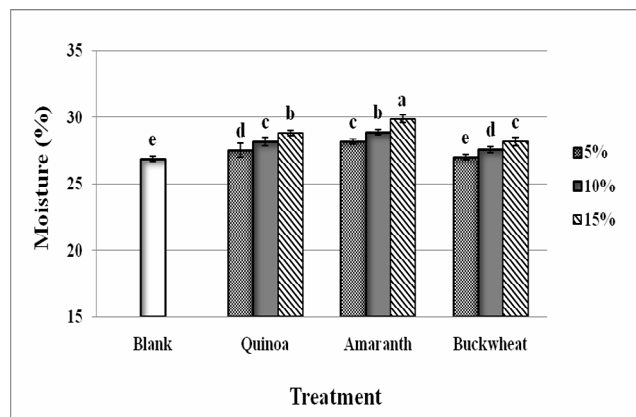


Fig 3 Effect of rice flour replacement with Quinoa, Amaranth and Buckwheat on moisture content of gluten free bread
(Means with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

۳-۲-۴- حجم مخصوص

نتایج میزان حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی در جدول ۲ آورده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد تنها آرد دانه کینوا در افزایش حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی مؤثر بود. الگتی (Elgeti) و همکاران (۲۰۱۴) از آرد کینوا در سطوح ۴۰-۱۰۰ درصد به‌عنوان جایگزین آرد برنج و ذرت در نان بدون گلوتن استفاده نمودند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که آرد کینوا با افزایش میزان فعالیت آلفا گلیکوزیداز سبب بهبود حجم و پخش یکنواخت سلول‌های گازی شد [۴]. هم‌چنین با توجه به نتایج بخش ارزیابی پروتئین مشخص شد که آرد دانه کینوا در افزایش محتوای پروتئینی نمونه‌های تولیدی بیش از سایر شبه غلات (آمارانت و گندم سیاه) موفق بود. این امر خود می‌تواند در استحکام کافی و مناسب بافت محصول در حفظ تعداد سلول‌های گازی تولید شده توسط مخمر مؤثر باشد. زیرا در حین فرآیند پخت، دمای فر پخت موجب انبساط سلول‌های گازی می‌شود که چنانچه دیواره سلول‌ها و بافت محصول تولیدی انبساط کافی نداشته باشد، انبساط حین فرآیند پخت موجب پاره شدن حبابچه‌های گازی می‌شود و در نتیجه آن حجم مخصوص یا کاهش می‌یابد و یا اینکه نسبت به نمونه شاهد تغییر قابل ملاحظه‌ای نمی‌کند.

فرمولاسیون مواد غذایی به‌طور چشمگیری میزان خاکستر افزایش می‌یابد [۱۶]. نتایج پیش‌رو نیز گواهی بر این امر است.

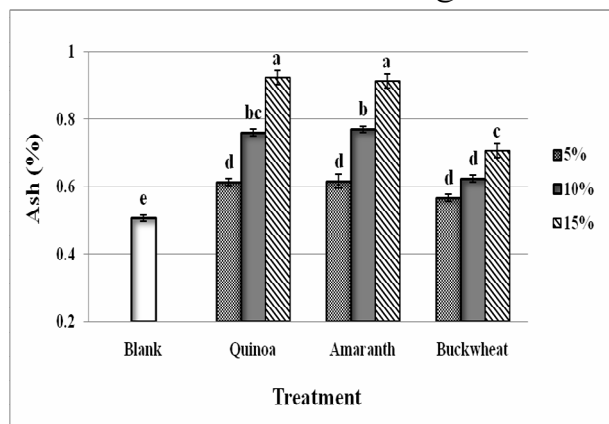


Fig 2 Effect of rice flour replacement with Quinoa, Amaranth and Buckwheat on ash content of gluten free bread
(Means with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

۳-۲-۳- رطوبت

نتایج اندازه‌گیری میزان رطوبت در شکل ۳ آورده شده است. با بررسی نتایج مشخص گردید که میزان رطوبت نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی آرد گندم سیاه تفاوت چندانی نداشت. این در حالی بود که آرد آمارانت و کینوا (به‌خصوص آرد آمارانت) تأثیر معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) در افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی داشت. در زمینه افزایش میزان رطوبت در نتیجه افزودن آرد آمارانت به فرمولاسیون محصولات صنایع پخت، اینگلیت (Inglett) و همکاران (۲۰۱۵) به مطالعه تولید کلوچه حاوی آرد آمارانت پرداختند. نتایج این محققین به وضوح نشان داد که آرد حاوی آرد آمارانت سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در طی زمان پخت شد که به موجب آن میزان رطوبت نمونه‌های حاوی آرد آمارانت بیش از سایر نمونه‌های تولیدی بود [۶]. ریتا (Rita) و کنور (Knorr) (۱۹۸۵) در مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که دانه آمارانت دارای ۳/۵۴ درصد لیگنین است که این امر خود می‌تواند در افزایش ظرفیت نگهداری آب مؤثر باشد [۱۷]. هم‌چنین الگتی (Elgeti) و همکاران (۲۰۱۴) از آرد کینوا در سطوح ۴۰-۱۰۰ درصد به‌عنوان جایگزین آرد برنج و ذرت در نان بدون گلوتن استفاده نمودند. نتایج نشان داد که آرد کینوا با ضمن بهبود حجم، ایجاد

Table 2 Effect of rice flour replacement with Quinoa, Amaranth and Buckwheat on specific volume and porosity of gluten free bread

Flour	Amount (%)	Specific volume (ml/g)	Porosity (%)
Rice	100	2.20±0.02 ^c	20.80±0.5 ^f
	5	2.83±0.05 ^b	22.53±0.2 ^d
Quinoa	10	3.40±0.04 ^a	23.50±0.4 ^b
	15	3.43±0.01 ^a	24.53±0.6 ^a
	5	2.23±0.02 ^c	21.47±0.2 ^e
Amaranth	10	2.23±0.01 ^c	22.27±0.3 ^d
	15	2.27±0.08 ^c	23.07±0.4 ^c
	5	2.17±0.01 ^c	21.40±0.4 ^e
Buckwheat	10	2.23±0.09 ^c	22.20±0.2 ^d
	15	2.27±0.08 ^c	23.07±0.0 ^c

(Means±SD in each column with different letters differ significantly in p<0.05)

۳-۲-۵- تخلخل

۳-۲-۶- بافت

براساس نتایج بدست آمده (ارائه شده در جدول ۲) مشخص شد که جایگزینی بخشی از آرد برنج با آرد کینوا، آمارانت و گندم سیاه موجب افزایش میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی نسبت به نمونه شاهد (نان برنجی بدون گلوتن و فاقد آرد کینوا، آمارانت و گندم سیاه) شد. این در حالی بود که اثر آرد کینوا در افزایش تخلخل بیش از آرد دانه آمارانت و گندم سیاه بود و آرد آمارانت و گندم سیاه تقریباً اثر مشابهی بر افزایش میزان تخلخل داشتند. با توجه به اینکه میزان تخلخل در ارتباط مستقیم با تعداد سلول‌های گازی و مهم‌تر از آن توزیع یکنواخت آن‌ها در بافت محصول می‌باشد [۵]. این احتمال وجود دارد که حضور آرد شبه غلاتی نظیر کینوا، آمارانت و گندم سیاه در فرمولاسیون اولیه نان برنجی بدون گلوتن با محتوای پروتئینی که دارند، موجبات استحکام دیواره سلول‌های گازی ناشی از فعالیت مخمر را مهیا نموده و از پاره شدن آن (ممانعت از اتصال چند حباب گازی بهم که ناشی از نازک بودن و عدم مقاومت دیواره اتفاق می‌افتد) جلوگیری نمایند. از طرفی به نظر می‌رسد که آرد دانه کینوا در پخش یکنواخت‌تر سلول‌های گازی مؤثرتر بوده است که این امر می‌تواند به دلیل میزان چربی کافی در این آرد (آرد دانه کینوا) و کمک در پخش یکنواخت‌تر سلول‌های گازی باشد. دینی (Dini) و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود در زمینه دانه کینوا به این نتیجه دست یافتند که این دانه نسبت به بسیاری از غلات حتی گندم میزان چربی بیشتری دارد [۱۸].

نتایج ارزیابی میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی در بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت در جدول ۳ آورده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد در هر دو بازه زمانی جایگزینی بخشی از آرد برنج موجود در فرمولاسیون اولیه کیک بدون گلوتن با آرد شبه غلاتی نظیر کینوا، آمارانت و گندم سیاه سبب کاهش میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی شد. این در حالی بود که در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت کاربرد آرد دانه کینوا و آمارانت اثر مشابهی را کاهش سفتی نمونه‌های تولیدی داشتند و مؤثر از آرد حاصله از گندم سیاه عمل نمودند. اما در بازه زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت اثر آرد دانه آمارانت بیش از سایرین بود. به‌طور کلی در محصولات نانویی بدون گلوتن عدم حضور پروتئین گلوتن در آرد مورد استفاده سبب تسهیل مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته می‌شود و در نتیجه آن سفتی بافت نان افزایش می‌یابد اما با کاربرد انواع مختلفی از ترکیبات که قابلیت نگهداری رطوبت محصول تولیدی را در حین پخت و پس از پخت داشته باشد، می‌تواند تا حدودی از این فرآیند (سفت شدن بافت) جلوگیری نمود. با توجه به نتایج بدست آمده از بخش ارزیابی رطوبت حصول چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود. زیرا هر سه شبه غله به‌خصوص شبه غله آمارانت در افزایش میزان رطوبت محصول نهایی نقش داشتند. البته افزایش میزان مخصوص و تخلخل نمونه‌های حاوی آرد شبه غلات در افزایش نرمی بافت بی‌تأثیر نبود چون این امر به نوبه خود از فشردگی بیش از اندازه بافت ممانعت می‌کند و در نتیجه آن نیروی لازم

برای پاره شدن محصول توسط پروب دستگاه بافت‌سنج کاهش می‌یابد. از طرفی به وضوح مشاهده گردید که تمام نمونه‌های تولیدی در بازه زمانی ۷۲ ساعت نسبت به بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت از سفتی بیشتری برخوردار بودند. افزایش میزان سفتی بافت نان در طی مدت زمان نگهداری و بیاتی آن خود فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش میزان رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است [۱۹ و ۲۰] و هر عاملی که بتواند بر افزایش محتوای رطوبتی محصول نهایی مؤثر باشد، بالطبع در طول مدت زمان نگهداری بر کند شدن روند بیاتی تأثیر خواهد داشت که نتایج پژوهش پیش‌رو این امر را ثابت نمود. در زمینه افزایش میزان نرمی بافت محصولات صنایع پخت حاوی آرد شبه غلات مطالعات چندی صورت گرفته است. به‌طور مثال الگتی (Elgeti) و همکاران (۲۰۱۴) از آرد کینوا در سطوح ۱۰۰-۴۰

درصد به‌عنوان جایگزین آرد برنج و ذرت در نان بدون گلوتن استفاده نمودند. نتایج نشان داد که آرد کینوا با افزایش میزان فعالیت آلفا گلیکوزیداز و میزان رطوبت محصول تولیدی سبب نرم‌تر شدن بافت گردید [۴]. هم‌چنین اینگلیت (Inglett) و همکاران (۲۰۱۵) به مطالعه تولید کلوچه حاوی آرد آمارانت و جو با هدف غنی‌سازی محصول به دلیل حضور اسیدهای آمینه و مواد معدنی در آمارانت و بتاگلوکان در جو پرداختند. براساس نتایج مشخص گردید که ویسکوزیته خمیر حاوی ۳ واحد آرد آمارانت و ۱ واحد آرد جو مشابه نمونه حاوی آرد آمارانت بود و خمیر این دو نمونه ویسکوزیته بیشتری نسبت به شاهد (نمونه حاوی آرد گندم) داشتند. علاوه بر این نتایج نشان داد که نمونه حاوی آرد آمارانت و یا نمونه ترکیبی (آمارانت-جو) از ظرفیت نگهداری آب بالایی برخوردار بودند که به موجب آن نرمی بافت افزایش یافت [۶].

Table 3 Effect of rice flour replacement with Quinoa, Amaranth and Buckwheat on Firmness of gluten free bread during 2 and 72h after baking

Flour	Amount (%)	Firmness (N)	
		2h after baking	72h after baking
Rice	100	6.33±0.1 ^a	10.57±0.2 ^a
	5	5.47±0.1 ^c	8.20±0.2 ^b
Quinoa	10	4.97±0.2 ^d	7.77±0.0 ^{cd}
	15	4.23±0.1 ^e	6.93±0.2 ^e
	5	5.43±0.2 ^c	6.67±0.3 ^e
Amaranth	10	4.97±0.1 ^d	6.00±0.3 ^f
	15	4.20±0.2 ^e	5.27±0.2 ^g
	5	5.80±0.1 ^b	8.33±0.0 ^b
Buckwheat	10	5.37±0.0 ^c	7.97±0.2 ^{bc}
	15	4.90±0.1 ^d	7.57±0.2 ^d

(Means±SD in each column with different letters differ significantly in p<0.05)

۳-۲-۷- رنگ پوسته

ارزیابی میزان مؤلفه‌های رنگی پوسته (*L, a* و b*) نمونه نان‌های بدون گلوتن در جدول ۴ آمده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد با جایگزینی بخشی از آرد برنج با آرد شبه غلات میزان مؤلفه رنگی *L به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزوده شد که اثر آرد آمارانت در افزایش این مؤلفه رنگی بیش از کینوا و گندم سیاه بود. در اینجا به نظر می‌رسد که افزایش مؤلفه رنگی *L نشأت گرفته از پوسته‌ای صاف، هموار و یکنواخت در

نمونه‌های حاوی پودر پنیر باشد که در نتیجه انتقال و مهاجرت آهسته‌تر رطوبت از مغز به پوسته نان است (محتوای بالاتر رطوبت در نمونه‌های حاوی آرد آمارانت گواهی بر مهاجرت آهسته‌تر رطوبت از مغز به پوسته است). در این راستا پورلیس (Purilis) و سالوادوری (Salvadori) (۲۰۰۹) بیان نمودند که تغییرات سطح نان مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه *L دارند [۲۱]. هم‌چنین نتایج به وضوح

نمونه‌های تولیدی حاکی از زرد رنگ بودن نمونه‌های حاوی آرد دانه کینوا بود که این امر به دلیل رنگدانه‌های طبیعی موجود در دانه‌های کینوا می‌باشد. لازم به ذکر است که طیف رنگی دانه‌های کینوا بسیار متنوع است و شامل رنگ سفید، کرم، زرد، صورتی، طوسی و سیاه می‌شود که دانه‌های استفاده شده در این پژوهش زرد متمایل به کرم رنگ بودند.

نشان داد که میزان مؤلفه رنگی a^* نمونه‌های حاوی آرد دانه گندم سیاه بیش از سایر نمونه‌ها بود. این در حالی بود که بین نمونه‌های حاوی آرد دانه کینوا و آمارانت با نمونه شاهد (نان برنجی بدون گلوتن) اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نگردید. علت افزایش میزان قرمزی نمونه‌های حاوی آرد گندم سیاه به دلیل رنگ طبیعی و قهوه‌ای متمایل به قرمز دانه‌های این شبه غله می‌باشد. علاوه بر این نتایج ارزیابی مؤلفه رنگی b^*

Table 4 Effect of rice flour replacement with Quinoa, Amaranth and Buckwheat on crust color values of gluten free bread

Flour	Amount (%)	crust color values (-)		
		L*	a*	b*
Rice	100	42.80±0.5 ^g	2.23±0.1 ^d	12.33±0.5 ^c
	5	44.97±0.5 ^{ef}	2.13±0.0 ^d	17.43±0.5 ^b
Quinoa	10	46.67±0.4 ^c	2.24±0.1 ^d	18.77±0.8 ^a
	15	48.23±0.6 ^b	2.27±0.1 ^d	19.57±0.5 ^a
Amaranth	5	46.07±0.5 ^{cd}	2.37±0.0 ^d	12.17±0.5 ^c
	10	47.80±0.7 ^b	2.17±0.0 ^d	12.07±0.8 ^c
	15	49.40±0.6 ^a	2.30±0.2 ^d	12.10±0.5 ^c
	5	44.10±0.6 ^f	3.73±0.0 ^c	12.27±0.7 ^c
Buckwheat	10	45.57±0.8 ^{de}	4.20±0.1 ^b	12.00±0.7 ^c
	15	46.27±0.5 ^{cd}	5.00±0.1 ^a	12.13±0.6 ^c

(Means±SD in each column with different letters differ significantly in $p<0.05$)

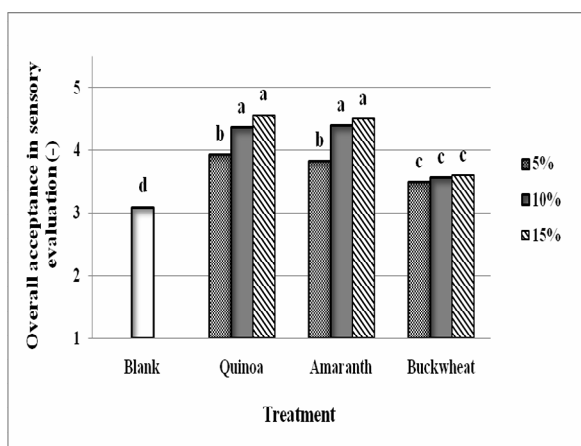


Fig 4 Effect of rice flour replacement with Quinoa, Amaranth and Buckwheat on overall acceptance of gluten free bread in sensory evaluation
(Means with different letters differ significantly in $p<0.05$)

۳-۲-۸- خصوصیات حسی

نتایج پذیرش کلی نان برنجی‌های تولید شده در این پژوهش در شکل ۴ آورده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد استفاده از آرد شبه غلات در فرمولاسیون اولیه نان برنجی منجر به افزایش پذیرش کلی این نمونه‌ها شد. به گونه‌ای که داوران چشایی به نمونه‌های حاوی آرد کینوا، آمارانت و گندم سیاه (به‌خصوص آرد کینوا و آمارانت) امتیاز بالاتری را دادند. البته با توجه به نتایج بدست آمده از سایر بخش‌ها حصول چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود.

cookies made from amaranth-oat composites. *LWT- Food Science and Technology*, 63(1): 214-220.

- [8] Sahraian, B., Habibi Najafi, M.B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M.H., Sheikholeslami, Z., and Naghipour, F. 2012. Formulation gluten free bread by CMC and *Lallemantia royleana* National Conference in Food Industries. Islamic Azad University, Quchan branch [in Persian].
- [9] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.
- [10] Haralick, R.M., K. Shanmugam., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [11] Sun, D. 2008. *Computer vision technology for food quality evaluation*. Academic Press, New York.
- [12] Pourfarzad, A., Haddad Khodaparast, M.H., Karimi, M., Mortazavi, S.A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A., & Razavizadegan Jahromi, S.H. 2009. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering*, 34: 1435-1445.
- [13] Gacula, J.R., and Singh. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A. 360-366.
- [14] Rajabzadeh, N. 1991. Iranian Flat Bread Evaluation. Pp. 1-50, *Iranian Cereal and Bread Research Institute*, Publication no.71, Tehran, Iran [in Persian].
- [15] Brady, K., Ho, C.T., and Rosen, R.T. 2007. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. *Food Chemistry*, 100(3): 1209-1216.
- [16] Weber, L., Ehubbard, E., Putnam, D., Nelson, L., and Lehman, J. 1988. *Amaranth grain production guide*. Rodale Press, Inc. Emmaus. PA and American Amaranth Institute, Bricelyn, Minnesota, USA. 28 pp.
- [17] Teutonico, R.A., and Knorr, D. 1985. Amaranth: Composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technology*, 39: 49-60.
- [18] Rita A., and Knorr, D. 1985. Amaranth composition, properties and applications of a

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق از شبه غلاتی نظیر آمارانت، کینوا و گندم سیاه در فرمولاسیون اولیه نان برنجی بدون گلوتن به منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای و غنی‌سازی محصول هدف برای بیماران سیلیاکی استفاده شد. خوشبختانه نتایج بدست آمده از خصوصیات تکنولوژیکی و حسی محصول تولیدی به‌وضوح نشان داد که آرد شبه غلات به‌خصوص آرد کینوا و آمارانت ضمن افزایش ارزش تغذیه‌ای (بالا بردن محتوای پروتئینی) سبب بهبود بافت در دو بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت شدند. هم‌چنین رنگ محصول تولیدی که یکی از مهمترین جاذبه‌ها برای مصرف‌کننده می‌باشد با جایگزینی بخشی از آرد برنج موجود در فرمولاسیون با آرد شبه غلات ذکر شده (کینوا، آمارانت و گندم سیاه) بهبود یافت. از این‌رو می‌توان گفت با کاربرد آرد شبه غلات در فرمولاسیون محصولات صنایع پخت علاوه بر بهبود کمیت و کیفیت محصول تولیدی، امکان افزایش بازاریابی این محصولات افزایش می‌یابد.

۵- منابع

- [1] Smith, M.D. 2002. Going against the grain, pp: 121-125.
- [2] Hamaker Bruce, R. 2008. Technology of functional cereal products. Woodhead publishing limited, pp: 397-448.
- [3] Enriquez, N., Peltzer, M., Raimundi, A., Tosi, V., and Pollio, M.L. 2003. Characterization of wheat and quinoa flour blends in relation to their bread making quality. *Journal of the Argentine Chemical Society*, 91: 47-54.
- [4] Elgeti, D., Nordlohne, S.D., Föste, M., Besl, M., Linden, M., Heinz, V., Jekle, M., and Becker, T. 2014. Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59(1): 41-47.
- [5] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszczak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1): 68-74.
- [6] Inglett, G.E., Chen, D., and Liu, S.X. 2015. Physical properties of gluten-free sugar

- hydrocolloids on sensory characteristics and staling of gluten free bread. *Journal of Food Research*, Vol. 20.3.No. 1 [in Persian].
- [20] Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B, Hess, W.M., and Huber, C.S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.
- [21] Purlis, E and Salvadori, V. 2009. Modeling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42: 865-870.
- rediscovered food crop. Institute of Food Technologies. Available online: http://eap.mcgill.ca/_private/vl_foot.htm.
- [18] Dini, I., Tenore, G.C., and Dini, A. 2010. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium* quinoa seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3): 447-451.
- [19] Ebrahimpour, N., Peighambaroust, S.H., Azadmard-Damirchi, S., and Ghanbarzadeh, B. 2010. Effects of incorporating different

Evaluation of Nutritional, Technological and Sensory Properties of Gluten free Rice Bread Containing Semi Cereal

Haghighy, Gh. ^{1*}

1. Department of Food Science and Technology, Agriculture faculty, Zabol University

(Received: 2016/11/16 Accepted: 2016/02/22)

Celiac is an autoimmune digestive disease that gluten free diet is the only treatment. Today food science researcher concern on enrichment of gluten free products. So the aim of this study was application quinoa, amaranth and buckwheat Flour in levels of 5, 10 and 15% as rice flour replacer in gluten free bread and evaluation nutritional, technological and Sensory Properties of final product. The results indicated by application semi cereal and amount of these flour, protein, ash, moisture and L* value were increased. Also replacement of quinoa flour increased specific volume of gluten free rice bread. Although three flour had effect on increasing porosity, softness in compare to the control. Also the results showed buckwheat and amaranth respectively increased the amount of a* and b* values of gluten free bread crust. Finally panelist introduced the samples containing semi cereal especially quinoa and amaranth as the best sample. So on results it can be said application semi cereal in bakery products improvement quantity and quality and increasing marketing of final products.

Keywords: Semi cereal, Enrichment, Texture, Porosity, Color values

* Corresponding Author E-Mail Address: gh2002_haghighy@yahoo.com