

غنی سازی ماکارونی با تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن و تأثیر فرایند تولید و پخت ماکارونی بر این ریز مغذیها

میترا قاضی زاده^{۱*}، محمدتقی مظلومی^۲، فروغ اعظم طالبان^۳، بنفشه گلستان^۴، محمود بهنام مرادی^۵، مرتضی عبداللهی^۶، حمیدرضا فلاحت پیشه^۷، نیلوفر چوبدار^۸، رزیتا کمیلی فنود^۹، فرحناز فتح اردوبادی^{۱۰}، لیلی اختری^{۱۱}، سید علی شفیقی^{۱۲}

۱- پژوهشیار انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ۲- کارشناس ارشد صنایع غذایی ۳- استاد دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی ۴- مشاور انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور ۵- رئیس گروه کنترل کیفی پژوهشکده غلات ۶- استادیار انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور ۷- پژوهشیار انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور ۸- محقق انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور ۹، ۱۰ و ۱۲- کارشناس آزمایشگاه انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور ۱۱- لیسانس میکرو بیولوژی کشور

چکیده

با توجه به نتایج بررسیهای انجام شده مبنی بر کمبود آهن و ویتامین B_{۱۲} در کشور و مصرف رو به رشد ماکارونی این تحقیق به منظور بررسی غنی‌سازی ماکارونی با تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن و تأثیر فرایند تولید و پخت بر این ریز مغذیها در انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور انجام گرفت. تحقیق به روش تجربی بر روی شش تیمار کاملاً یکنواخت و همگن از ماکارونیهای غنی‌شده با تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و دو نوع ملح آهن تولید شده در خط تولید ماکارونی بلند کارخانه البرز ماکارون صورت گرفت. برای این منظور سه فرمول مختلف با هر نوع ملح آهن (NaFe، SO_۴Fe، ۷H_۲O) تهیه گردید. مقدار تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن افزوده شده به ترتیب در دامنه ۱۱-۴/۸، ۴/۸-۲/۶۴، ۷۵-۳۵/۲ و ۲۸/۶-۸۸ میلی گرم در کیلوگرم آرد مصرفی بود. میزان باقیمانده تیامین، ریوفلاوین و نیاسین نمونه‌های غنی‌شده پس از فرایند تولید و پخت با دستگاه HPLC تعیین گردید و با محصول تولیدی همان کارخانه (شاهد) مقایسه گردید. تأثیر فرایند تولید بر رنگ و تأثیر پخت ماکارونی بر رنگ و طعم نمونه‌ها با روش رتبه بندی توسط ۳۰ ارزیاب خانگی (Inhouse) ارزیابی شد. برای آنالیز آماری پارامترهای کمی از نرم افزار SPSS، آزمونهای آنالیز واریانس یکطرفه و t-test زوجی و برای ویژگیهای حسی از آزمون فریدمن استفاده شد. نتایج آنالیز نمونه‌ها نشان داد که تیامین، ریوفلاوین و نیاسین موجود در ماکارونیهای غنی شده با فرمولاسیونهای مختلف پس از فرایند تولید به ترتیب ۸۷/۳۲-۸۶/۱، ۶۳/۹۲-۵۲/۵۴ و ۷۶/۳۹-۵۸/۱۴ و پس از فرایند پخت به ترتیب ۷۳/۷۲-۶۷/۷۹، ۷۹/۰۸-۷۱/۵ و ۷۰/۱۷-۶۲/۸۰ درصد حفظ شد. با بالا رفتن میزان ریزمغذیهای افزوده شده، مقدار باقیمانده آنها در محصول غنی شده در تمامی تیمارها و فرایندهای مورد بررسی نیز افزایش یافت. کمترین درصد کاهش در میزان تیامین مشاهده گردید و پس از آن نیاسین و ریوفلاوین قرار داشتند. ارزیابی حسی نمونه‌های خام و پخته نشان داد که بین تیمارهای مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد. ولی تفاوت بین شاهد و تیمارهای مختلف معنادار بود (P<۰/۰۵). با توجه به نتایج طرح مبنی بر کاهش بخشی از ریز مغذیها در طی تولید و پخت، غنی سازی ماکارونی با تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن امکان پذیر است. مناسب ترین فرمول برای غنی سازی، استفاده از ۱۱ میلی گرم تیامین، ۴/۸ میلی گرم ریوفلاوین، ۷۵ میلی گرم نیاسین و ۲۸/۶ میلی گرم آهن (بر پایه SO_۴Fe، ۷ H_۲O) در کیلوگرم آرد است که می تواند بخشی از عوارض ناشی از کمبود این ریز مغذیها را بر طرف نماید.

کلیدواژگان: غنی‌سازی، ماکارونی، تیامین، ریوفلاوین، نیاسین، آهن

۱- مقدمه

ویتامینها با شرکت در ساختمان کوآنزیمها و املاح معدنی به عنوان فعال کننده آنزیمها نقش مهمی در متابولیسم ایفا می نمایند. لذا کمبود آنها موجب بروز آشفتگیهایی در روند واکنشهای متابولیکی می گردد که سرانجام به بروز بیماریهای ناشی از کمبود منجر می شود. با توجه به نتایج حاصل از بررسی طرح امنیت غذا و تغذیه که در انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور اجرا گردید و نتایج آن به عنوان محور اساسی در برنامه سوم اقتصادی مورد لحاظ واقع شد در میان مشکلات تغذیه ای کشور، به کمبود آهن و ویتامین B_۲ در جامعه اشاره گردیده است [۱]. نتایج بررسی های تغذیه ای در طی سالیان گذشته نیز نشانگر این مطلب است و در بیان اهمیت مشکل همین بس که حتی در کشورهای صنعتی بسیار پیشرفته نیز بخشهای وسیعی از مردم جامعه تعدادی از مواد مغذی از جمله ویتامینها را از طریق غذای مصرفی در حد توصیه شده (RDA)^۱ دریافت نمی نمایند [۲]. عوارض ناشی از تداوم این مشکل می تواند به بروز بیماری های متعددی ناشی از کمبود این عوامل منجر گردد. غلات و فراورده های آن به عنوان اصلی ترین منابع تأمین کننده انرژی و پروتئین در کشور هستند [۱]. نظر به ظرفیت تولید اسمی ۳۷۰۰۰۰ تن ماکارونی در کشور و برآورد مصرف سرانه بیش از شش کیلوگرم در سال [۳] و روند رو به افزایش قیمت برنج که موجب رویکرد مردم به مصرف بیشتر ماکارونی گردیده است، ماکارونی می تواند به عنوان یکی از بهترین حامل های ویتامینهای گروه B و آهن در امر غنی سازی انتخاب شود. Kulp (۲۰۰۰) از غنی سازی ماکارونی به عنوان روشی مناسب برای تامین مواد مغذی یاد می کند [۴]. با توجه به اینکه مصرف پاستا^۲ و نودل ها^۳ در اغلب کشورها متداول است، FAO نیز آنها را حامل مناسبی برای غنی سازی اعلام نموده است

1. Recommended daily allowance

2. Pasta

3. Noodles

[۵]. Ciacco و Watanabe (۱۹۹۰) اسپاگتی را با تیامین، ریوفلاوین و نیاسین غنی سازی کردند و تاثیر روشهای خشک کردن و شرایط انبارمانی را بر میزان این ریزمغذیها مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعات نشان داد که کیفیت اسپاگتی به شرایط انبار، میزان ویتامینهای افزوده شده و درجه حرارت خشک کردن بستگی ندارد. کاهش ویتامینها در مرحله پخت بیشتر از مرحله خشک کردن بود. نور تاثیری بر میزان تیامین و نیاسین نداشت. ولی باعث کاهش شدید ریوفلاوین شد [۶]. Dexter و همکاران (۱۹۸۲) نیز آرد اسپاگتی را با مخلوط ریزمغذیهای تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن غنی سازی نموده و تاثیر شرایط فرایند و پخت را بر میزان ریزمغذیها مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که پس از پخت ۳۰٪ ریوفلاوین، ۳۹٪ تیامین و ۴۸٪ نیاسین در اسپاگتی باقی ماند و غنی سازی بر رنگ اسپاگتی موثر بود [۷]. به منظور بررسی امکان غنی سازی ماکارونی با تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن و تاثیر فرایند تولید و پخت بر میزان این ریزمغذیها این تحقیق در انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور با همکاری کارخانه البرز ماکارون در سالهای ۸۲-۱۳۸۰ انجام گردید.

۲- مواد و روشها

تحقیق در دو مرحله انجام شد. در مرحله مقدماتی (Pre Study) برای ارزیابی قابلیت تولید ماکارونی غنی شده با آهن از نظر پذیرش رنگ و طعم و عرضه محصول در بازار، مقادیر مختلف دو نوع ملح آهن FeSO_4 و NaFeEDTA ، H_2O در دامنه ۸-۲۸ میلی گرم آهن به ازاء هر کیلوگرم آرد مصرفی، در بخش تغذیه کننده خط تولید با ریزمغذیها (Feeder)، که توسط مجریان طرح و متخصصین شرکت البرز ماکارون طراحی و ساخته شده بود، با آب مخلوط و به صورت محلول یکنواخت به صورت تدریجی با در نظر گرفتن حجم آب مورد نیاز به ازاء ۱۰۰ کیلوگرم آرد با سیستم کنترل اتوماتیک به خط تولید محصول

اضافه شد. شش فرمول ماکارونی حاوی نوع و مقادیر مختلف آهن (سه تیمار با دو نوع ملح آهن بدون افزودن سایر ریزمغذیها) و مواد اولیه یکسان در خط تولید ماکارونی بلند کارخانه البرز ماکارون با شرایط کاملاً یکسان و ثابت در حجم یک تن تولید و در پوششهای مقاوم به نور بسته‌بندی شد. از محصولات تولید شده به صورت کاملاً تصادفی نمونه‌برداری شد. تاثیر فرایند تولید بر رنگ محصولات غنی شده و هم چنین رنگ و طعم محصولات تولیدی پس از فرایند پخت توسط همکاران طرح مورد ارزیابی مقدماتی قرار گرفت. با توجه به نتایج ارزیابی حسی مقدماتی و قابلیت تولید ماکارونی غنی شده مرحله اصلی طرح به شرح زیر انجام گرفت.

در مرحله اصلی (Main Study) شش تیمار کاملاً یکنواخت و همگن با استفاده از مقادیر مختلف دو نوع ملح آهن (SO_4 و $\text{Fe}, \text{VH}_2\text{O}$ ، NaFe EDTA ، H_2O)، تیامین هیدروکلراید، ریبوفلاوین و نیاسین با درجه غذایی تولیدی شرکت‌های Merck, Roch و DPL و مواد اولیه یکسان در خط تولید ماکارونی بلند کارخانه البرز ماکارون با شرایط مرحله مقدماتی طرح تولید و بسته بندی شد (جدول ۱). از خط تولید به صورت کاملاً تصادفی نمونه‌برداری شد.

جدول ۱ میزان ریزمغذی های مورد استفاده در غنی سازی آرد ماکارونی

ریزمغذی ها	فرمول ۱ (Mg/kg)	فرمول ۲ (Mg/kg)	فرمول ۳ (Mg/kg)
تیامین	۴/۴	۷/۷	۱۱
ریبوفلاوین	۲/۶۴	۳/۷۲	۴/۸
نیاسین	۳۵/۲	۵۵/۱	۷۵
آهن ^۱ $\text{SO}_4\text{Fe}, \text{VH}_2\text{O}$ یا $\text{NaFeEDTA}, \text{H}_2\text{O}$	۲۸/۶	۵۸/۳	۸۸

نمونه‌ها در کارتنهای مقوایی به آزمایشگاه انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور منتقل شد. میزان تیامین،

ریبوفلاوین و نیاسین تیمارهای حاوی این ریزمغذیها و ملح آهن $\text{SO}_4\text{Fe}, \text{VH}_2\text{O}$ پس از فرایند تولید و پخت با دستگاه HPLC (Waters آمریکا، پمپ مدل ۵۱۰، دتکتور UV-Visible مدل ۴۸۶، دتکتور فلورسانس مدل ۴۷۴، انژکتور Reodyne مدل ۷۷۲۵ و نرم افزار کروماتوگرافی Autochro-۲۰۰۰) تعیین گردید. برای اندازه گیری تیامین و ریبوفلاوین از فاز متحرک استات سدیم ۰/۰۵ مولار و اتانل به نسبت ۳۰:۷۰ به صورت ایزو کراتیک، سرعت جریان فاز متحرک ۱ میلی لیتر در دقیقه، ستون Novapak C_{18} به طول ۱۵۰ و قطر ۳/۹ میلی متر و دتکتور فلورسانس استفاده شد. تعیین میزان تیامین در طول موج $\text{ex}=366$ و $\text{em}=435$ نانومتر و ریبوفلاوین در طول موج $\text{ex}=422$ و $\text{em}=522$ نانومتر صورت گرفت. حجم تزریقی ۲۰ میکرو لیتر بود. برای اندازه گیری نیاسین از فاز متحرک آب و اسید استیک گلاسیال به نسبت ۲:۹۸ به صورت ایزو کراتیک، سرعت جریان فاز متحرک ۱/۵ میلی لیتر در دقیقه، ستون PRP-X100 به طول ۲۵۰ و قطر ۴/۱ میلی متر هاملتون آمریکا و دتکتور UV-Visible با طول موج ۲۵۴ نانومتر استفاده شد. حجم تزریقی ۵۰ میکرو لیتر بود [۸]. نتایج حاصل با نمونه غنی نشده تولید همان کارخانه که با مواد اولیه و شرایط مشابه تهیه گردیده بود (شاهد) مقایسه شد. برای حفظ بیشترین میزان ریزمغذیها پس از فرایند پخت، ۱۰۰ گرم ماکارونی را به بشر حاوی ۸۰۰ میلی لیتر آب جوش منتقل کرده و حرارت دادن ۲۵-۲۰ دقیقه ادامه یافت. با استفاده از درپوش مناسب تقریباً تمام آب جذب ماکارونی شد. تاثیر فرایند تولید بر رنگ و هم چنین رنگ و طعم شش تیمار ماکارونیهای تولیدی حاوی ریزمغذیها و دو نوع ملح آهن پس از فرایند پخت با روش رتبه بندی ارزیابی شد. برای این منظور ابتدا سه نمونه ماکارونی غنی شده با $\text{SO}_4\text{Fe}, \text{VH}_2\text{O}$ ، تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین و یک نمونه شاهد به صورت خام در ظروف مشابه که با اعداد سه رقمی تصادفی رمزگذاری شده بودند به طور

ب) مرحله اصلی

۱- نتایج آنالیز شیمیایی: میانگین و انحراف معیار باقیمانده تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین در نمونه‌های غنی سازی شده و شاهد پس از فرایند تولید و پخت در جداول ۳ و ۲ و همچنین درصد کاهش این ویتامینها پس از تولید و پخت در جدول ۴ منعکس گردیده است.

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین بعد از فرایند تولید (میلی گرم درصد)

فرمولاسیون	تیامین	ریبوفلاوین	نیاسین
فرمول ۱	۰/۶۲۱ ± ۰/۰۰۶	۰/۲۰۷ ± ۰/۰۰۹	۳/۱۱۴ ± ۰/۳۷۸
فرمول ۲	۰/۹۵۷ ± ۰/۰۶۴	۰/۲۷۶ ± ۰/۰۳۶	۴/۸۹۲ ± ۰/۱۷۸
فرمول ۳	۱/۲۷۱ ± ۰/۰۹۳	۰/۴۱۱ ± ۰/۰۴۷	۷/۵۹۳ ± ۰/۱۰۰
شاهد	۰/۱۸ ± ۰/۰۱۷	۰/۰۴۷ ± ۰/۰۰۱	۰/۷۳۲ ± ۰/۰۱۹

جدول ۳ میانگین و انحراف معیار تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین بعد از پخت (میلی گرم درصد)

فرمولاسیون	تیامین	ریبوفلاوین	نیاسین
فرمول ۱	۰/۴۲۱ ± ۰/۰۹۵	۰/۱۴۸ ± ۰/۰۰۵	۲/۱۸۵ ± ۰/۳۸۶
فرمول ۲	۰/۶۸۴ ± ۰/۰۳۸	۰/۲۰۹ ± ۰/۰۲۵	۳/۰۷۲ ± ۰/۰۲۶
فرمول ۳	۰/۹۳۷ ± ۰/۰۲۸	۰/۳۲۵ ± ۰/۰۳۷	۵/۲۶۹ ± ۰/۴۰۱
شاهد	۰/۰۶۹ ± ۰/۰۱۶	۰/۰۳ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۷۳ ± ۰/۰۰۳

همانگونه که در جداول ۳ و ۲ مشاهده می شود با افزایش میزان ریز مغذیها در فرمول غنی سازی در کلیه تیمارهای مورد بررسی میزان باقیمانده به طور معناداری افزایش یافته است ($P < 0.05$). در فرایند تولید تیامین مقاومترین ویتامین بود. در فرایند پخت کمترین کاهش مربوط به ریبوفلاوین بود. تحلیل آماری نتایج یاد شده نشان داد که میزان باقیمانده تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین موجود در نمونه‌های غنی سازی شده و شاهد پس از فرایند تولید و پخت با یکدیگر اختلاف معناداری داشتند ($P < 0.05$).

تصادفی در اختیار ۳۰ ارزیاب خانگی (Inhouse) که همگی از کارکنان انستیتو تغذیه بودند قرارگرفت. از ارزیابها درخواست شد نمونه‌ها را از نظر پذیرش ویژگی رنگ رتبه بندی نمایند به طوری که برای نمونه با بیشترین پذیرش رتبه یک و کمترین پذیرش رتبه ۴ منظور گردد. [۹، ۱۰ و ۱۱]. نمونه‌های ماکارونی با کمی نمک با روش پخت یاد شده تهیه و در ظروف مشابه که با اعداد سه رقمی تصادفی رمزگذاری شده بودند در اختیار ارزیابها قرار داده شد. از ارزیابها درخواست گردید نمونه‌ها را از نظر پذیرش ویژگی رنگ و طعم رتبه بندی نمایند. در مرحله بعدی نمونه‌های خام و پخته ماکارونی غنی شده با $\text{NaFeEDTA} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ، تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین و نمونه شاهد به روش قبلی ارزیابی گردید. برای تعیین ویژگیهای کمی مانند میانگین و انحراف معیار از آمار توصیفی استفاده شد. برای مقایسه پارامترهای کمی بین تیمارها از روش آنالیز واریانس یکطرفه ($\alpha = 0.05$) و متعاقبا بسته به نیاز از مقایسه چند گانه توکی استفاده شد. برای مقایسه مقادیر باقیمانده هر یک از ویتامینها در مراحل فرایند تولید و پخت از آزمون t-test زوجی بهره گیری شد. برای انجام آنالیزهای آماری از نرم افزار SPSS استفاده شد. در مورد ویژگیهای حسی از روش رتبه بندی و آزمون فریدمن استفاده گردید.

۳- یافته‌ها

الف) مرحله مقدماتی

نتایج ارزیابی حسی مقدماتی رنگ نمونه‌ها نشان داد که هر دو منبع آهن براحتی در غنی سازی ماکارونی قابل استفاده بوده و علیرغم آنکه در بعضی مراجع به تیرگی بیش از حد ماکارونی غنی شده با FeSO_4 اشاره شده بود در این مرحله از تحقیق تغییر نامطلوبی مشاهده نشد که این موضوع در نمونه‌های پخته شده شاخص تر بود.

جدول ۴ در صد کاهش تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین در نمونه های غنی سازی شده و شاهد پس از تولید و پخت

فرمولاسیون	تیامین				ریبوفلاوین				نیاسین			
	(میلی گرم در صد گرم آرد)*				(میلی گرم در صد گرم آرد)*				(میلی گرم در صد گرم آرد)*			
فرایند	۱	۲	۳	شاهد	۱	۲	۳	شاهد	۱	۲	۳	شاهد
فرایند تولید	۰/۶۲۱	۰/۹۵۷	۱/۲۷۱	۰/۱۸	۰/۲۰۷	۰/۲۷۶	۰/۴۱۱	۰/۰۴۷	۳/۱۱۴	۴/۸۹۲	۷/۵۹۳	۰/۷۳۲
درصد کاهش پس از تولید	۱۳/۲۷	۱۲/۶۸	۱۳/۹		۴۷/۴۶	۴۶/۷۲	۳۶/۰۸		۴۱/۸۶	۳۶/۰۵	۲۳/۶۱	
فرایند پخت	۰/۴۲۱	۰/۶۸۴	۰/۹۳۷	۰/۰۶۹	۰/۱۴۸	۰/۲۰۹	۰/۳۲۵	۰/۰۳	۲/۱۸۵	۳/۰۷۲	۵/۲۶۹	۰/۰۷۳
درصد کاهش پس از پخت	۳۲/۲۱	۲۸/۵۳	۲۶/۲۸		۲۸/۵۰	۲۴/۲۸	۲۰/۹۲		۲۹/۸۳	۳۷/۲۰	۳۰/۶۱	
کاهش نهایی پس از تولید و پخت	۴۱/۲۰	۳۷/۵۹	۳۷/۵۲		۶۲/۴۴	۵۹/۶۵	۴۹/۴۶		۵۹/۲۰	۵۹/۸۴	۴۶/۹۹	

*کلیه نتایج بر اساس ماده خشک بیان شده است.

مقایسه دو تایی میانگینها نیز نشان داد که شاهد با فرمول یک، فرمول ۲ و فرمول ۳ اختلاف معنادار دارد ($P < 0.05$). همچنین تفاوت میانگین فرمول ۱ و ۳ نیز معنادار بود ($P < 0.05$).

جدول ۵ نتایج ارزشیابی ویژگی رنگ در سه فرمول ماکارونی غنی سازی شده خام و شاهد (ملح SO_4Fe)

رتبه	۱	۲	۳	۴	جمع
فرمولاسیون					
شاهد	۲۰	۷	۳	—	۳۰
فرمول ۱	۷	۱۰	۶	۷	۳۰
فرمول ۲	۳	۸	۵	۱۴	۳۰
فرمول ۳	—	۵	۱۶	۹	۳۰

نتایج تحلیل آماری مقایسه ویژگی رنگ ماکارونی غنی سازی شده با تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و آهن (NaFeEDTA و H_2O) و نمونه شاهد خام با استفاده از آزمون فریدمن وجود تفاوت معناداری را در محصولات خام نشان داد ($P < 0.05$). مقایسه دو تایی میانگینها نشان داد که شاهد با فرمول یک، فرمول ۲ و فرمول ۳ اختلاف معنادار دارد ($P < 0.05$). تفاوت نمونه های غنی سازی شده در ویژگی رنگ با یکدیگر معنادار نبود.

نتایج تحلیل آماری با بهره گیری از آزمون t-test مزدوج مقایسه میزان ویتامینهای باقیمانده در فرایند تولید و پخت نشان داد که اختلاف میزان تیامین غیر از شاهد خام و پخته و فرمول ۲ در حالت خام و پخته در بقیه موارد معنادار نبود. از نظر اختلاف باقیمانده های ریبوفلاوین غیر از فرمول ۲ در حالت خام و پخته و فرمول ۳ در حالت خام و پخته در بقیه موارد تفاوت معنادار بود ($P < 0.05$). از نظر اختلاف میانگین باقیمانده های نیاسین در تمام موارد اختلاف معناداری را نشان دادند ($P < 0.05$).

۲- نتایج ارزیابی حسی

نتایج تاثیر فرایند تولید بر رنگ و فرایند پخت بر رنگ و طعم نمونه های غنی سازی شده با تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و دو نوع ملح آهن (NaFe و SO_4Fe , vH_2O) و نمونه شاهد در جداول ۵-۱۰ منعکس گردیده است.

تحلیل آماری نتایج مقایسه ویژگی رنگ ماکارونیهای غنی سازی شده با تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و آهن (FeSO_4 و vH_2O) و نمونه شاهد خام با استفاده از آزمون فریدمن وجود تفاوت معناداری را در محصولات خام نشان داد ($P < 0.05$).

جدول ۶ نتایج ارزشیابی ویژگی رنگ در سه فرمول ماکارونی غنی سازی شده خام و شاهد (ملح NaFeEDTA)

رتبه	۱	۲	۳	۴	جمع
فرمولاسیون					
شاهد	۱۵	۱۰	۳	۳	۳۱
فرمول ۱	۴	۷	۹	۱۱	۳۱
فرمول ۲	۳	۱۲	۷	۹	۳۱
فرمول ۳	۹	۲	۱۲	۸	۳۱

نتایج تحلیل آماری مقایسه ویژگی رنگ ماکارونی غنی سازی شده باتیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) و نمونه شاهد پخته با استفاده از آزمون فریدمن وجود تفاوت معنی داری را در محصولات پخته نشان داد ($P < 0.05$). مقایسه دو تایی میانگینها نشان داد که تفاوت شاهد با فرمول یک، فرمول ۲ و فرمول ۳ معنادار است ($P < 0.05$). تفاوت نمونه های غنی سازی شده پخته در ویژگی رنگ با یکدیگر معنادار نبود.

جدول ۷ نتایج ارزشیابی ویژگی رنگ در سه فرمول ماکارونی غنی سازی شده و شاهد پخته (ملح SO_4Fe)

رتبه	۱	۲	۳	۴	جمع
فرمولاسیون					
شاهد	۲۳	۴	۲	۱	۳۰
فرمول ۱	۳	۱۳	۸	۶	۳۰
فرمول ۲	۱	۷	۱۰	۱۲	۳۰
فرمول ۳	۳	۶	۱۰	۱۱	۳۰

نتایج تحلیل آماری مقایسه ویژگی طعم ماکارونیهای غنی سازی شده با تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن (NaFeEDTA , $3\text{H}_2\text{O}$) و نمونه شاهد پخته با استفاده از آزمون فریدمن وجود تفاوت معناداری را در محصولات پخته نشان داد ($P < 0.05$). مقایسه دو تایی میانگینها نشان داد که تفاوت شاهد با فرمول یک، فرمول ۲ و فرمول ۳ معنادار است ($P < 0.05$). ولی اختلاف نمونه های غنی سازی شده پخته در ویژگی رنگ با یکدیگر معنادار نبود.

جدول ۸ نتایج ارزشیابی ویژگی طعم در سه فرمول ماکارونی غنی سازی شده و شاهد پخته (ملح SO_4Fe)

رتبه	۱	۲	۳	۴	جمع
فرمولاسیون					
شاهد	۱۷	۸	۲	۳	۳۰
فرمول ۱	۲	۱۱	۱۱	۶	۳۰
فرمول ۲	۵	۹	۱۱	۵	۳۰
فرمول ۳	۶	۲	۶	۱۶	۳۰

نتایج تحلیل آماری مقایسه ویژگی رنگ ماکارونیهای غنی سازی شده با تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن (NaFeEDTA , $3\text{H}_2\text{O}$) و نمونه شاهد پخته با استفاده از آزمون فریدمن وجود تفاوت معناداری را در ویژگی رنگ محصولات پخته نشان داد ($P < 0.05$). مقایسه دو تایی میانگینها نشان داد که اختلاف شاهد با فرمول یک، فرمول ۲ و فرمول ۳ معنادار است ($P < 0.05$). ولی اختلاف نمونه های غنی سازی شده پخته در ویژگی رنگ با یکدیگر معنادار نبود.

جدول ۹ نتایج ارزشیابی ویژگی رنگ در سه فرمول ماکارونی غنی سازی شده خام و شاهد (ملح NaFeEDTA)

رتبه	۱	۲	۳	۴	جمع
فرمولاسیون					
شاهد	۱۹	۷	۲	۲	۳۰
فرمول ۱	۳	۱۱	۱۰	۶	۳۰
فرمول ۲	۲	۸	۱۳	۷	۳۰
فرمول ۳	۶	۳	۳	۱۵	۳۰

نتایج تحلیل آماری مقایسه ویژگی طعم ماکارونیهای غنی سازی شده با تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و آهن (NaFeEDTA , $3\text{H}_2\text{O}$) و نمونه شاهد پخته با استفاده از آزمون فریدمن وجود تفاوت معناداری را در ویژگی طعم محصولات پخته نشان داد ($P < 0.05$). مقایسه دو تایی میانگینها نشان داد که شاهد با فرمول ۱، فرمول ۲ و فرمول ۳ اختلاف معنادار دارد ($P < 0.05$). ولی اختلاف نمونه های غنی سازی شده پخته در ویژگی طعم با یکدیگر معنادار نبود.

جدول ۱۰ نتایج ارزشیابی ویژگی طعم در سه فرمول ماکارونی غنی سازی شده خام و شاهد (ملح NaFeEDTA)

رتبه	۱	۲	۳	۴	جمع
فرمولاسیون					
شاهد	۱۷	۳	۸	۲	۳۰
فرمول ۱	۶	۷	۱۰	۷	۳۰
فرمول ۲	۲	۸	۷	۱۳	۳۰
فرمول ۳	۵	۱۲	۵	۸	۳۰

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های طرح، مقدار کاهش تیامین در مرحله فرایند تولید در محدوده ۱۳/۹۰ - ۱۲/۶۸ درصد در نوسان بوده است. به طوری که در هر سه نمونه میانگین مقادیر باقیمانده تفاوت معناداری را به لحاظ آماری با یکدیگر نشان داده‌اند ($P < 0.05$). به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که درصد کاهش تیامین در مرحله تولید ماکارونی غنی‌سازی شده با میزان تیامین افزوده شده ارتباطی ندارد و تاثیر فرایند تولید در هر سه فرمولاسیون تقریباً ثابت است. این نتایج با یافته‌های Watanabe همخوانی دارد [۶]. اگر RDA تیامین به طور متوسط ۱/۲ میلی گرم در روز در نظر گرفته شود ۱۰۰ گرم ماکارونی غنی‌شده (خشک) در فرمولهای یک، دو و سه به ترتیب قادر به تامین ۵۱/۷۵، ۷۹/۷۵ و ۱۰۵/۹ درصد تیامین توصیه شده خواهند بود. در فرایند پخت ماکارونی غنی‌سازی شده نیز با افزایش میزان تیامین افزوده شده، باقیمانده نیز افزایش می‌یابد. درصد کاهش تیامین در مرحله پخت در دامنه ۳۲/۲۱ - ۲۶/۲۸ در نوسان بود و تمام نمونه‌ها از نظر میانگین مقدار باقیمانده تفاوت معناداری به لحاظ آماری با یکدیگر نشان دادند ($P < 0.05$). در این مرحله با افزایش میزان غنی‌سازی، درصد افت تیامین کاهش یافت. اگر به نتایج تحقیق Watanabe و Dexter مراجعه گردد مشاهده می‌شود که کاهش ویتامینهای محلول در آب در فرایند پخت بالاست ولی در مطالعه حاضر با تغییر روش پخت شامل

کاهش حجم آب مصرفی برای پخت، استفاده از درپوش مناسب و ادامه حرارت دادن تا جذب تقریباً کامل آب توسط ماکارونی نتایج مطلوبتری حاصل شد. درصد کاهش ریبو فلاوین در فرایند تولید در محدوده ۴۷/۴۶ - ۳۶/۰۸ در نوسان بوده است. به طوری که در هر سه نمونه میانگین مقادیر باقیمانده تفاوت معناداری را به لحاظ آماری با یکدیگر نشان دادند ($P < 0.05$). از طرف دیگر با افزایش مقدار ریبو فلاوین افزوده شده درصد کاهش ویتامین تقلیل یافت. بنحویکه درصد کاهش ریبو فلاوین در فرمول ۱ و ۲ و نمونه شاهد تقریباً یکسان بود ولی در فرمول ۳ این روند به چشم نمی‌خورد که احتمالاً می‌تواند به خطای آزمایش مربوط باشد. نتایج مطالعات Watanabe نشان داد که با افزایش دمای فرایند میزان از دست رفتن ویتامین B₂ افزایش یافته است و بالاترین میزان کاهش ۲۶ درصد بوده است در حالی که در تحقیق حاضر بالاترین میزان کاهش ۴۷/۴۶ درصد بوده است که این اختلاف می‌تواند به تفاوت دمای مورد استفاده برای خشک کردن ماکارونی در این دو تحقیق مربوط باشد. اگر RDA ریبو فلاوین به طور متوسط ۱/۱ میلی گرم در روز در نظر گرفته شود، ۱۰۰ گرم ماکارونی غنی‌شده (خشک) پس از فرایند تولید در فرمولهای یک، دو و سه به ترتیب قادر به تامین ۱۸/۸۱، ۲۵/۰۹ و ۳۷/۲۶ درصد ریبو فلاوین توصیه شده خواهد بود. در فرایند پخت ماکارونی غنی‌سازی شده درصد کاهش ریبو فلاوین با افزایش میزان ویتامین افزوده شده کمتر شد (از ۲۸/۵۰٪ به ۲۰/۹۲٪). میزان ریبو فلاوین باقیمانده پس از مرحله پخت در این تحقیق از ۷۱/۵ تا ۷۹/۰۸ درصد بود. این نتایج با یافته‌های Watanabe که میزان باقیمانده ریبو فلاوین را ۴۹ - ۴۳٪ گزارش کرد [۶] و دکستر و همکاران که باقیمانده ریبو فلاوین را ۳۰٪ گزارش نمودند [۷] تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد که بی‌شک این بهبود وضعیت به بهینه‌سازی روش پخت باز می‌گردد در فرایند تولید ماکارونی غنی‌سازی شده، با افزایش مقدار نیاسین افزوده شده میزان اتلاف این ویتامین (از ۴۱/۸۶٪ تا ۲۳/۶۱٪) کاهش یافت. اساساً نیاسین نسبت به

به علت اهمیت حفظ قدرت خرید مصرف کنندگان با درآمد پایین استفاده از $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ به عنوان منبع آهن توصیه می شود. برای مطالعات آتی مقایسه روشهای مختلف فرایند تولید و بهینه سازی روشهای فرآوری و مقایسه روشهای مختلف اندازه گیری ویتامینها پیشنهاد می شود.

۶- منابع

- [۱] قاسمی، حسین. ۱۳۷۷. گزارش نهایی طرح امنیت غذا و تغذیه کشور- مطالعات الگوی برنامه ریزی و اجرا. انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، صفحات: ۱۹-۲۰.
- [2] Buzina, Ratko. 1988. Vitamins in food fortification. vitamin informations status paper, Human nutrition and health vitamins and fine chemicals Division: 6,20.
- [۳] حساس، محمدرضا. ۱۳۷۶. طرح مطالعات صنایع تبدیلی غذا- گزارش بررسی وضعیت موجود در صنایع ماکارونی با تحلیلی بر عملکرد سیاستها. طرح امنیت غذا و تغذیه کشور، مطالعات الگوی برنامه ریزی و اجرا، جلد اول، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور: صفحه ۲۰.
- [4] Kulp K, Ponte, Jr, 2000. Hanbook of Cereal Science and Technology. 2nd ed. Marcel Dekker, New York: 655-657, 677-704.
- [5] FAO Food and nutrition paper-60, 1997. Micronutrient fortification of food: technology and quality control (Annex 4). Report of an FAO technical meeting, Rome, Italy, 20-23 November 1995.
- [6] Watanabe E, Ciacco CF. 1990. Influence of processing and cooking on the retention of thiamine, riboflavin and niacin in spaghetti; Food Chemistry; 36: 223-231.
- [7] Dexter JE, Matsuo RR, and Morgan BC. 1982. Effects of processing conditions and cooking time on riboflavin, thiamine, and niacin levels in enriched spaghetti. Cereal Chemistry; 59(5): 328-332.
- [8] Eitenmiller, Ronald R. 1999. Vitamine Analysis for the Health and Food Sciences. CRC Press. U.S.A: 281-290, 359-360.
- [۹] قاضی زاده، میترا، رازقی، سید علیرضا. ۱۳۷۷. روشهای ارزیابی حسی مواد غذایی. انستیتو تحقیقات

حرارت، اکسیداسیون و قلیا پایدار است [۱۲]. نتایج این تحقیق با یافته های Watanabe که میزان اتلاف نیاسین در طی فرایند تولید را ۱/۵ برابر ریبوفلاوین گزارش نمود اختلاف دارد. با توجه به پایداری حرارتی ذکر شده، می توان به نتایج این تحقیق با نگاه مثبتی نگریست. با توجه به نتایج حاصله اگر RDA نیاسین به طور متوسط ۱۵ میلی گرم در روز به حساب آید، ۱۰۰ گرم ماکارونی غنی شده (خشک) پس از فرایند تولید در فرمولهای یک، دو و سه به ترتیب قادر به تامین ۲۰/۷۶، ۳۲/۱۳ و ۵۰/۶۲ درصد نیاسین توصیه شده خواهد بود. در فرایند پخت ماکارونی غنی سازی شده میزان اتلاف نیاسین ۳۷/۲۰-۲۹/۸۳ درصد بود. این نتایج با یافته های Watanabe که کاهش نیاسین را در ماکارونی پخته ۲۹-۳۴ درصد گزارش نموده است کاملاً همخوانی دارد [۶] ولی با یافته های Dexter و همکاران که بالاترین میزان نیاسین حفظ شده در فرایند پخت را ۴۸٪ گزارش نموده اند تفاوت دارد [۷].

ارزیابی حسی نمونه های غنی سازی شده با دو نوع ملح آهن و سایر ریز مغذیها نشان داد که میزان ریز مغذیهای افزوده شد تاثیر معناداری بر ویژگیهای حسی نمونه های غنی شده ندارد. اگر چه تغییراتی در اثر استفاده از ترکیبات آهن در رنگ محصول مشاهده شد ولی در مقایسه با نتایج سایر تحقیقات این پروژه نتیجه بهتری داشت.

۵- نتیجه گیری کلی پیشنهادات

نتایج این تحقیق نشان داد که غنی سازی ماکارونی با ویتامینهای B_1 ، B_2 ، نیاسین و آهن امکان پذیر است. اگر میانگین RDA ویتامینهای B_1 و B_2 و نیاسین به ترتیب ۱/۲ به ۱/۱ و ۱۵ میلی گرم در روز در نظر گرفته شود و هدف تامین حداقل ۳۰٪ نیاز بر مبنای ماکارونی خشک باشد فرمول پیشنهادی عبارت خواهد بود از ۱۱ میلی گرم تیامین هیدروکلراید، ۴/۸ میلی گرم ریبوفلاوین، ۷۵ میلی گرم نیاسین و ۲۸/۶ میلی گرم آهن در کیلوگرم آرد مصرفی.

- Chapman and Hall: 444-449 .
- [12] Passmore R, Eastwood MA. 1986. Human Nutrition and Dietetics, 8th ed. Churchill livingstone: 155.
- تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، صفحات: ۷۳-۷۰.
- [10] ISO 8587. 1988. Sensory analysis. Methodology-Ranking, first ed.
- [11] Lawless HT, Heymann H. 1998. Sensory Evaluation of Food-Principles and Practices.

Enrichment of Macaroni with Thiamine, Riboflavin, Niacin, and Iron, and Influence of Drying and Cooking on these Micronutrients

Ghazizadeh, M.^{1*}, Mazlomi, M.T.², Taleban, F.A.³, Golestan, B.⁴, Behnam Moradi, M.⁵, Abdollahi, M.⁶, Falahatpisheh, H.⁷, Fathe Ordobadi, F.⁸, Komaili Fonod, R.⁹, Chobdar, N.¹⁰, Akhtari, L.¹¹, Shafighi, S.A.¹²

1-Researcher, National Nutrition & Food Technology Research Institute (NNFTRI), Shahid Beheshti University of Medical Sciences (SBMU)

2-Msc Food Technology, 3-Professor, Faculty of Nutrition & Food Technology, SBMU, 4-Statistical Adviser, NNFTRI, 5-Head of Quality Control, Cereal Research Institute, 6-Assistant Professor, NNFTRI, 7- Researcher, NNFTRI, 8& 9-Lab Expert, NNFTRI, 10-Investigator, NNFTRI, 11-Bsc Microbiology, 12-Expert, NNFTRI

In this study macaroni was enriched at three levels with thiamine, riboflavin, niacin, and iron (as NaFeEDTA, 3H₂O and SO₄Fe, 7H₂O) in the range of 4.4-11, 2.64-4.8, 35.2-75, and 28.6-88mg/kg flour respectively. The influence of drying and cooking on the retention of these micronutrients were determined by HPLC. However, same effects on organoleptic characteristics of the samples were also evaluated by thirty in-house panelists.

After drying, retention of vitamins, B1, B2 and niacin, were 86.1- 87.32% , 52.54-63.92% and 58.14-76.39% and after cooking were 67.79-73.72%, 71.5-79.08% and 62.80-70.17% respectively. No significant difference was observed in organoleptic characteristics of enriched samples, but the differences between each enriched sample and reference sample were significant ($\alpha \leq 0.05$).

Regarding to the results of the research, enrichment of macaroni with 11mg thiamine, 4.8mg riboflavin, 75mg niacin and 28.6mg iron (SO₄Fe, 7H₂O) per Kg of flour weight, is recommended.

Key word: Enrichment, macaroni, thiamine, riboflavin, niacin

*Corresponding author E-mail address: mitra1956@yahoo.com