DOI: 10.22059/ijbse.2019.279148.665177 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸ (ص ۶۴۲-۶۳۳)

Nutritional Properties of a Complementary Baby Food Produced from Germinated Legumes

ANWAAR YASSER[1], KARAMATOLLAH REZAEI[2*], MARYAM SALAMI[3], SOURI OROUMEI[4]

1. Ph.D. Student, Department of Food Science, Engineering and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Professor, Department of Food Science, Engineering and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science, Engineering and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. M.Sc. Student, Department of Food Science, Engineering and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.

(Received: Apr. 14, 2019- Revised: June. 19, 2019- Accepted: June. 24, 2019)

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the protein quality of complementary baby food produced from germinated beans and mung bean and to assess the health and safety of the product in terms of storage and toxic metal content. The results showed that energy levels of this product were higher than the daily energy requirements recommended by WHO for infants in 2009. Copper content was higher in the control compared to that in GCBF. Chromium content was at 0.22 mg/kg in both formula (GCBF and the control). These levels are below the safety limits of trace elements recorded by specialized organizations. GCBF exhibited high levels of energy and quality of digestibility of proteins and possessed the highest amounts of amino acids. Therefore, the developed formula is suitable for children suffering from nutritional problems and nutrient deficiencies.

Key words: Beans, baby food, germination, malnutrition, protein malnutrition, nutritional quality

* Corresponding author's Email: krezaee@ut.ac.ir

خواص تغذیه‌ای مکمل غذای کودک تولید شده از حبوبات جوانه زده

انوار یاسر[۱]، کرامت الله رضائی[۲*]، مریم سلامی[۳]، سوری اورومئی[۴]

۱. دانشجوی دکترا، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۵- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۳/۲۹- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۴/۳)

چکیده

هدف از این مطالعه ارزیابی کیفیت پروتئین مکمل‌های غذایی تولیدشده از لوبیا و ماش جوانه‌زده و ارزیابی سلامت محصول از لحاظ خواص نگهداری و محتوای فلزات سمی است. نتایج نشان داد که سطوح انرژی این محصول بالاتر از میزان نیاز انرژی روزانه توصیه‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی برای نوزادان در سال ۲۰۰۹ می باشد. محتوای مس در محصول تولیدی پائین‌تر از میزان آن در نمونه شاهد بود. محتوای کروم در هر دو فرمول در سطح ۰/۲۲ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد که این سطوح و سطح مس پائین‌تر از سقف‌های مجاز مربوط به عناصر کمیاب ثبت شده توسط سازمان‌های تخصصی می‌باشد. مکمل غذایی تولید شده در این مطالعه دارای سطوح بالاتر انرژی، کیفیت بهتر هضم پروتئین و مقدار بیشتر اسید آمینه می‌باشد که به همین دلیل فرمول توسعه یافته حاضر می‌تواند برای کودکان مبتلا به مشکلات تغذیه‌ای و کمبود مواد مغذی مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: غذای کودک، جوانه‌زنی، حبوبات، سوءتغذیه، کمبود پروتئین، کیفیت مواد غذائی

مقدمه

مکمل‌های غذائی کودکان برای نوزادان در حال رشد به عنوان مکمل شیر مادر و به منظور تامین انرژی و پروتئین مورد نیاز مصرف می‌شوند (Qayyum, 2012). انواع مکمل‌های غذایی اهمیت ویژه‌ای در جهت افزایش رشد کودک دارند Temesgen, (2013). از ماه ششم تولد نوزاد، تغذیه با شیر مادر به تنهائی نمی‌تواند نیازهای انرژی نوزادان را برآورده کند. در نتیجه، استفاده از مکمل غذایی، مانند غذاهای نیمه جامد و جامد، همراه با شیر مادر ضروری است(Qayyum, 2012) . یک غذای کودک با کیفیت باید حاوی غلظت بالایی از مواد مغذی، ویسکوزیته پایین، چگالی توده، بافت مناسب و همچنین محتوای انرژی بالا، پروتئین و مواد ریزمغذی باشد و ضمنا باید بتواند براحتی هضم شود (Balasubramanian *et al.*, 2014).

مکمل‌های غذایی موجود برای نوزادان دارای سطوح پایینی از مواد مغذی پرمصرف و کم‌مصرف هستند که منجر به سوءتغذیه می‌شود و این یکی از مشکلات جدی در کشورهای در حال توسعه است. شدیدترین نوع سوءتغذیه، سوء تغذیه پروتئینی است که احتمالا از آغاز تاریخ بشر انسان‌ها درگیر آن بوده اند. این سوء تغذیه معمولاً زمانی که تغذیه کودکان از غذای مایع (شیر مادر) به مواد غذایی نیمه‌جامد یا کاملا جامد تغییر می‌کند بیشتر نمایان می‌شود (Aderonke *et al.*, 2014).

شیر و غلات منابع غنی از مواد مغذی هستند که معمولاً در تولید مکمل‌های غذایی کودک مورد استفاده قرار می‌گیرند (Aderonke *et al.*, 2014) اما عوارض گوناگونی مانند انواع آلرژی‌ها، بیماری عدم تحمل لاکتوز و اختلالات گلوتنی در روده به مصرف غلات خاص مربوط می‌شود. آلرژی‌های غذایی معمولاً در کودکی شروع می‌شوند اما می‌توانند در هر سنی عود کنند (Bazaz *et al.*, 2016).

نیاز به افزایش کیفیت مواد مغذی در مکمل های غذایی سنتی را نمی‌توان نادیده گرفت. در شرایط کنونی، بهترین روش بهبود تغذیه در کشورهای در حال توسعه تشویق مردم به استفاده از منابع پروتئین گیاهی ارزان قیمت و دردسترس مانند حبوبات در تغذیه کودکان است (Mahmoud, 2014). حبوبات در دوران باستان و در قرون وسطی استفاده می‌شدند اما بتدریج با غلات، سیب‌زمینی و غذاهای با منشا حیوانی جایگزین شدند (Erbersdobler *et al.*, 2017).

*نویسنده مسئول: krezaee@ut.ac.ir

افزایش استفاده از دانه ها و معرفی محصولات جدید بر پایه دانه‌ها که برای گروه‌های کم‌درآمد مقرون‌به‌صرفه هستند، استراتژی‌های مهمی در جهت کاهش فقر و سوءتغذیه به شمار می‌روند. وضعیت غذایی افراد را می‌توان با تشویق آن‌ها به استفاده از منابع پروتئین گیاهی ارزان و قابل دسترس از جمله حبوبات بهبود بخشید. در تغذیه کودک، سوءتغذیه ناشی از کمبود پروتئین یک بیماری بالینی است که با تغذیه و یا مصرف ناکافی پروتئین غذایی در زمانی که کودکان از شیر مادر به غذای نیمه‌جامد یا غذای کاملاً بزرگسال تغییر غذا می‌دهند، ایجاد می‌شود (Adebayo *et al.*, 2018). در طی این دوره، کودکان به‌علت رشد و افزایش نیازهای تغذیه‌ای، علاوه بر شیر مادر به غذای مکمل و پر کالری نیز نیاز دارند (Temesgen, 2013).

سازمان خواربار و کشاورزی (FAO[1]) در سال بین‌المللی حبوبات[2] (۲۰۱۶) اعلام کرد که حبوبات مکمل‌های غذایی فوق‌العاده ای برای نوزادان و خردسالان در جهت تامین نیازهای تغذیه‌ای روزانه آنها می‌باشد. حبوبات به طور مشخص دو برابر غلات کامل پروتئین دارند که منبع اصلی پروتئین در کشورهای در حال توسعه به شمار می روند (Foyer *et al.*, 2016).

روش‌های فرمولاسیون مکمل‌های غذایی عبارتند از جوانه‌زنی و سرخ‌کردن که می‌توانند قابلیت دسترسی مواد مغذی را با افزایش هضم و جذب مواد مغذی افزایش دهند. مکمل غذای کودک بر پایه دانه‌های جوانه‌زده منبع خوبی از اسیدهای آمینه ضروری است (Bazaz *et al.*, 2016; Ijarotimi & Keshinro, 2013).

بنابر این، هدف از این مطالعه بررسی امکان تولید مکمل غذای کودک فرموله شده با حبوبات جوانه‌زده و تجزیه و تحلیل عناصر سمی و اسیدهای آمینه برای تعیین کفایت مواد مغذی در رفع نیازهای نوزادان و کودکان است.

مواد و روش‌ها

مواد

دانه‌های ماش و لوبیای چشم‌بلبلی، پودر شکر، روغن نارگیل، جوش شیرین از بازار محلی کرج خریداری شد. پودر شیر خشک بدون چربی از شرکت لبنیاتی پگاه (تهران) تهیه شد. مشخصات پودر شیر خشک خریداری شده عبارت است از چربی حداکثر ۱/۵ درصد، پروتئین حداقل ۳۲ درصد، ماده خشک حداقل ۹۵ درصد، رطوبت حداکثر ۵ درصد و اسیدیته (بر حسب اسید لاکتیک) حداکثر ۱۶/۰ میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم درصد گرم روغن. پودر وانیل مورد استفاده محصول مجتمع صنایع غذایی گلها (تهران) بود.

آماده‌سازی دانه‌ها برای جوانه‌زنی

جوانه‌زنی دانه‌ها طبق روش Yasser *et al.* (2019) انجام شد. بدین منظور، دانه‌های ماش و لوبیا تمیز شده و به مدت ۱۲ ساعت در آب خیسانده شدند و سپس در یک بشقاب پلاستیکی پوشانده شده با حوله‌های کاغذی مرطوب قرار گرفتند و به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور با دمای ۲/۰ ± ۳۳/۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند تا عمل جوانه‌زنی انجام شود. پس از این مرحله، دانه‌های جوانه‌زده به مدت ۱۲ ساعت در آونی با دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک شده و سپس آسیاب شدند. به منظور دستیابی به یک آرد نرم، عمل آسیاب کردن چندین مرتبه انجام شد و سپس آرد به دست‌آمده الک گردیده و در داخل کیسه‌های پلی‌اتیلن در دمای ۴ درجه سلسیوس (در یخچال) نگهداری شد.

فرمولاسیون مکمل غذای کودک بر پایه دانه های جوانه زده[3]

نمونه‌های آرد بر اساس فرمولاسیون Cerelac™ (غذای کودک تولید شده توسط شرکت نستله ایران) تهیه شد. Cerelac™ حاوی برنج، شیر خشک و ساکارز غنی‌شده با مواد معدنی (آهن و روی) و ویتامین‌ث می‌باشد. اما مکمل مورد مطالعه به عنوان غذای کودک با استفاده از ۳۲ درصد آرد لوبیای جوانه‌زده و ۱۲ درصد آرد ماش جوانه‌زده تهیه و با ۳۶ درصد پودر شیر خشک، ۱۰ درصد روغن نارگیل و ۱۰ درصد ساکارز مخلوط شد. ترکیب مکمل غذایی تولید شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

تعیین آمینواسیدها

محتوای اسیدهای آمینه نمونه ها به کمک دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC[4]) تعیین شد. نمونه‌ها طبق روش Kenari *et al.* (2009) تهیه و سپس به HPLC (شرکت پرکین المر، سری ۲۰۰) مجهز به ستون C18 فنومنکس تزریق شدند. اسیدهای آمینه با استفاده از حلال‌های A (بافر استات سدیم ۰/۱۴ مولار در آب حاوی تری‌اتیل‌آمین به میزان ۰/۵ میلی لیتر در لیتر) و B (محلول ۶۰٪ استونیتریل در آب) به مدت ۱۵ دقیقه (با جریان ۰/۹ میلی لیتر بر دقیقه) از روی ستون جدا شدند. برنامه گرادیان فاز متحرک شامل شروع با مخلوط ۹۰٪ حلال A و ۱۰٪ حلال B و تغییر مقدار این حلال‌ها تا مخلوط ۴۹٪ حلال A و ۵۱٪ حلال B در مدت ۱۰ دقیقه می باشد که یک مرحله شستشوی ستون با استفاده از ۱۰۰٪ حلال B تا پاکسازی کامل آن ادامه داشت.

1 - Food and Agriculture Organization
2 - International Year of Pulses
3 Germinated Complementary Baby Food (GCBF)
4 - High-Performance Liquid Chromatography

جدول ۱- اطلاعات مواد مغذی برای مکمل غذای کودک در این مطالعه

شاخص	غذای کودک شاهد* (تجاری)			مکمل غذای کودک برپایه دانه های جوانه زده**		
	به ازای ۱۰۰ گرم نمونه	به ازای ۱۰۰ کیلوکالری	به ازای وعده ۵۰ گرمی	به ازای ۱۰۰ گرم نمونه	به ازای ۱۰۰ کیلوکالری	به ازای وعده ۵۰ گرمی
رطوبت(%)	۱/۷	۰/۳۹	۰/۸۵	۵/۷	۱/۳۸	۲/۸۵
کربوهیدرات(%)	۶/۹۶	۱۶/۲	۳/۵	۵۶/۹	۱۳/۸	۲۸/۴
پروتئین(%)	۱۵/۴	۳/۶	۷/۷	۲۲/۴	۵/۴۳	۱۱/۲
چربی(%)	۱۰	۲/۳	۵/۰	۱۱	۲/۵	۵/۵
خاکستر (%)	۳/۵	۰/۸۱	۱/۸	۴/۴	۱/۱	۲/۲
انرژی(kcal/100 g)	۴۲۹	۱۰۰	۲۱۵	۴۱۲	۱۰۰	۲۰۶
کلسیم (mg/kg)	۵۵۰۰	۲۸	۲۷۵۰	۶۱۰۰	۱۴۸۰	۳۰۵۰
آهن (mg/kg)	۹۷/۰	۲۲/۶	۴۸/۵	۵۵/۵	۱۳/۵	۲۷/۸
فسفر (mg/kg)	۴۴۰۰	۱/۲	۲۲۰۰	۵۱۳۳	۱۱۰۰	۲۵۶۶
ویتامین C (mg/100 g)	۰/۵	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۵
ویتامین D (IU/100 g)	۲۸۰	۶۵/۲	۱۴۰	۳۲۸/۷	۷۹/۸	۱۶۴/۳
ویتامین B_{12} (mg/100 g)	۱/۵	۰/۳۴	۰/۷۵	۱/۲	۰/۳	۰/۶

***فرمول نمونه شاهد: برنج، شیر خشک و مخلوط ساکارز غنی شده با مواد معدنی (آهن و روی) و ویتامین ث، بی کربنات سدیم و پودر وانیل**

****فرمول مکمل تولید شده بر پایه دانه های جوانه زده: آرد جوانه لوبیا ۳۲٪ (وزنی-وزنی) و آرد جوانه ماش ۱۲٪، پودر شیر خشک بدون چربی ۳۶٪، روغن نارگیل ۱۰٪ و شکر، بی کربنات سدیم و وانیل روی هم ۱۰٪.**

تعیین هضم‌پذیری پروتئین

هضم‌پذیری پروتئین با استفاده از روش Bintu *et al.* (2015) تعیین شد. بر اساس این روش، ۱ میلی‌لیتر محلول ۱۱ درصد تریپسین در ۳ لوله آزمایشگاهی جدا قرار داده شد و ۱ میلی‌لیتر محلول سدیم‌کلرید ۱ درصد به آنها اضافه شد و اجازه داده شد تا تعادل برقرار شود. سپس، به لوله‌های آزمایش ۱ میلی‌لیتر نمونه (با برچسب هضم‌پذیری در ۱ و ۶ ساعت) اضافه شد و واکنش در هر لوله آزمایش با اضافه کردن ۵ میلی لیتر فرمالین خنثی در ۶۰ دقیقه و ۶ ساعت خاتمه یافت. محتوای لوله آزمایش در ۳ دقیقه و در دمای ۱۰۸ درجه سلسیوس بر روی کاغذ صافی (واتمن شماره ۴۲) خشک شد. نیتروژن نمونه هضم‌نشده با روش کلدال تعیین شد.

(رابطه ۱)

$$\text{درصد هضم پذیری پروتئین} = \frac{\text{محتوای پروتئین 2} - \text{محتوای پروتئین 1}}{\text{محتوای پروتئین 1}}$$

که محتوای پروتئین ۱ پروتئین کل نمونه فرآوری نشده و محتوای پروتئین ۲ پروتئین کل نمونه پس از هضم با تریپسین است.

تعیین سطح انرژی

سطوح کل انرژی (بر حسب کیلوکالری در هر ۱۰۰ گرم نمونه) برای تمامی فرمول‌های غذایی طبق معادله ۲ محاسبه شد (Tufa *et al.*, 2016).

(رابطه ۲)

(محتوای کربوهیدرات × ۴) + (محتوای پروتئین × ۴) + (محتوای چربی × ۹) = سطح کل انرژی

تعیین مقدار تیوباربیتوریک اسید

به منظور اندازه گیری مقدار تیوباربیتوریک اسید، ۱۰ گرم نمونه در ۴۷/۵ میلی‌لیتر آب مقطر خیسانده شد و به آن ۳/۰-۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۴ نرمال اضافه شد تا pH آن به ۱/۵ برسد (Pearson, 1970). سپس، حجم آن با آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. در مرحله بعد، به یک بالن حجمی ۵۰۰ میلی لیتری انتقال یافت و به دستگاه تقطیر متصل شد و به آرامی حرارت دید تا در مدت زمان ۱۰ دقیقه به ۵۰ میلی‌لیتر برسد. سپس، ۵ میلی‌لیتر از مایع تقطیر شده به ۵ میلی‌لیتر معرف TBA در لوله آزمایش اضافه شد. نمونه شاهد شامل ۵ میلی لیتر معرف TBA و ۵ میلی‌لیتر آب مقطر بود. تمام لوله‌های آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب در حال جوش نگهداری شدند. بعد از سرد کردن با آب، جذب آنها در طول موج ۵۳۸ نانومتر قرائت شد و اندیس TBA طبق رابطه ۳ محاسبه شد:

(رابطه ۳)

$$TBA = 7.8 \times Absorbency$$

برای تهیه معرف TBA، ۰/۲۸۸۳ گرم از آن با اسید استیک گلاسیال ۹۰٪ به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید.

تعیین محتوای عناصر سمی

برای تعیین مقادیر کادمیوم، سرب، مس و کروم (Khan *et al.*, 2013) از دستگاه ICP-OES (مدل Arcos EOP از شرکت Spectro آلمان) مجهز به یک نبولایزر اصلاح‌شده با یک اسپری اتاق سیکلونی و مشعل نوع کوارتز محوری و یک آشکارساز خطی انجام شد. پارامترهای زیر اعمال شدند: جریان نبولایزر ۰/۷ لیتر بر دقیقه؛ تاخیر ثبات دستگاه ۵ ثانیه؛ سرعت نرمال ۱۵ دور بر دقیقه؛ سرعت سریع ۳۰ دور بر دقیقه؛ زمان کلی ۲۸ ثانیه و مولد فرکانس ۲۷/۱۲ مگاهرتز.

نتایج و بحث

سطح انرژی

جدول ۱ اطلاعات مواد مغذی غذای کودک تهیه شده از لوبیا، ماش و نمونه شاهد را نشان می‌دهد. اجزای فرمول‌ها و ارزیابی تغذیه در کار Yasser *et al.* (2019) مورد بحث قرار گرفت. این مطالعه سطح انرژی فرمول‌ها و میزان مشارکت مکمل غذایی را به نیاز روزانه انرژی نوزادان تعیین می‌کند.

علاوه بر شیر مادر، انرژی مورد نیاز در نوزادان ۶ تا ۸ ماه حدود ۲۰۰ کیلوکالری در روز، در نوزادان ۹ تا ۱۱ ماه ۳۰۰ کیلوکالری در روز و در کودکان ۱۲ تا ۲۳ ماه ۵۵۰ کیلوکالری در روز است.(WHO, 2009) در این مطالعه، سطوح انرژی GCBF (جدول ۱) بالاتر از مقادیر توصیه شده فوق است.

بر طبق تعریف WHO (2009) مکمل‌های غذایی باید سطوح انرژی بالاتری نسبت به شیر مادر (حداقل ۰/۸ کیلوکالری در هر گرم) داشته باشند که در این صورت مقدار کمی از آن برای پوشش خلا انرژی مورد نیاز است. به لحاظ کمی، حجم بیشتری از یک محصول غذایی مکمل با محتوای انرژی پایین‌تر مورد نیاز خواهد بود تا اینکه بتواند رشد و نمو ثابت نوزاد را بدون ایجاد هیچ‌گونه اثر زیان‌آور حفظ کند. همچنین، مکمل غذایی باید به همراه شیر مادر استفاده شود تا نیاز اضافی به دلیل رشد و نمو نوزاد جبران شود.(Ikujenlola & Ogunba, 2018)

در این تحقیق، سطوح انرژی برای مکمل غذای کودک بر پایه دانه‌های ماش و لوبیای جوانه‌زده ۴۱۲ کیلوکالری به ازای ۱۰۰ گرم نمونه تعیین شد. در حالیکه نمونه شاهد (مکمل تجاری سرلاک) دارای سطح انرژی ۴۲۹ کیلوکالری در ۱۰۰ گرم بود. هر دو سطوح انرژی بالاتری از مقادیر توصیه شده داشتند (جدول ۱). بر اساس اطلاعات به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که فرمول حاصله نیاز انرژی کودکان ۶ تا ۱۱ ماه را برآورده می‌سازد. همچنین، هر وعده این مکمل (۵۰ میلی‌گرم) سطح انرژی بالاتری از آنچه توسط WHO (2001) برای مکمل‌های غذایی تعیین شده (۱/۶-۰ کیلوکالری بر گرم) و نیز مقادیر انرژی بالاتری از شیر مادر با انرژی حدود ۰/۷ کیلوکالری در هر میلی‌لیتر داشت (WHO, 2002). برای کودکان که در حال رشد می باشند مکمل‌های دارای سطوح بالاتر انرژی ضروری می‌باشند. در مواردی، سوءتغذیه‌های ناشی از کمبود پروتئین مصرف مکمل‌های با سطوح پایین‌تر انرژی گزارش شده است.(Abeshu *et al.*, 2016)

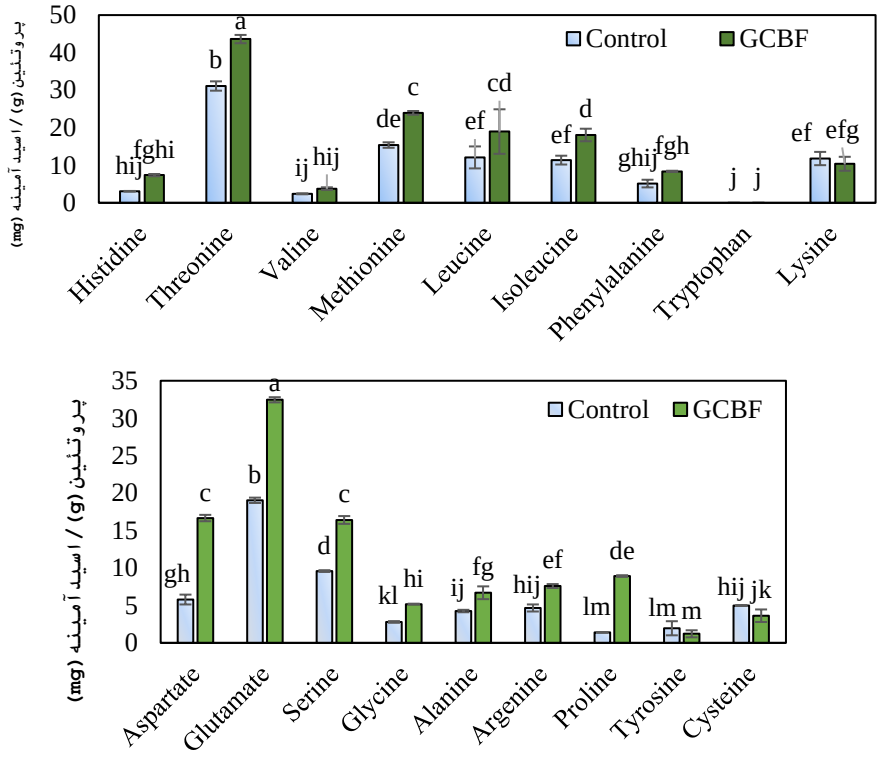
ترکیب آمینو اسید

سهم آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری موجود در پروتئین‌های غذای کودک در شکل ۱ نمایش داده شده است. ترکیب آمینواسیدهای این محصول سطوح بسیار بالاتری از آمینو اسید های ضروری (ایزولوسین، والین، لوسین، فنیل آلانین، هیستیدین، متیونین و ترئونین) را نسبت به نمونه شاهد نشان داد ولی میزان نسبی لیزین در فرمول فعلی در مقایسه با شاهد تغییر معنی داری نشان نمی دهد. اسیدهای آمینه اصلی در GCBF عبارت بودند از ترئونین و اسید گلوتامیک با مقادیر به ترتیب ۴۳ و ۱۹ میلی‌گرم در گرم. پایین‌ترین غلظت تیروزین ۱/۲۱ میلی‌گرم در گرم بود (شکل۱، ب). این یافته‌ها با گزارشات Fasuan *et al.* (2017) که مکمل غذای کودک را از مخلوط غلات (ذرت)، دانه روغنی (کنجد) و پلی‌پپتید حیوانی (خرچنگ) فرموله کردند و همچنین با یافته‌های (Ijarotimi1 & Keshinro, 2013) که مکمل غذای کودک را از ترکیبی از پاپ کورن تخمیر شده، ملخ آفریقایی و آرد دانه بادام زمینی تهیه کردند، هماهنگی دارد. سطوح آمینواسیدهای غیرضروری (اسید آسپارتیک، اسید گلوتامیک، سرین، گلایسین، آلانین، آرژینین و پرولین) به طور قابل توجهی افزایش یافت ولی مقادیر سیستئین و تیروزین در GCBF نسبت به نمونه شاهد کاهش نشان می دهد. تمام اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری در فرمول GCBF (شکل۱، ب) سطوح مورد نیاز مقادیر مرجع FAO/WHO را برآورده کردند FAO/WHO, (1998). همچنین، سطوح آمینواسیدهای ضروری در GCBF مطابق با استانداردهای توصیه شده ایرانی برای مکمل غذای کودک است.(ISCCF, 2003)

جدول ۲ میزان مشارکت مکمل غذای کودک در تامین نیاز روزانه اسید آمینه برای نوزادان را نشان می‌دهد. یک وعده غذایی (۵۰ گرم) از GCBF، ۹۰۳ میلی‌گرم ایزولوسین و ۹۴۸ میلی‌گرم لوسین را تامین می‌کند که بالاتر از میزان آن‌ها در نمونه شاهد است. بجز والین، سهم تمام اسیدهای آمینه بالا بود. به طور کلی، سهم آمینو اسید در هر دو فرمول از آنچه که توسط FAO/ WHO/UNU (2007) نشان داده شده، بالاتر بود. یک مکمل

غذایی کم هزینه، جایگزین مطلوبی برای محصولات وارداتی گران‌قیمت است. بنابراین، برای ارتقاء سطح پروتئین از رژیم‌های غذایی بزرگسال و شیرده، به طور فزاینده‌ای از حبوبات استفاده می‌شود (Uauy *et al.*, 2015). حبوبات به عنوان منابع پروتئینی عالی در تولید مواد غذایی تکمیلی برای کودکانی که منحصرا از شیر مادر تغذیه می‌کنند، به حساب می‌آیند. در صورت تهیه مناسب، محصولات مبتنی بر دانه‌ها کاملا قابل هضم و قابل تحمل توسط معده هستند.(Mahamoud, 2014)

محتوای پروتئین خام در دانه‌های جوانه‌زده ماش و لوبیا پس از ۴۸ ساعت جوانه‌زنی افزایش یافت که این یافته با مقادیر به دست آمده از میزان آمینواسیدهای اندازه گیری شده مطابقت دارد. Bazaz *et al.* (2016) و Ijarotimi & Keshinro (2013) نشان دادند که نمونه‌های غذای جوانه‌زده می‌تواند منبع خوبی از اسیدهای آمینه ضروری باشد.



شکل۱- سهم آمینواسیدهای ضروری (الف) و غیرضروری (ب) در پروتئین‌های غذای کودک
Control: مکمل غذای کودک تجاری به کار رفته در این مطالعه
GCBF: فرمول تهیه شده از ماش و لوبیای چشم بلبلی
a, b, c, d, …, k: علائم متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطوح آمینواسیدها می‌باشد ($p < 0.05$).

جدول ۲- سهم مشارکت اسیدهای آمینه مختلف در ۵۰ گرم از مکمل غذائی در تامین نیاز روزانه اسید آمینه نوزاد

اسید آمینه	نیاز روزانه (mg)*	میزان مشارکت اسیدآمینه در نمونه شاهد (mg)	میزان مشارکت اسیدآمینه در مکمل تولیدی (mg)
هیستیدین	۲۹۶	۱۵۳۷	۳۶۸
ایزولوسین	۲۶۷	۵۶۸	۹۰۳
لوسین	۵۴۲	۶۰۴	۹۴۸
لیزین	۴۴۷	۱۱۸۰	۵۰۰
ترئونین	۲۲۴	۳۱۱۱	۲۱۸۰
والین	۳۶۱	۲۳۹	۱۸۹
AAS	۲۲۴	۲۰۳۸	۱۳۷۹
ARM	۳۹۶	۷۰۸	۴۷۹

*آمینواسید مورد نیاز برای کودکان ۲۴-۱۲ ماهه (WHO/FAO, 2007) =AAS اسید آمینه حاوی گوگرد (متیونین + سیستئین)
ARM=اسید آمینه معطر (فنیل آلانین + تیروزین)

هضم پروتئین GCBF در آزمایشگاه

قابلیت هضم یکی دیگر از عوامل مهم برای پروتئین است (Frota *et al.*, 2017) و ممکن است به عنوان شاخصی از قابلیت دسترسی پروتئین در نظر گرفته شود (Afify *et al.*, 2012). قابلیت هضم پروتئین در رژیم‌های سنتی کشورهای در حال توسعه مانند هند، گواتمالا و برزیل به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر از پروتئین موجود در رژیم‌های معمولی آمریکای شمالی است (۵۴ تا ۷۸ درصد در مقابل ۸۸ تا ۹۴ درصد). رژیم‌های غذایی در کشورهای در حال توسعه دارای پروتئین‌هایی با قابلیت هضم پایین و سطوح بالایی از فیبرهای غیرقابل‌حل و عوامل ضداضطراب هستند. در این رژیم‌ها غلات آسیاب شده و دانه‌های حبوبات به عنوان منابع اصلی پروتئین استفاده می‌شوند که عامل هضم ضعیف پروتئین به شمار می‌روند (Gilani *et al.*, 2005). جدول ۳ هضم پروتئین GCBF را در شرایط آزمایشگاهی نشان می‌دهد. هضم پروتئین بعد از ۶ ساعت برایGCBF، ۸۹ درصد بود که کمی بالاتر از مقدار آن برای فرمول شاهد (۸۷ درصد) است. این افزایش هضم پروتئین پس از جوانه‌زنی ممکن است به علت کاهش ترکیباتی مثل تانن‌ها، مهارکننده‌های تریپسین و اسید فیتیک و یا تخریب ساختار پروتئین‌ها باشد. بر اساس یک مطالعه قبلی، نمونه‌ها در مقابل آنزیم پروتئولیتیک آسیب پذیرتر می‌گردند (Viswanathan & Ho, 2014).

Bazaz *et al.* (2016) نمونه محصولی با هضم بهتر و جذب بالاتر مواد غذایی تولید کردند. Bintu *et al.* (2015) مکمل غذایی بر مبنای ترکیبی از حبوبات و غلات تولید کردند. Sherrif (2017) رژیم غذایی سرشار از برنج تخمیرشده و پخته‌شده را به کار بردند. به‌طور کلی، تمام این مطالعات به این موضوع اشاره دارند که جوانه‌زنی قابلیت هضم حبوبات را با کاهش محتویات الیگوساکارید غیرقابل‌هضم بهبود می‌بخشد. در آزمایشگاه تست هضم پپسین توسط سیستم گوارش را بازسازی می‌کنند که به طور گسترده‌ای برای مطالعه تغییرات ساختاری، هضم‌پذیری و آزاد سازی اجزای مواد غذایی تحت شرایط شبیه‌سازی‌شده دستگاه گوارش استفاده می‌شود. آنزیم‌های گوارشی، نمک‌های صفراوی و موسین جزء مولکول‌های بیولوژیکی که بیشترین استفاده را در مدل هضم دارند در نظر گرفته می شوند (Afify *et al.*, 2012).

جدول ۳- قابلیت هضم پروتئین‌های مکمل غذائی در طول زمان ۱ و ۶ ساعت

فرمول	زمان (ساعت)	درصد هضم پروتئین
نمونه شاهد	۱	۵۰/۰ ± ۰/۰
	۶	۸۷/۰ ± ۰/۱
نمونه مبتنی بر دانه های جوانه زده	۱	۵۰/۰± ۰/۱
	۶	۸۹/۰± ۰/۱

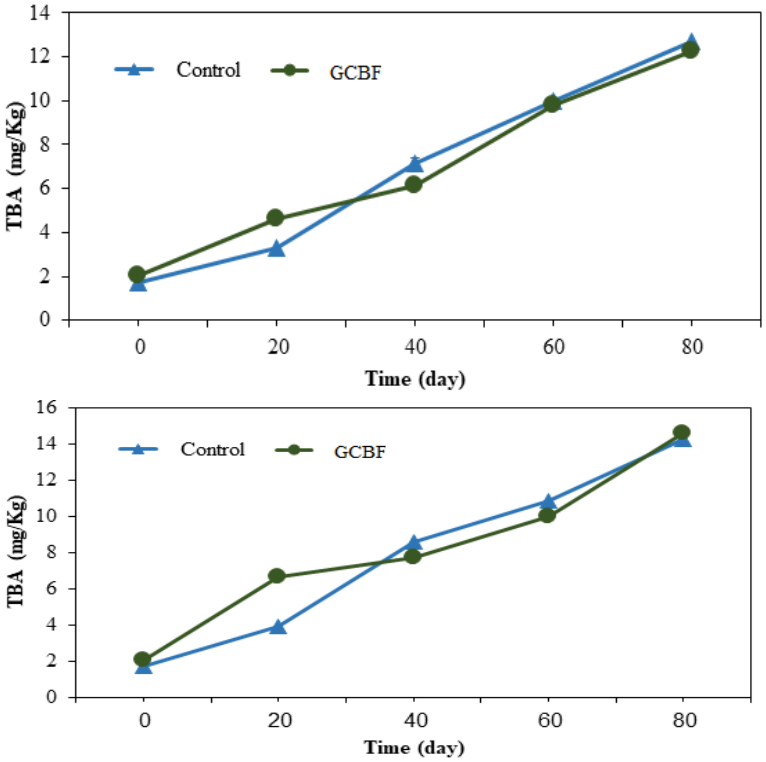
مقادیر تیوباربیتوریک اسید

شکل ۲ (الف و ب) مقادیر تیوباربیتوریک اسید برای مکمل تولیدی و شاهد را طی نگهداری به مدت ۸۰ روز در دو دمای ۴ و ۲۲ درجه سلسیوس نشان می‌دهد. مقدار تیوباربیتوریک اسید به طور قابل‌توجهی ($P<0.05$) در دماهای ۴ و ۲۲ درجه سلسیوس با ذخیره طولانی مدت افزایش یافت که نشان‌دهنده افزایش سطح مالون‌دی‌آلدهید ناشی از اکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده به علت مقدار بالای چربی در مکمل تولیدی و شاهد (۱۰ درصد) است. Khan *et al.* (2014) گزارش کردند که محتوای تیوباربیتوریک‌اسید در نان پرشده از سیب زمینی و پنیر در طول نگهداری به دلیل شکستن اسید های چرب طولانی زنجیر به قطعات کوچک‌تر و افزایش هیدرولیز چربی در دمای بالا، افزایش یافت.

مقادیر عناصر سمی

جدول ۴ مقادیر عناصر سمی در نمونه‌های مکمل تهیه‌شده از لوبیا و ماش اولیه و جوانه‌زده را نشان می‌دهد. سطوح کادمیوم، ارسنیک و سرب در میان نمونه‌ها به‌ترتیب با مقادیر کمتر از ۰/۰۵، کمتر از ۰/۲ و کمتر از ۰/۲ $mg\ kg^{-1}$ تفاوت معنی‌داری نداشت. نمونه فوق از حد ایمنی تعیین‌شده توسط مرجع ایمنی مواد غذایی اروپا (EFSA[1]) برای کادمیوم(2.5 mg/kg b.w./week) فراتر نرفت (EFSA, 2011). برای ارسنیک، EFSA مقادیر محدوده ایمنی را بین ۰/۳ تا ۸ µg/kg (b.w. per day) تعیین کرد. کمیسیون اروپا بیشترین سطح را برای سرب ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در فرمول کودک و فرمول مورد استفاده توسط Carbonell– Barrachina *et al.* (2012) تعیین کرد. در این مطالعه سطوح سرب و ارسنیک پایین‌تر از موارد گزارش شده‌ی Carbonell– Barrachina *et al.* (2012) در برنج و غذای کودک، هست. درصد کادمیوم در فرمول‌های توسعه‌یافته کمتر از میزان آن در برنج تجاری کودک و برنج خالص نوزاد برای چینی‌هاست که توسط Carbonell–Barrachina *et al.* (2012) تهیه شده و از آنچه توسط Mania *et al.* (2015) برای غذای تجاری کودک در لهستان ثبت شده، بالاتر است.

1. European Food Safety Authority



شکل۲- مقادیر تیوباربیتوریک اسید (TBA) در غذای کودک
در طول نگهداری به مدت ۸۰ روز در دماهای ۴ (الف) و ۲۲ درجه سلسیوس (ب)

محتوای مس در مکمل تهیه شده از ماش و لوبیای خام (به‌ترتیب ۱۱/۳ و ۱۲/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در مقایسه با مکمل ساخته شده از ماش و لوبیای جوانه‌زده طی ۴۸ ساعت (به‌ترتیب ۱۲/۴ و ۱۳/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) افزایش یافت. مقدار مس در محصول تولیدی کمتر از محتوای مس نمونه شاهد بود و ارزش آن بالاتر از مقدار ثبت شده توسط Carbonell–Barrachina *et al.* (2012) است. مقدار مس در مکمل تهیه شده نزدیک به مقدار گزارش شده توسط Carbonell–Barrachina *et al.* (2012) است. برای غذای نوزاد غنی‌سازی مواد معدنی همیشه به درستی در برچسب غذای نوزاد بیان نمی‌شود. غذای تجاری کودک نیز می‌تواند حاوی مقادیر قابل‌توجهی از مواد آلوده باشد. (Carbonell–Barrachina *et al.*, 2012)

محتوای کروم ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در هر دو فرمول (GCBF و شاهد) بود. این مقدار نزدیک به مقدار آن در برنج خالص نوزاد که در اسپانیا تولید شده است، پایین تر از مقدار آن در برنج خالص نوزاد در ایالات متحده آمریکا و بالاتر از مقدار آن در برنج خالص نوزاد در چین می‌باشد (Carbonell–Barrachina *et al.*, 2012). به طور کلی، مقادیر توصیه شده برای کروم ۳۰۰ و ۴۰۰ میکرو گرم در روز به‌ترتیب برای نوزادان ۱۱-۰ ماهه و ۲۳-۱۲ ماهه است (Stoecker, 2007).

جدول ۴- ترکیبات عناصر سمی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) لوبیا و ماش جوانه‌زده و مکمل غذای کودک

نمونه	مقادیر عناصر سمی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
	آرسنیک	کادمیم	سرب	مس	کروم
لوبیا اولیه	≤۰/۲	≤۰/۰۵	≤۰/۲	۱۱/۳±۰/۲	۰/۳±۰/۰
لوبیا جوانه زده	≤۰/۲	≤۰/۰۵	≤۰/۲	۱۲/۴±۰/۴	۰/۲±۰/۰
ماش اولیه	≤۰/۲	≤۰/۰۵	≤۰/۲	۱۲/۵±۰/۷	۰/۴±۰/۱
ماش جوانه زده	≤۰/۲	≤۰/۰۵	≤۰/۲	۱۳/۴±۰/۱	۰/۲±۰/۰
نمونه مبتنی بر دانه های جوانه زده	≤۰/۲	≤۰/۰۵	≤۰/۲	۳/۶±۰/۳	۰/۲±۰/۰
نمونه شاهد	≤۰/۲	≤۰/۰۵	≤۰/۲	۷/۷±۰/۶	۰/۲±۰/۰

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه ترکیب اسیدهای آمینه، قابلیت هضم‌پذیری پروتئین، و ایمنی مکمل غذای کودک تهیه شده از ماش و لوبیای جوانه‌زده مورد بررسی قرار گرفت. این مکمل بالاترین کیفیت، بالاترین قابلیت هضم پروتئین و بیشترین ایمنی را به لحاظ محتویات عناصر سمی نشان داد و همه اسیدهای آمینه ضروری مورد نیاز برای حمایت از رشد و نمو نوزادان را داشت. سطح انرژی این محصول ۴۱۲ کیلوکالری در هر ۱۰۰ گرم و قابلیت هضم‌پذیری پروتئین آن ۸۹ درصد می‌باشد. مقادیر فلزات سنگین کادمیم، ارسنیک و سرب به ترتیب کمتر از ۰/۰۵، ۰/۰۲ و ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مکمل تولیدی همه اسید آمینه‌های ضروری مورد نیاز برای حمایت از رشد و نمو نوزادان را داشت که به همین دلیل، به عنوان مکمل غذایی مناسب برای کودکان مبتلا به مشکلات تغذیه‌ای و کمبود انرژی و پروتئین توصیه می شود.

REFERENCES

Adebayo, F. O., & Balogun, M. A. (2018). Current trend in nutritional rehabilitation of pediatric protein energy malnutrition (PEM) in Sub-Sahara Africa: A Nigerian Case Study. *Rehabilitation Science*, *3*, 1-7.

Abeshu, M. A., Lelisa, A., & Geleta, B. (2016). Complementary feeding: review of recommendations, feeding practices, and adequacy of homemade complementary food preparations in developing countries–lessons from Ethiopia. *Frontiers in Nutrition*. *3*, 41.

Aderonke, A. M., Fashakin, J. B., & Ibironke, S. I. (2014). Determination of mineral contents, proximate composition and functional properties of complementary diets prepared from maize, soybean and pigeon pea. *American Journal of Nutrition and Food Science*, 1, 53–56.

Afify, A. E. M. M., El-Beltagi, H. S., El-Salam, S. M. A., & Omran, A. A. (2012). Protein solubility, digestibility and fractionation after germination of sorghum varieties. *PLOS One*, 7, e31154.

Balasubramanian, S., Kaur, J., & Singh, D. (2014). Optimization of weaning mix based on malted and extruded pearl millet and barley. *Journal of Food Science and Technology*, *51*, 682-690.

Bazaz, R., Baba, W. N., & Masoodi, F. A. (2016). Development and quality evaluation of hypoallergic complementary foods from rice incorporated with sprouted green gram flour. *Cogent Food & Agriculture*, *2*, 1-17.

Bintu, B. P., Hajjagana, L., Falmata, A. S., Modu, S., & Shettima, Y. (2015). Studies on the evaluation of the nutritional quality, chemical composition and rheological characteristics of a cereal fortified with legume as a weaning food blend. *International Journal of Biotechnology and Food Science*, *3*, 1-9.

Carbonell-Barrachina, Á. A., Wu, X., Ramírez-Gandolfo, A., Norton, G. J., Burló, F., Deacon, C., & Meharg, A. A. (2012). Inorganic arsenic contents in rice-based infant foods from Spain, UK, China and USA. *Environmental Pollution*, 163, 77-83.

Erbersdobler, H. F., Barth, C. A., & Jah-reis, G. (2017). Legumes in human nutrition. Nutrient content and protein quality of pulses. *Ernahrungs Umschau*, *64*, 134-139.

EFSA, (2011). EFSA panel on contaminants in the food chain. Scientific opinion: statement on tolerable weekly intake for cadmium. *European Food Safety Authority Journal*, 9(2): 1-19.

FAO/WHO (1998). Preparation and use of food-based dietary guidelines. Report of a Joint FAO/WHO Consultation. WHO Technical Report Series 880. Geneva.

FAO/ WHO/UNU (2007). Expert consultation on protein and amino acid requirements in human nutrition (2002: Geneva, Switzerland). Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. World Health Organ Tech Rep Ser; 935, 1–265.

Fasuan, T. O., Fawale, S. O., Enwerem, D. E., Uche, N., & Ayodele, E. A. (2017). Physicochemical, functional and economic analysis of complementary food from cereal, oilseed and animal polypeptide. *International Food Research Journal*, *24*,275-283.

Foyer, C. H., Siddique, K. H., Tai, A. P., Anders, S., Fodor, N., Wong, F. L. & Zabel, F. (2018). Modelling predicts that soybean is poised to dominate crop production across Africa. *Plant Cell and Environment*, 42, 373-385.

Frota, K. D. M. G., Lopes, L. A. R., Silva, I. C. V., & Arêas, J. A. G. (2017). Nutritional quality of the protein of Vigna unguiculata L. Walp and its protein isolate. *Revista Ciência Agronômica*, 48, 792-798.

Gawande, A. V., & Babar, K. P. (2018). Effect of malting and fermentation on the functional and rheological properties of sorghum flour. *Asian Food Science Journal.* 1, 1-4.

Gilani, G. S., Cockell, K. A., & Sepehr, E. (2005). Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *Journal of AOAC International*, 88 (3), 967-987.

Ijarotimi, O. S., Keshinro, O. O. (2013). Determination of nutrient composition and protein quality of potential complementary foods formulated from the combination of fermented popcorn, African locust and bambara groundnut seed flour. *Polish Journal of Food and Nutritional Sciences*. 63,155-166.

Ikujenlola A.V., Ogunba O.B. (2018). Potential complementary food from quality protein maize (*s L.*) supplemented with sesame (*sesamum indicum*) and mushroom (*oudemansiella radicata*). *Annals. Food Sciences and Technology.* 9 (3), 470-479.

Iranian standard certification complementary food. (2003). Iranian standard complementary food for infants and children based on processed cereal. Certification No. 2285 4th revision.

Kenari, A. A., Regenstein, J. M., Hosseini, S. V., Rezaei, M., Tahergorabi, R., Nazari, R. M., & Kaboli, S. A. (2009). Amino acid and fatty acid composition of cultured Beluga (*Huso huso*) of different ages. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, *18* (3), 245-265.

Khan, N., Jeong, I. S., Hwang, I. M., Kim, J. S., Choi, S. H., Nho, E. Y., and Kim, K. S. (2013). Method validation for simultaneous determination of chromium, molybdenum and selenium in infant formulas by ICP-OES and ICP-MS. *Food Chemistry*, *141*, 3566-3570.

Mahmoud, A. H., & Anany, A. M. E. (2014). Nutritional and sensory evaluation of a complementary food formulated from rice, faba beans, sweet potato flour, and peanut oil. *Food and Nutrition Bulletin*, *35*, 403-413.

Mania, M., ojciechowska, Mzurek, M., Starska, K., Rebeniak, M., Szynal, T., Strzelecka, A., & Postupolski, J. (2015). Toxic elements in commercial infant food, estimated dietary intake, and risk assessment in Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24, 2525-2536.

Pearson, D. (1970). The chemical analysis of foods (7th edition). Published by Chemical Publishing, New York.

Qayyum, M. M. N., (2012). Characterization and bio-evaluation of some indigenous legume protein isolates for complementary foods (Doctoral dissertation, National Institute of Food Science & Technology, University of Agriculture Faisalabad – Pakistan).

Sherrif, M. (2017). Studies on the nutritive value, antinutritional factors and in vitro protein digestibility of maize based food blend fortified with cowpea bambaranut. *EC Nutrition*, 10, 199-213.

Temesgen, M. (2013). Nutritional status of Ethiopian weaning and complementary foods: a review. *Open Access Scientific Report*, *2*, 1-9.

Tufa, M. A., Urga, K., Weledesemayat, G. T., & Mitiku, B. G. (2016). Development and nutritional assessment of complementary foods from fermented cereals and soybean. *Journal of Food Science and Nutrition*, 2: 014. **DOI:** 10.24966/FSN-1076/100014.

Uauy, R., Kurpad, A., Tano-Debrah, K., Otoo, G.E., Aaron, G.A., Toride, Y. T. & Ghosh, S. (2015). Role of protein and amino acids in infant and young child nutrition: protein and amino acid needs and relationship with child growth. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 61, S192–S194.

Vincent, J. (2007). The Nutritional Biochemistry of Chromium (III). First Edition. Elsevier Science. *Amsterdam, the Netherlands*, 3-55.

Viswanathan, K., & Ho, P. (2014). Fortification of white flour at bread with sprouted red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13, 27–34.

World Health Organization. (2001). Guiding principles for complementary feeding of the breastfed child. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2002). Complementary feeding: report of the global consultation, and summary of guiding principles for complementary feeding of breastfed child. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2009) . Infant and young child feeding: model chapter for textbooks for medical students and allied health professionals. Geneva: World Health Organization, 155, 1-79.

Yasser, A., Rezaei, K., & Salami, M. (2019). Germinated legumes (mung bean and cowpea) as potential commodities for preparing complementary baby foods. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 10 (1), in press.