

## Evaluation of aflatoxin content in pistachio, almond, hazelnut and walnut in Isfahan

Shakeri, Z.<sup>1</sup>, Rahimi, E.<sup>2\*</sup>, Shakerian, A.<sup>2</sup>

1. M.Sc Graduate of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

2. Professor of Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran; Research Center of Nutrition and Organic Products (R.C.N.O.P), Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

\*Corresponding Author's: ebrahimrahimi55@yahoo.com

(Received: 2016/10/23 Accepted: 2019/8/3)

### Abstract

Aflatoxins are a group of closely related carcinogenic metabolites produced by certain species of *Aspergillus*. The objective of this study was to detect the level of aflatoxin in nuts. A total of 80 samples of nuts including, pistachio (20), almond (20), hazelnut (20) and walnut (20) were collected and were analyzed (using HPLC) for aflatoxin B and aflatoxin G in Isfahan during 2016. The aflatoxins B1, B2, G1, G2, and total aflatoxin were found in 2.5%, 5.5%, 5.7%, 7.2%, and 10% of the analyzed sample (by an average concentration of 8.32, 5.635, 3.067, 1.705 and 10.375 ppb), respectively. The concentration of AFB1 in 66.67% and the concentration of AFT in 37.5% from positive samples were higher than the approved limit (5 ppm) of Iranian National Standard. The percentage of pistachio AF-positive nuts was significantly ( $p < 0.05$ ) more than other analyzed nuts (almond, hazelnut, and walnut). The results showed that contamination of nuts in Isfahan (especially pistachio) to aflatoxins was not satisfactory and can adversely affect the consumer's health.

**Conflict of interest:** None declared.

DOI:10.30495/JFH.2019.667054

«مقاله پژوهشی»

## بررسی میزان آفلاتوکسین در پسته، بادام، فندق و گردو در شهر اصفهان

زهرا شاکری<sup>۱</sup>، ابراهیم رحیمی<sup>۲\*</sup>، امیر شاکریان<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
  ۲. استاد گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران؛ مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
  ۳. استاد گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران؛ مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
- \*نویسنده مسئول مکاتبات: ebrahimrahimi55@yahoo.com  
(دریافت مقاله: ۹۵/۸/۲ پذیرش نهایی: ۹۸/۵/۱۲)

### چکیده

آفلاتوکسین‌ها، گروهی از متابولیت‌های ثانویه سرطان‌زا هستند که به وسیله برخی از گونه‌های کپک آسپرژیلوس تولید می‌شوند. این مطالعه با هدف تعیین وضعیت آلودگی مغزها به آفلاتوکسین‌ها انجام شد. در مجموع ۸۰ نمونه مغزها شامل پسته (۲۰)، بادام (۲۰)، فندق (۲۰) و گردو (۲۰) عرضه شده در شهرستان اصفهان در سال ۱۳۹۵ از نظر حضور آفلاتوکسین‌های B و G به وسیله روش HPLC آنالیز شدند. بر پایه نتایج مطالعه حاضر به ترتیب ۲/۵، ۵/۵، ۵/۷، ۷/۲ و ۱۰ درصد از نمونه‌ها به آفلاتوکسین‌های B1, B2, G1, G2 و Total آلوده بودند. میانگین غلظت آفلاتوکسین در نمونه‌ها به ترتیب ۸/۳۲، ۵/۶۳۵، ۳/۰۶۷، ۱۰/۳۷۵ و ۱۰/۷۰۵ میکروگرم در گرم بود. غلظت آفلاتوکسین B1 در ۶۶/۶۷ درصد نمونه‌ها و غلظت آفلاتوکسین کل در ۳۷/۵ درصد از نمونه‌های مثبت بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۵ ppb) بود. درصد آلودگی نمونه‌های پسته به آفلاتوکسین‌ها به‌طور معناداری ( $p < 0.05$ ) بیشتر از سایر مغزها (بادام، فندق و گردو) بود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد وضعیت آلودگی مغزها خصوصاً پسته به آفلاتوکسین‌ها مطلوب نبوده و می‌تواند سلامت مصرف‌کننده را به مخاطره اندازد.

واژه‌های کلیدی: پسته، بادام، فندق، گردو، آفلاتوکسین، HPLC

## مقدمه

امروزه محصولات گیاهی، انواع آجیل‌ها و مغزها در زمره غذاهای سالم قرار دارند و تقاضای بالایی برای مصرف آن‌ها وجود دارد. زیرا با وجود حجم کم، حاوی پروتئین بالا، چربی مفید، مواد معدنی و ریز مغذی‌های فراوان می‌باشند (Georgiadou et al., 2012) از طرفی آلودگی این محصولات با آفاتوکسین‌ها و سایر سموم باعث بروز نگرانی اساسی برای سلامت انسان شده است. آفاتوکسین‌ها یک گروه از متابولیت‌های ثانویه هستند که توسط *آسپرژیلوس فلاووس*، *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* و *آسپرژیلوس نومیوس* تولید می‌شوند. سموم قارچی به‌دنبال رشد این کپک‌ها بر روی محصولات مختلف از جمله مغزها، دانه کتان، ذرت، ادویه‌جات و غلات (در صورت مناسب بودن شرایط) تولید خواهند شد (EI tawila et al., 1992; Cheraghali et al., 2007; Feizy et al., 2010). عوامل زیادی در میزان رشد قارچ‌ها بر روی مغزها و به‌دنبال آن، تولید آفاتوکسین نقش دارند که می‌توان به درصد مواد مغذی در محصول، رطوبت و دمای محل نگهداری، زمان برداشت و وجود یا عدم وجود پوسته بر روی محصول اشاره نمود (Cheraghali Feizy et al., 2010; et al., 2007; EI tawila et al., 1992).

آفاتوکسین B1 از نظر آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) در گروه اول مواد سرطان‌زا قرار دارد و بر اساس مطالعات انجام شده باعث هیپاتیت حاد و سرطان کبد می‌شود (EI Tawila et al., 1992; Li et al., 2001; Park et al., 2004). اگرچه انواع آفاتوکسین G<sub>1</sub>، G<sub>2</sub> و B<sub>2</sub> هنوز در گروه اصلی مواد سرطان‌زا قرار ندارند اما از پتانسیل مسمومیت غذایی

بالایی برخوردارند (EI tawila et al., 1992). کمیسیون اروپا در سال ۱۹۹۸ محدوده خطرزا را به‌ترتیب برای آفاتوکسین کل و آفاتوکسین B<sub>1</sub> در انواع غلات و مغزها ۴ و ۲ میکروگرم بر کیلوگرم بیان نمود. سازمان JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) پتانسیل سرطان‌زایی آفاتوکسین و ارتباط آن با دریافت این متابولیت را تخمین می‌زند. بر پایه گزارشات این سازمان در کشورهای اروپایی سطح آلودگی مواد غذایی به آفاتوکسین پایین است و حدود ۱ درصد مردم به هیپاتیت B مبتلا می‌شوند و در هر ۱۰۰ هزار نفر، ۴۱ مورد سرطان دیده می‌شود. حال اگر استاندارد از ۵ ppb به ۱۰ ppb افزایش یابد، به ۳۹ مورد سرطان در هر ۱۰۰ هزار نفر افزایش می‌یابد (Arino et al., 2009). مقاومت به حرارت و حلالیت در محیط‌های قطبی، باعث شده حذف کامل آفاتوکسین‌ها از مواد غذایی مشکل باشد ولی تلاش‌های زیادی برای سم‌زدایی آفاتوکسین به روش‌های بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی انجام گرفته است (Arrus et al., 2005). از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از حرارت بسیار بالا، اشعه دهی، ترکیبات فنلی و استخراج سم با استفاده از حلال اشاره کرد (Arrus et al., 2005). لذا مهم‌ترین راه پیشگیری از مسمومیت با آفاتوکسین‌ها جلوگیری از رشد قارچ و تولید مایکو توکسین‌ها در سطح محصولات می‌باشد. ارزش تجاری و تغذیه‌ای بالای مغزها و از طرفی سمیت بالای آفاتوکسین‌ها باعث شد، مطالعات زیادی در جهان به خصوص ردیابی و پایش این سموم در مواد غذایی انجام پذیرد، با این وجود مطالعات محدودی در خصوص بررسی آلودگی مغزها مختلف در ایران (به

استثناء پسته) انجام شده است، لذا مطالعه حاضر با هدف تعیین غلظت آفلاتوکسین‌های مختلف در پسته، بادام، فندق، گردو به روش HPLC انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### - روش نمونه‌گیری

به منظور تعیین غلظت آفلاتوکسین در مغزها، تعداد ۸۰ نمونه در سال ۱۳۹۵ از انواع مغزها شامل پسته (۲۰)، بادام (۲۰)، گردو (۲۰) و فندق (۲۰) به صورت تصادفی ساده از مراکز تهیه و توزیع این مغزها در شهرستان اصفهان نمونه‌گیری شد. در هر مرحله نمونه‌گیری از هر محصول، نیم کیلوگرم اخذ شد.

### - تعیین مقدار آفلاتوکسین در نمونه‌ها

نمونه‌ها آسیاب شدند و ۲ گرم نمونه آسیاب شده با ۶ گرم آب مقطر مخلوط شده، سپس به آن ۱ گرم از NaCl، ۲۴ میلی‌لیتر MeOH ۱۰۰ درصد و ۱۵ میلی‌لیتر n-هگزان نرمال (Merk, Germany) ۱۰۰ درصد اضافه کرده و به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط شد. در ادامه با کاغذ صافی معمولی آن را صاف کرده تا n-هگزان از آن جدا شود. به ۹ میلی‌لیتر از محلول فیلتر شده، ۴۱ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات (PBS) اضافه و به شدت تکان داده شد. سوسپانسیون حاصله از کاغذ صافی GFF عبور داده شد. ۵۰ میلی‌لیتر از عصاره رقیق شده از ستون

ایمونوآفینیتی با سرعت یک قطره در ثانیه عبور داده شد. (فاز متحرک عبارت بود از استونیتریل: متانول: آب با نسبت ۱۷:۲۹:۵۴) سپس ستون با ۱۵ میلی‌لیتر PBS شستشو شد. ستون با عبور فشار ملایم هوا به مدت ۱۵- ۱۰ ثانیه خشک و ۵۰۰ میکرولیتر MeOH-HPLC به ستون اضافه و در ویالی جمع‌آوری شد. پس از ۱ دقیقه توقف مجدداً ۷۵۰ میکرولیتر MeOH-HPLC به ستون اضافه و در ویالی جمع‌آوری شده این عمل برای بار سوم تکرار شد و نهایتاً محلول جمع‌آوری شده با ورتکس مخلوط شد. در صورت وجود کدورت با صافی ۰/۴۵ میکرومتر صاف شد. ۳۰۰ میکرو لیتر از محلول حاصل به دستگاه HPLC تزریق شد و مقدار آفلاتوکسین با دکتور فلورسانس با مشخصات،  $em=435$ ،  $\lambda_{exc}=365$ ،  $Gain=1000$ ،  $attn=16$  تعیین گردید. تعیین مقدار از طریق مقایسه سطح زیر منحنی نمونه‌ها و استانداردها با احتساب ضریب رقت ۵۴ صورت پذیرفت (Feizy et al., 2010).

### - تعیین درصد ریکاوری

جهت تعیین درصد ریکاوری، ۲۰۰ میکرولیتر از نمونه‌های استاندارد آفلاتوکسین  $B_1$  و  $G_1$  با غلظت ppm ۵ و نمونه‌های استاندارد آفلاتوکسین  $B_2$  و  $G_2$  با غلظت ppm ۱ به دستگاه HPLC تزریق شد، که نتایج حاصل از آن در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱) - مطالعه درصد بازیافت نمونه‌های آلوده شده به آفاتوکسین  $G_2, G_1, B_2, B_1$

آفاتوکسین	غلظت آفاتوکسین اضافه شده به نمونه (ppb)	درصد ریکاوری
B1	۵	۱۱۲/۵
B2	۱	۱۰۶/۹
G1	۵	۱۱۴/۸
G2	۱	۱۰۹/۳
total	۱۲	۱۱۲/۷

HPLC تعیین شد و معادله خط و ضریب رگرسیون

مربوط به استانداردهای آفاتوکسین‌ها مشخص شد.

- تعیین صحت دستگاه HPLC

در جدول (۲) شاخص‌های LOD و LOQ برای

آفاتوکسین‌های  $B_1, B_2, G_1, G_2$  توسط دستگاه

جدول (۲) - صحت آزمون جهت آفاتوکسین‌های موجود در نمونه‌ها به وسیله دستگاه HPLC

آفاتوکسین	LOD	LOQ	معادله خط	$R^2$
B1	۰/۰۲۰	۰/۳۶۰	$y = 3E+07x - 18092$	۰/۹۹۹
B2	۰/۰۰۴	۰/۰۷۲	$y = 3E+07x - 1848$	۰/۹۹۸
G1	۰/۰۲۰	۰/۳۶۰	$y = 1E+07x - 49473$	۰/۹۹۸
G2	۰/۰۰۴	۰/۰۷۲	$y = 2E+07x - 9853$	۰/۹۹۶

LOQ = 10 sxy/slop      And      LOD = 3.3 sxy/slop

- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (V18) و

آزمون‌های آماری ANOVA (تحلیل واریانس یک‌طرفه)

و توکی تحلیل شدند.

یافته‌ها

نتایج مطالعه حاضر به‌طور خلاصه در جداول (۳) تا

(۵) آورده شده است.

جدول (۳) - نتایج میزان غلظت آفاتوکسین B1 در نمونه‌های پسته، بادام، فندق و گردو

نمونه آلوده	تعداد	تعداد (درصد)	میان	میانگین	انحراف معیار	محدوده آلودگی	تعداد نمونه‌های بالاتر از حد استاندارد (ppb 5)
پسته	۲۰	۳ (۱۵)	۷/۹۳	۷/۳۴	۶/۷۷۴	(۰/۲۹-۱۳/۸۰)	۲
بادام	۲۰	۱ (۵)	۳/۴۳	۳/۴۳	۰	۳/۴۳	۰
فندق	۲۰	- (۰)	-	-	-	-	-
گردو	۲۰	۲ (۱۰)	۱۲/۲۳۵	۱۲/۲۳۵	۱۰/۰۶۲	(۵/۱۲-۱۹/۳۵)	۲
مجموع	۸۰	۶ (۷/۵)	۶/۵۲۵	۸/۳۲	۷/۰۷۷	(۰/۲۹-۱۹/۳۵)	۴

فراوانی را داشته است (۱۵ درصد). در صورتی که هیچ

یک از نمونه‌های فندق آلوده به آفاتوکسین B1 نبود.

همان‌طور که نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد

نمونه‌های پسته از نظر وجود آفاتوکسین B1 بیشترین

جدول (۴) - نتایج میزان غلظت آفلاتوکسین B<sub>2</sub> در نمونه های پسته، بادام، فندق و گردو

نمونه	تعداد	تعداد (درصد) نمونه‌های آلوده	میان (ppb)	میانگین (ppb)	انحراف معیار	محدوده آلودگی (ppb)
پسته	۲۰	۱ (۵)	۴/۱۹	۴/۱۹	۰	(۴/۱۹)
بادام	۲۰	- (۰)	-	-	-	-
فندق	۲۰	- (۰)	-	-	-	-
گردو	۲۰	۱ (۵)	۷/۰۸	۷/۰۸	۰	(۷/۰۸)
مجموع	۸۰	۲ (۲/۵)	۵/۶۳۵	۵/۶۳۵	۱/۰۸۴	(۴/۱۹-۷/۰۸)

همان‌طور که نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد بیشترین فراوانی را دارا بودند (۵ درصد) و هیچ یک از نمونه‌های پسته و گردو از نظر وجود آفلاتوکسین B<sub>2</sub> نبودند.

جدول (۵) - نتایج میزان غلظت آفلاتوکسین G<sub>1</sub> در نمونه‌های پسته، بادام، فندق و گردو

نمونه	تعداد	تعداد (درصد) نمونه‌های آلوده	میان (ppb)	میانگین (ppb)	انحراف معیار	محدوده آلودگی (ppb)
پسته	۲۰	۳ (۱۵)	۳/۸۱	۳/۹۹۷	۰/۹۴۳	(۲/۳۶)
بادام	۲۰	۱ (۵)	۲/۳۶	۲/۳۶	۰	(۰/۱۷)
فندق	۲۰	۱ (۵)	۰/۱۷	۰/۱۷	۰	(۳/۸۸)
گردو	۲۰	۱ (۵)	۳/۸۸	۳/۸۸	۰	(۳/۸۸)
مجموع	۸۰	۶ (۷/۵)	۳/۰۸۵	۳/۰۶۷	۲/۹۴۱	(۰/۱۵-۸/۰۳)

با توجه به جدول (۵) در همه انواع نمونه‌های مورد بررسی اعم از پسته، بادام، فندق و گردو این توکسین مشاهده شد و پسته از نظر وجود آفلاتوکسین دارای بیشترین میزان آلودگی (۳ درصد)، با غلظت ۸/۰۳ بود.

جدول (۶) - نتایج میزان غلظت آفلاتوکسین G<sub>2</sub> در نمونه های پسته، بادام، فندق و گردو

نمونه	تعداد	تعداد (درصد) نمونه‌های آلوده	میان (ppb)	میانگین (ppb)	انحراف معیار	محدوده آلودگی (ppb)
پسته	۲۰	۱ (۵)	۰/۸۳	۰/۸۳	۰	(۰/۸۳)
بادام	۲۰	- (۰)	-	-	-	-
فندق	۲۰	- (۰)	-	-	-	-
گردو	۲۰	۱ (۵)	۲/۵۸	۲/۵۸	۰	(۲/۵۸)
مجموع	۸۰	۲ (۲/۵)	۱/۷۰۵	۱/۷۰۵	۱/۸۰۷	(۰/۸۳-۲/۵۸)

با توجه به نتايج جدول (٦) با بيشترين آلودگى آفلاتوکسین G<sub>2</sub> مربوط به نمونه گردو با ٢/٥٨ و کمترین آلودگى مربوط به نمونه پسته با ٠/٨٣ ppb بود.

جدول(٧)- نتايج ميزان غلظت آفلاتوکسین کل در نمونه های پسته، بادام، فندق و گردو

نمونه	تعداد	تعداد (درصد) نمونه‌های آلوده	میانگین (ppb)	میانگین (ppb)	انحراف معیار	محدوده آلودگى (ppb)
پسته	٢٠	٤ (٢٠)	١١/٠٦	٠/٧٥٧	(٠/١٥-١٦/٧٦)	١
بادام	٢٠	١ (٥)	٥/٧٩	٥/٧٩	(٥/٧٩)	٠
فندق	٢٠	١ (٥)	٠/١٧	٠/١٧	(٠/١٧)	٠
گردو	٢٠	٢ (١٠)	١٩/٠١	١٩/٠٠٥	(١٨/٦٦-١٩/٣٥)	٢
مجموع	٨٠	٨ (١٠)	١١/٠٦	١٠/٣٧٨	(٠/١٥-١٩/٣٥)	٣

نتايج جدول (٧) نشان می‌دهد که در همه انواع نمونه‌های مورد بررسی آفلاتوکسین کل مثبت بودند. نمونه پسته از نظر وجود آفلاتوکسین کل دارای بیشترین میزان آلودگى و نمونه‌های بادام و فندق با ٥ درصد کمترین میزان آلودگى به آفلاتوکسین کل را نشان دادند. طبق استاندارد ملی ایران، بیشینه آفلاتوکسین کل مورد پذیرش ١٥ ppb می‌باشد. از بین نمونه‌های مورد بررسی از ٨ نمونه آلوده، ٣ نمونه بالاتراز محدوده استاندارد ایران بود. با توجه به آزمون ANOVA اختلاف آماری معناداری ( $P < ٠/٠٥$ ) بین میانگین آلودگى انواع مغزها به آفلاتوکسین کل وجود نداشت (ISIRI, 5925).

### بحث و نتیجه گیری

بدون شک معضل اصلی و مهم کشور در عرصه صادرات مغزى جات به خصوص پسته، آلودگى این محصول به قارچ آسپرژیلوس فلاووس و سم حاصل از آن می‌باشد (Kenneth *et al.*, 2007). آلودگى پسته به آفلاتوکسین می‌تواند این منبع درآمد ارزی را تهدید

نموده و ما را از رقابت در بازار جهانی باز دارد. در مطالعه‌ای مشخص گردید که حضور آفلاتوکسین در پسته اثر منفی بر قیمت این محصول در بازار داشته است (Abdolahi-Ezzatabadi, 2011). اگرچه در سال‌های گذشته تا به حال مطالعات فراوانی در خصوص ارزیابی حضور آفلاتوکسین در مواد غذایی در ایران انجام شده است، اما این مطالعات عمدتاً بر روی پسته جهت ارزیابی آفلاتوکسین B<sub>1</sub> بوده است و بر روی سایر مغزى جات از جمله گردو، بادام و فندق مطالعات محدود است. در این مطالعه ٨٠ نمونه مغزى جات شامل پسته، فندق، بادام و گردو از نظر حضور آفلاتوکسین‌های B<sub>2</sub>، G<sub>1</sub>، G<sub>2</sub> و B<sub>1</sub> به روش HPLC مورد آزمایش قرار گرفتند. نتايج بدست آمده حاکی از این بود که در بین تمام مغزى جات، مغز پسته با وجود ٤ نمونه آلوده، دارای بیشترین آلودگى آفلاتوکسین بود که احتمالاً به دلیل شکل دهان باز بودن یا بسته بودن پسته و شرایط نگهداری و انبارمانی آن می‌باشد. در مجموع غلظت آفلاتوکسین B<sub>1</sub> در ٤ نمونه (٥ درصد) از ٨٠ نمونه

۱۶/۶ تا ۷۱۱ متغیر بود (Leong et al., 2010). در مطالعه‌ای با جمع آوری ۱۸۰ نمونه از مغزیجات و میوه‌جات خشک شامل گردو، بادام، پسته، زردآلو خشک، انجیر خشک، کشمش، بادام زمینی و فندق به تعیین آفلاتوکسین با استفاده از روش HPLC در پاکستان پرداختند. در این نمونه‌ها، یک نمونه بادام زمینی با ۱۴/۵ میکروگرم بر کیلوگرم و یک نمونه پسته با ۱۴ میکروگرم بر کیلوگرم دارای بیشترین آلودگی بودند و در کل از بین ۱۰ نمونه گردو بررسی شده، ۷ نمونه آلوده بودند (Luttfullah and Hussain, 2011). در مطالعه‌ای در ایران ۱۴۲ نمونه مغزیجات (پسته، گردو و فندق) را جمع‌آوری کرده و با روش HPLC و ELISA میزان آفلاتوکسین موجود در آن‌ها را ارزیابی کردند که فقط در ۱۳ نمونه پسته، آلودگی بیشتر از حد مجاز استاندارد ایران بود (Shadbad et al., 2012). در مطالعه‌ای دیگر در ایران حدود ۸۲۰۳ نمونه مغز پسته را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که میانگین آفلاتوکسین موجود، ۲/۱۸ ppb می باشد (Dini et al., 2009-2011). نتایج مطالعات حاضر حاکی از آن است که غلظت آفلاتوکسین‌ها و مغزیجات نسبت به مطالعات قبلی در وضعیت بهتری قرار دارد. بررسی تأثیر دما، رطوبت محیط و رطوبت محصول در تولید آفلاتوکسین حاکی از آن است که نمونه‌هایی که در دمای ۲۵-۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۹۷ درصد انبارداری شده بوده‌اند، دارای بیشترین آفلاتوکسین کل بودند و در پایان دریافتند که با افزایش دما، رطوبت محیط و رطوبت محصول، تولید آفلاتوکسین افزایش خواهد یافت (Arrus et al., 2005). نتیجه مطالعه مشابهی در کشور پرتغال، بر روی مایکوتوکسین‌های بادام و شاه بلوط

مغزیجات آزمایش شده بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۵ ppb) بود و از نظر وجود آفلاتوکسین کل، ۳/۷۵ درصد آلودگی بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۱۵ ppb) بود. محدود آلودگی در بین مغزیجات از ۰/۱۵ ppb تا ۱۹/۳۵ ppb متغیر بود. به‌طور مشابهی مطالعات نشان می‌دهد از بین مغزیجات، مغز پسته دارای بالاترین خطر آلودگی به آفلاتوکسین را دارد (Pittet, 1998). هم‌چنین مطالعه‌ای بر روی از ۳۳۵۶ نمونه پسته انجام شد، نتایج نشان داد ۱۱/۸ درصد از نمونه‌ها دارای سطح آفلاتوکسین بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بودند (Cheraghali et al., 2007). در پژوهشی، اندازه‌گیری مقادیر آفلاتوکسین در ۱۰۰ نمونه مغزیجات و میوه‌جات خشک شده در مراکش نشان داد که از بین نمونه‌های مورد مطالعه، یک نمونه گردو با ۲۵۰۰ ppb و یک نمونه پسته با ۱۴۳۰ ppb دارای بالاترین آلودگی بودند و به ترتیب ۵ درصد و ۲۰ درصد نمونه‌های پسته و گردو دارای میزان آفلاتوکسین بالاتر از استاندارد اروپا بودند (Juan et al., 2008). بررسی ۸۵ نمونه مغزیجات (بادام زمینی، گردو، بادام، پسته و مغز آفتابگردان) در کشور کره جنوبی نشان داد، میزان آفلاتوکسین در نمونه‌ها از ۰/۰۸ تا ۱/۲۵ میکروگرم بر کیلوگرم متغیر بوده است. در این نمونه‌ها آفلاتوکسین B<sub>2</sub> دارای بیشترین مقدار و آفلاتوکسین G<sub>1</sub> دارای کمترین مقدار بود (Chun et al., 2007).

در مطالعه‌ای در تانزانیا دریافتند که ۵۲/۵ درصد از نمونه‌های پسته مورد بررسی در کشور دارای آفلاتوکسین در حدود ۲۱/۵ ppb می باشد (Ghali et al., 2009). مطالعه‌ای در مالزی نیز ۱۹۶ نمونه مغزیجات را مورد بررسی قرار دادند. محدوده‌ی آلودگی از ppb

استفاده از آفت‌کش‌های مورد نیاز، زمان برداشت مناسب، برداشت مکانیزه محصول، خشک کردن محصولات طی شرایط بهداشتی و رعایت شرایط انبارداری (دما و رطوبت) و حمل و نقل آلودگی مغزی‌جات به خصوص پسته به آفلاتوکسین کاهش چشم‌گیری خواهد داشت. بنابراین لازم است برای بازارپسندی بهتر مغزی‌جات در ایران و صادرات آن‌ها استانداردهایی بین‌المللی به‌خوبی رعایت شود.

### تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

نشان داد که شرایط کاشت، برداشت و انبارداری نامناسب باعث آلودگی سریع این محصولات به آفلاتوکسین می‌شود (Rodrigues *et al.*, 2012). در همین سال، در مطالعه‌ای دیگر، درختان پسته را در زمان رسیدن، برداشت، خشک کردن و انبارداری بررسی کردند و دریافتند که بیشترین آلودگی مربوط به نمونه‌هایی بوده است که در زمان برداشت قرار داشتند، (Georgiadou *et al.*, 2012).

با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان به این جمع‌بندی رسید که وضعیت آلودگی مغزی‌جات خصوصاً پسته به آفلاتوکسین‌ها در مطالعه حاضر از نظر بهداشت و ایمنی مواد غذایی مطلوب نبوده و می‌تواند سلامت مصرف‌کننده را به مخاطره اندازد. لذا با اجرای برنامه‌های پیشگیری از آلودگی به آفلاتوکسین مثل

### منابع

- Abdolahi-Ezzatabadi, M. (2011). Pistachio market, price, Quality, Hedonic pricing. *Agricultural Economic Research*, 3(3): 157-172. [In Persian]
- Arino, A., Herrera, M., Estopanan, G., Rota, M.C. and etc. (2009). Aflatoxins in bulk and pre-packed pistachios sold in Spain and effect of roasting. *Food Control*, 20(7): 811-814.
- Arrus, K., Blank, G., Abramson, d., Clear, R. and Holley, R.A. (2005). Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil nuts. *Journal of Stored Products Research*, 41(15): 513-527.
- Cheraghali, A.M., Yazdanpanah, H., Doraki, N. and etc. (2007). Incidence of aflatoxins in Iran pistachio nuts. *Food and Chemical Toxicology*, 45(12): 812-816.
- Chun, H.S., Kim, H.J., OK, H.E., Hwang, J.B. and Chung, D.H. (2007). Determination of aflatoxin levels in nuts and their products consumed in South Korea. *Food Chemistry*, 102(1): 385-391.
- Dini, A., Khazaeli, P., Roohbakhsh, A., Madadlou, A., Pourenamdari, M. and etc. (2009-2011). Aflatoxin contamination level in Iran's pistachio nuts during years. *Food Control*, 30(5): 540-544.
- El tawila, M.M., Soliman, A.A., Mashali, R. and Mashaal, N. (1992). Aflatoxins and hepatocellular carcinoma (study of fort Egyptian patients). *The Bulletin of the High Institute of Public Health*, XXII, 29(1): 121-124.
- Feizy, J., Beheshti, H.R., Fahim, N.K., Janati, S.F. and Davari, G. (2010). Survey of aflatoxins in rice from Iran using immunoaffinity column clean-up and HPLC with fluorescence detection. *Food Additives and Contaminants*, 3(4): 263-267.
- Georgiadou, M., Dimou, A. and Yanniotis, S. (2012). Aflatoxin contamination in pistachio nuts: A farm to storage study. *Food Control*, 26(3): 580-586.

- Ghali, R., Belouaer, I., Hdiri, S., Ghorbel, H., Maaroufi, K. and Hedilli, A. (2009). Simultaneous HPLC determination of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in Tunisian sorghum and pistachios. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(5): 751-755.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2002). *Food and feed Mycotoxins-Maximum tolerated levels*. 5925, 1<sup>st</sup> Edition. 1-58.
- Juan, C., Zinedine, A., Molto, J.C., Idrissi, L. and Manes, J. (2008). Aflatoxins levels in dried fruits and nuts from Rabat-Salé area, Morocco, *Food control*, 19(2):849-853.
- Kenneth, C.E., Kerri, K., Beverly, G.M., Peter, J.C. (2007). Aflatoxin-producing *Aspergillus* species from Thailand. *Journal of Food microbiology*, 114(5): 153-159.
- Leong, Y. H., Ismail, N., Latif, A.A. and Ahmad, R. (2010). Aflatoxin occurrence in nuts and commercial nutty products in Malaysia. *Food Control*, 21(2): 334-338.
- Li, F.Q., Yoshizawa, T., Kawamura, O., Luo, X.Y. and Li, Y.W. (2001). Aflatoxins and fumonisin in corn from the high-incidence area for human hepatocellular carcinoma in Guangxi, China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3): 4122-4126.
- Lutfullah, G. and Hussain, A. (2011). Studies on contamination level of aflatoxins in some dried fruits and nuts of Pakistan. *Food Control*, 22(1): 426-429.
- Park, J. W., Kim, E. K. and Kim, Y.B. (2004). Estimation of the daily exposure of Koreans to aflatoxins B1 through food consumption. *Food Additives and Contaminants*, 21(2): 70-75.
- Pittet, A. (1998). Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds – an updated review. *Revue. Med. Vet.* 149(11) P: 479-492.
- Rodrigues, P., Venancio, A. and Lima, N. (2012). Mycobiota and mycotoxins of almonds and chestnuts with special. *Food Research International*, 48(5): 76-90.
- Shadbad, M.R.S., Ansarin, M., Tahavori, A., Ghaderi, F. and Nemati, M. (2012). Determination of aflatoxins in nuts of Tabriz confectionaries by ELISA and HPLC methods. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 2 (1): 123-126.