مروری بر خصوصیات اتصالی کامبوچا به توکسین‌ها

حورا دادگستر[۱]، شهرزاد صادقی امجد[۲]، **محدثه لاری پور*[۳]**

[۱] دانشجو دکتری میکروبیولوژی، دانشکدهٔ علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

[۲] دانشجو دکتری میکروبیولوژی، دانشکدهٔ علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

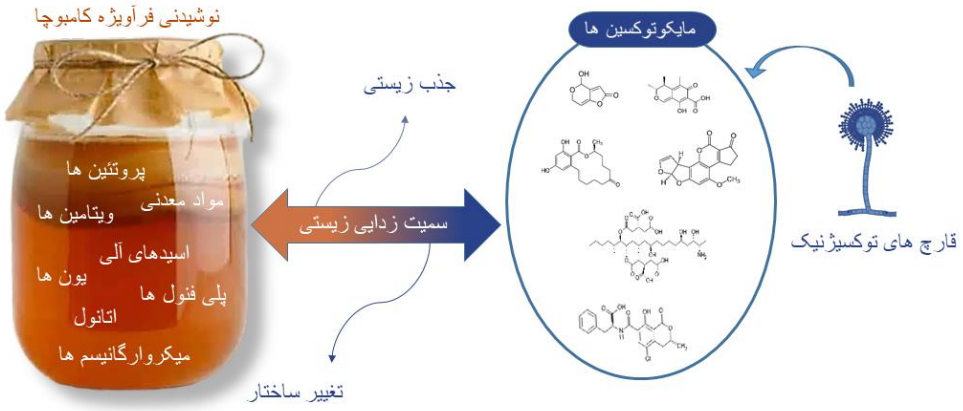
[۳] دانشیار قارچ شناسی، دانشکدهٔ علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۴

چکیده

با پیشرفت روزافزون علم پیرامون اثرات سلامتی‌بخش پروبیوتیک‌ها، مصرف موادغذایی تخمیری ازجمله نوشیدنی کامبوچا مورد توجه قرارگرفته و مطالعاتی پیرامون اثرات آن در حوزه‌های درمانی، مکمل‌های‌غذایی و... خصوصاً سمیت‌زدایی صورت گرفته‌است. حضور مایکوتوکسین‌ها در تمام زنجیره‌غذایی، ساختار مقاوم و مضراتی که دارند، نیازمند روش‌های سمیت‌زدایی متنوعی می‌باشد. روش‌های بیولوژیکی کاهش مایکوتوکسین‌ها مبتنی بر استفاده از میکروارگانیسم‌ها و متابولیت‌های آنها، به دلایل ایمن بودن، حفظ کردن کیفیت مواد غذایی و مقرون به صرفه بودن از مهمترین روش‌های کاهش مایکوتوکسسین‌ها هستند. مطالعاتی بر توانایی کامبوچا در کاهش مایکوتوکسین‌ها مانند آفلاتوکسین B1، پاتولین و اثر مهاری بر رشد قارچ‌های تولید کننده مایکوتوکسین انجام شده است. بر اساس نتایج مثبت اخذ شده از مطالعات و با توجه به ترکیبات این نوشیدنی فرآویژه می‌توان نوشیدنی کامبوچا را ترکیبی موثر درکاهش مایکوتوکسین‌ها درنظرگرفت.

واژه‌های کلیدی: کامبوچا، مایکوتوکسین، سمیت زدایی، پروبیوتیک



چکیده گرافیکی

* m.larypoor@iau-tnb.ac.ir

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

مقدمه

در سال‌های اخیر به دنبال مطالعات بیشتر و توسعه داده‌ها پیرامون بررسی اثر مفید پروبیوتیک‌ها بر سلامتی و افزایش دانش عمومی، علاقه به مصرف مواد غذایی تخمیری و مکمل‌های پروبیوتیکی و فرآورده‌های آن‌ها افزایش یافته‌است و عموم به مصرف این مواد روی آوردند، مواد غذایی تخمیری از هزاران سال پیش نقش مهمی در زندگی بشر داشته‌است و همواره مورد مصرف بوده‌اند (۱). کامبوچا[۲] یک نوشیدنی تخمیری است که در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتر قرار گرفته است و شرکت‌های زیادی در سراسر دنیا این نوشیدنی را تولید و عرضه می‌کنند (۲, ۳).

کامبوچا یک نوشیدنی فرآویژه

کامبوچا یک نوشیدنی تخمیری با منشاء آسیایی است و از شمال شرق چین (منچوری) سرچشمه گرفته است. در دوره سلسله تسین (لینگ چی) به دلیل خواص سم زدایی و انرژی زایی عنوان "چه الهی (درمان جاودانگی)" را به خود اختصاص‌داد (۴-۶). در سال ۴۱۴ پس از میلاد، پزشکی به نام کومبو این نوشیدنی را به ژاپن برد و از آن برای درمان مشکلات گوارشی امپراتور استفاده کرد، از آن پس این نوشیدنی «کامبوچا» یا «چای کامبو» نامیده شد (۶). در طول هزاران سال، این نوشیدنی در سراسر آسیا، روسیه و اروپای شرقی گسترش یافت، (۵) کامبوچا حاصل فرآیند تخمیر سوبسترا گیاهی (به طور سنتی از چای سیاه *کاملیا سینسیس*[۳]) شیرین شده با کشت کنسرسیوم[۴] میکروبی (همزیستی باکتری‌ها و مخمرها در بیوفیلم سلولزی) است(۶, ۷). نسبت چای و شکر مورد استفاده، زمان و دمای فرآیند تخمیر در تولید کامبوچا بسته به منطقه جغرافیایی یا ترجیحات مواد اولیه متفاوت می‌باشد(۶).چندین روش برای تولید کامبوچا با سوبسترا و شرایط متنوع وجود دارد (۸).کیفیت و ترکیب شیمیایی کامبوچا به پارامترهای مختلفی که در جدول۱ آمده است بستگی دارد (۴). هر گونه تغییر در فرآیند تولید می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی، خواص شیمیایی و فعالیت‌های بیولوژیکی تأثیر بگذارد (۲, ۴, ۸). نوشیدنی حاصل معمولاً غیر الکلی، با طعمی نسبتا ترش و کمی گاز دار است. طعم مطلوب و همچنین فواید سلامتی بخش‌کامبوچا، موجب محبوبیت آن در سراسر جهان شده است (۸). به طور کلی نوشیدنی کامبوچا از یک بیوفیلم شناور (SCOBY) و یک فاز مایع تشکیل شده است که در ادامه مورد بحث قرار گرفته است (۷).

متابولیسم میکروارگانیسم‌ها در طی تخمیر کامبوچا

تنوع و پیچیدگی بسیار زیاد جوامع میکروبی درگیر و فعل و انفعالاتی که بین آنها رخ می‌دهد، متابولیسم میکروارگانیسم‌ها در طی تخمیر کامبوچا پیچیده است (۶). به طور کلی میکروارگانیسم‌ها می‌توانند به صورت موازی یا متوالی در یک اکوسیستم شرکت کنند. در طی تخمیر کامبوچا گونه‌های مختلف مخمرها و باکتری‌ها به طور موازی عمل می‌کنند و محصول نهایی دوفاز را تولید می‌کنند(۷). فرآیند تخمیر در کامبوچا با هیدرولیز ساکارز توسط آنزیم اینورتاز تولید شده توسط مخمرها[۵] آغاز می‌شود و سپس باکتری‌ها با مصرف متابولیت‌های ثانویه و گلوکز حاصل از متابولیسم مخمرها ترکیبات دیگر موجود در کامبوچا مانند اسیدهای آلی و... را بیوسنتز می‌کنند و به دنبال فعل و انفعالات و واکنش‌های انجام شده محصولات جانبی مانند آب و دی اکسید کربن نیز به عنوان محصولات نهایی یافت می‌شود (۸).

مخمرها و باکتری‌های اسموفیل[۶] مسئول رشد فاز نیمه جامد هستند و با استفاده از ساکارز به عنوان منبع کربن، شبکه ای

[2] Kombucha
[3] *Camellia sinensis*
[4] Microbial Consortium
[5] Invertase enzyme
[6] Osmophilic Bacteria

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

از سلولز را به عنوان متابولیت ثانویه تخمیر تولید می‌کنند. این شبکه سلولزی تولید ارتباط ایجاد شده بین باکتری‌ها و مخمر را افزایش می‌دهد و یک غشای ضخیم با جنبه ژلاتینی تولید می‌کند (۸). که این بیوفیلم شناور را SCOBY، قارچ چای یا مادر کامبوچا نیز می‌نامند. بیوفیلم میکروارگانیسم‌ها با ظاهری بسیار شبیه به کلاهک قارچی روی سطح چای شناور می‌ماند(۴, ۶). SCOBY، در عرض چند روز تشکیل می‌شود و با توجه به نوع سوبسترا، آب و هوا، موقعیت جغرافیایی و محیط مورد استفاده برای فرآیند تخمیر دارای ترکیب میکروبیولوژیکی متغیری است که در شکل۱ به آن اشاره شده است (۹).

این لایه سلولزی تولید شده به میکروارگانیسم‌ها این امکان را می‌دهد که به صورت همزیست[۷] در مایع نزدیک به سطح جهت تأمین اکسیژن لازم برای فرآیندهای متابولیکی باقی بمانند و یک مانع فیزیکی محافظتی در برابر اشعه ماوراء بنفش ایجاد می‌کند. همچنین اجازه حفظ رطوبت و جلوگیری از کم آبی را می‌دهد (۸, ۱۰). یکی از جنبه‌های مهم در متابولیسم جامعه میکروبی کامبوچا تولید محصولات متابولیکی موثر بر رشد گونه‌های دیگر است. به همین منظور می‌توان آنها را نگهدارنده‌های طبیعی در نظر گرفت که به افزایش ماندگاری آن کمک می‌کند (۸).

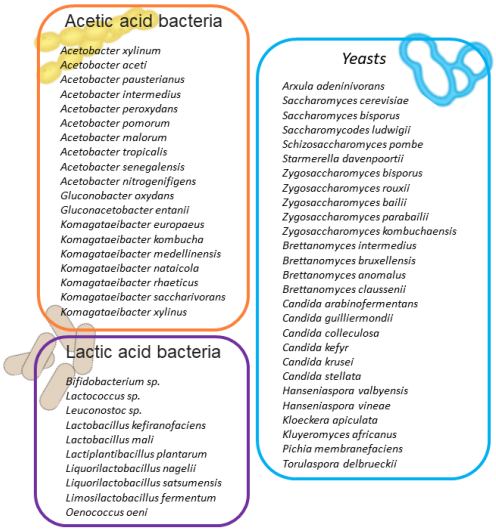
جدول۱- اثر متغییرها بر تولید کامبوچا

متغییر	اثر	منابع
سوبسترا	نوع سوبسترا محتوای ترکیبات فنلی و ویتامین‌های مختلفی در اختیار قرار داده و فرآیند تخمیر اثر مطلوبی در افزایش این ترکیبات دارد. استفاده از بسترهای غنی از ترکیبات فعال زیستی، علاوه بر تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی خواص بیولوژیکی متنوعی را نیز نشان داده اند.	(۷, ۸)
زمان تخمیر	مدت زمان فرآیند تخمیر چای کامبوچا معمولاً بین ۷ تا ۶۰ روز است و فعالیت‌های بیولوژیکی ممکن است در طول این فرآیند افزایش یابند. با این حال، بهترین نتایج به طور متوسط در ۱۵ روز به دست آمده است. اگرچه با افزایش زمان انکوباسیون، فعالیت‌های آنتی اکسیدانی افزایش می‌یابند اما به علت تجمع اسیدهای آلی، افزایش مدت زمان فرآیند تخمیر توصیه نشده‌است و انتخاب این مدت زمان به کیفیت محصول مورد نظر بستگی دارد.	(۴, ۷)
دما	حفظ دمای بهینه در طول فرآیند تخمیر منجر به رشد میکروبی و فعالیت آنزیمی بهتر می‌شود. علاوه بر این، فعالیت آنتی اکسیدانی محصولات با منشاء گیاهی می‌تواند تحت تأثیر تغییرات دما قرار گیرد. به طور کلی، مقادیر دمای فرایند تخمیر کامبوچا بین ۲۲-۳۰°C است.	(۴, ۷)
pH	یکی از مهم ترین پارامترهای محیطی موثر بر فرآیند تخمیر میزان اسیدیته است و ممکن است بر فعالیت آنتی اکسیدانی و رشد کنسرسیوم میکروبی تأثیر بگذارد.	(۴, ۷)
سرعت انتقال اکسیژن	اکسیژن یک کشت میکروبی باید در طول رشد با سرعت کافی تامین شود تا نیاز میکروارگانیسم‌ها را برآورده کند، در فرآیند تخمیر کامبوچا، همزدن محیط به دلیل	(۷)

[7] Consortium

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

	از دست دادن استحکام، بیوفیلم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در کشت‌های ساکن، در دسترس بودن اکسیژن ممکن است به عامل محدود کننده متابولیسم سلول تبدیل شود که می‌تواند بر تولید و کیفیت سلولز تأثیر منفی داشته باشد. به طور کلی سرعت فرآیند تخمیر کامبوچا بسیار به حضور و یا عدم حضور اکسیژن بستگی دارد.	
ترکیب میکروبیولوژیکی کامبوچا	فرآیند تخمیری در کامبوچا به کمک کنسرسیوم میکروبی مستقر در یک لایه سلولزی تحت عنوان SCOBY انجام می‌شود. به طور کلی، SCOBY عمدتا از باکتری‌های اسید استیک[8] (AAB)، باکتری‌های اسید لاکتیک[9] (LAB) و مخمرها تشکیل شده است و این همزیستی منجربه تولید متابولیت‌های متنوع و تغییر در خواص بیولوژیکی می‌شود.	(۷)



شکل ۱- مهمترین باکتری‌ها و مخمرها در SCOBY

انواع ترکیبات شیمیایی در نوشیدنی کامبوچا

انواع ترکیبات شیمیایی در نوشیدنی کامبوچا شناسایی و بررسی شده است. ترکیباتی مانند اسیدهای آلی، عمدتاً اسیداستیک[10]، اسیدگلوکونیک[11] و اسیدگلوکورونیک[12]، انواع قندها (ساکارز، گلوکز و فروکتوز)، ویتامین‌های محلول در آب (ب۱، ب۲، ب۶، ب۱۲و سی)، اسیدهای آمینه، آمین‌های زیستی[13]، پورین‌ها، رنگدانه‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها، آنزیم‌های هیدرولیز کننده[14]، اتانول، دی اکسید کربن، پلی فنل‌ها، مواد معدنی (منگنز، آهن، نیکل، مس و روی)، آنیون‌ها (کلرید، برمید، یدید، نیترات، فسفات و

[8] Acetic acid bacteria
[9] Lactic acid bacteria
[10] Acetic acid
[11] Gluconic acid
[12] Glucuronic acid
[13] Biogenic amines
[14] Hydrolytic enzyme

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

سولفات)، دی ساکاریک اسید-۴،۱-لاکتون (DSL)[15] و محصولات متابولیکی مخمرها و باکتری‌ها از دیگر مواد موجود در کامبوچا هستند که در شکل۲ آورده شده است. (۴, ۱۰, ۱۱)



شکل۲- انواع ترکیبات در نوشیدنی کامبوچا

اثرات سلامتی بخش کامبوچا

فواید مختلفی برای سلامت انسان به کامبوچا نسبت داده می‌شود. با این حال، بیشتر این مزایا تنها در مدل‌های آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۶). از جمله مزایای سلامتی بخش گزارش شده آن میتوان به کاهش سطح کلسترول و فشار خون، جلوگیری از پیشرفت سرطان، بهبود عملکرد کبد، بهبود سیستم ایمنی، بهبود عملکرد دستگاه گوارش اشاره کرد (۲, ۸, ۱۰).

همانطور که گفته شد عوامل مختلفی در تخمیر کامبوچا از جمله نوع سوبسترا موثر بوده که بر همین اساس انوع نوشیدنی کامبوچا در سراسر دنیا تهیه می‌شوند و می‌توانند ترکیبات شیمیایی، میکروبی و خواص زیستی این نوشیدنی را تغییر دهند که در جدول۲ به چند نمونه از آنها اشاره شده است (۸).

اثرات مفید کامبوچا به وجود ترکیبات زیست فعال موجود در این نوشیدنی نسبت داده می‌شود که به صورت هم افزایی عمل می‌کنند (۸). یکی از اثرات سلامتی بخش این نوشیدنی اثر مثبت در کاهش سموم است. بر اساس مطالعات انجام شده اثرات محافظتی مثبت کامبوچا بر کاهش آسیب کبدی ناشی از سمیت گزارش شده است. وجود اسیدهای آلی در کامبوچا مزایای سلامتی مانند سم زدایی بدن را افزایش می‌دهند، به عنوان مثال، اسید گلوکورونیک قوی‌ترین متابولیت سم‌زدایی در نظر گرفته می‌شود(۳) که می‌تواند با جذب مواد سمی موجب دفع و کاهش مایکوتوکسین‌ها شود که در ادامه بحث شده است.

جدول۲ – چند نمونه از انواع نوشیدنی کامبوچا و خصوصیات آنها

[15]D-Saccharic acid 1,4-lactone (DSL)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

منبع	فعالیت بیولوژیکی	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی	شرایط تخمیر	سوبسترا
(۱۲)	فعالیت آنتی اکسیدانی مهار DPPH = ۹۱/۷۳ ٪	اسیدیته کل = ۱٪/۵۶ pH= ۳/۲۲ قند کل = ۷/۷۶٪ TSS = ۱۲/۸۸ ٪ TPC = mg ۵۳۵/۵۹GAE/L محتوای تانن mg/L TAE = ۶۱۹	۴۰۰ گرم میوه در ۴۰۰ میلی لیتر آب ۱۰ درصد نیشکر (w/v) ۱۰ درصد کامبوچا (w/w) ۱۴ روز در دمای اتاق	میوه سالک
(۱۳)	فعالیت آنتی اکسیدانی: مهار DPPH ≥ 65% مهار ABTS≥85% قدرت کاهش آهن ≤۰/۸۵ (mM TE/g) فعالیت ضد دیابتی: مهار- α – گلوکوزیداز ≤ ۸۲ % مهار-α- آمیلاز ≤ ۶۳%	TPC= mg –۳/۵۸GAE/g ۳/۴۷ فرولیک اسید =µg/g ۳۸۸/۲۳ – ۳۷۰/۵۱ کلروژنیک اسید µg/g = ۳۱۷/۵۲ ۲۹۸/۰۶ – اسید اسکوربیک اسید =µg/g ۱۶۷۶/۴۳ – ۱۵۸۶/۹۵	1لیتر شیر سویا 5% کامبوچا(v/v) به ترتیب ۹۶ ساعت و ۷۲ ساعت در دمای ۲۸ درجه سانتی گراد و ۳۷ درجه سانتی گراد	شیر سویا
(۱۴)	فعالیت آنتی اکسیدانی مهار DPPH = ۴۰–۲۰ ٪ مهار سوپراکسید دیسموتاز= ۱۵۰–۱۰۰ ٪ فعالیت سیتوتوکسیک: علیه کراتینوسیت‌ها و فیبروبلاست‌ها حدود ۱۱۵٪ فعالیت ضد پیری:	TPC= mg GAE/g –۳۹۲/۵۶ ۱۰۶/۷۶ TFC = mg –۶۶/۵۳CE/L ۱۷/۰۲	15گرم سوبسترا در ۵۰۰ میلی لیتر 50گرم ساکارز 3 گرم کامبوچا 14،7و ۲۸ روز در دمای اتاق	قهوه سبز عربیکا

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

	مهار کلاژناز ≥ ۳۰٪ مهار الاستاز ۱۰۰-۷۵٪			
(۱۵)	فعالیت ضد التهابی: کاهش سیتوکین‌های Th2 و IL-10	pH =۵/۳۹-۵/۲۴ کل اسیدها ≥ ۳۵mg/L ساکارز = ۰/۱-۶/۱mg/L اتانول = ۰/۴-۳/۵ ٪ پلی ساکارید کل =۷/۹۷ mg/L-۳۵/۱۶ mg = TFC -۰/۰۳CE/L ۰/۰۱ mg = TPC -۰/۳۳GAE/g ۰/۰۹	۲۵ g/L بستر 70 g/L ساکارز 10٪ کامبوچا(v/v) 11روز در دمای ۱ ± ۲۴ درجه سانتی گراد	*Coriolus versicolor* و *Lentinus edodes*
(۱۶)	فعالیت ضد میکروبی علیه : *Staphylococcus aureus* *Klebsiella pneumoniae* *Escherichia coli* *Proteus vulgaris* *Proteus mirabilis* *Bacillus subtilis* MIC: ۵/۰-۷۶۵ µg/mL ۹/۳۱۲ فعالیت ضد تکثیری: علیه رده‌های سلولی مشتق شده از رابدومیوسارکوم انسانی، سرطان دهانه رحم انسان و فیبروبلاست موش	pH = ۵۱/۰-۳۹ ۲/۳ اسید کل = g/L ۷۶/۲۶-۱۷/۱ اسید اگزالیک = ۳/۴۵ g/L – ۰/۱۴ اسید فرمیک = ۲/۳۳ g/L - ۰/۰۴ اسید استیک = ۱۵/۱-۸/۱۲ g/L اسید سوکسینیک = ۰/۳-۰/۰۵ g/L	۱/۱۳یا ۲/۲۶ گرم بستر در ۵۰۰ میلی لیتر آب 10%کامبوچا(v/v) ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد	بومادران (*Achillea millefolium* L.)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

		اسید مالیک = ۰/۱ –۱/۵۹ g/L g = TPC –۰/۳۴CAE/L ۰/۱۴ g RE/L = TFC ۰/۰۴ –۰/۱۷ ویتامین C = –۱/۱۴ mg/L ۰/۳۸		
(۱۷)	فعالیت ضد میکروبی پس از آلودگی به *E. coli* (۹۸/۳۵ ٪) و *L. monocytogenes* (۹۸/۹۸ ٪)	چربی کل = ۲۶٪/۷۵ پروتئین کل = ۱/۳۳ ٪ mg = TPC ۵/۸۱GAE/g	تولید پنیر با تلقیح کامبوچا شیر 10%کامبوچا(v/v) ۰/۵٪ آنزیم انعقادی 35 درجه سانتی گراد تا رسیدن به pH 4.5	شیر
(۱۸)	فعالیت آنتی اکسیدانی مهار DPPH = ۹۸/– ۲۳۵۰ ۲۳۶۱/۹۱ (µM TEAC/100mL) دسترسی زیستی کافتاریک اسید = ۲۹/۹۸ — ۲۲/۳۸ ٪ کاتچین = ۲۳/۴۸ — ۱۷/۶۱ ٪ هسپریدین = ۲۸/۴۷ — ۲۲/۴۳ ٪	pH= - 2/09 2/67 اسید کل = w/v ۰/۷–۲/۷۶ ٪ گلوکز =g/L ۱۶/۷۵–۱۷/۸ فروکتوز =g/L ۱۷/۵۳–۱۸/۱۹ اسید استیک = ۱/۲–۱/۲۹ g/L اسید بوتیریک = ۱/۸۹–۲/۷۱ g/L اسید سیتریک = ۰/۱۷–۲/۲ g/L	12/5% (w/v)چای 7/5% (w/v) شکر 3% (w/v) کامبوچا 20% (v/v)کامبوچا 7روز در دمای ۲ ± ۲۵ درجه سانتی گراد چای سبز کامبوچا با ۱۵٪ میوه 48ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد	میوه‌های (*Eugenia uniflora* L.) و umbu-caja (*Spondia tuberosa*)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

(۱۹)	فعالیت آنتی اکسیدانی مهار DPPH = حدود ۲۵٪ (با ۰/۵ mg/mL عصاره (EtOAc فعالیت ضد آلزایمر مهار AChE = حدود ۳۷/۷٪ (با ۰/۲ mg/mL عصاره (EtOAc فعالیت ضد هیپراوریسمی مهار زانتین اکسیداز (XOD)= حدود ۱۵٪ (با ۰/۵ mg/mL عصاره (EtOAc فعالیت ضد تکثیری فعالیت سیتوتوکسیک در برابر سلول‌های سرطان سینه MCF-7کمتر از نسخه تخمیر نشده	pH= ۳ TPC (عصاره اتیل استات) = mg GAE/g ۲۷۰ TPC (عصاره n – بوتانول) = mg ۱۷۵GAE/g	۱۰/۵گرم در ۱۱۰۰ میلی لیتر آب ۷۷ گرم ساکارز ۷ گرم کامبوچا ۱۴ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد	*Brassica tournefortii*، (خردل آفریقایی)

مایکوتوکسین‌ها

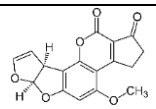
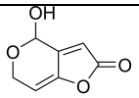
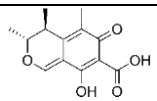
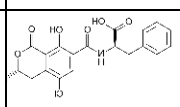
مایکوتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه با جرم مولکولی کم (۷۰۰ Da ~) هستند که توسط قارچ‌های رشته‌ای سنتز می‌شوند که عمدتاً به شاخه آسکومیست‌ها [16] تعلق دارند (۲۰). تاکنون بیش از ۲۰۰ نوع مایکوتوکسین شناخته شده است. شایع‌ترین منبع آلودگی غذا و خوراک، مایکوتوکسین‌های تولید شده توسط قارچ‌های *آسپرژیلوس*[17] ، *پنی سیلیوم*[18] و *فوزاریوم*[19] هستند. مهم ترین مایکوتوکسین‌ها در مواد غذایی شامل، آفلاتوکسین[20]ها (AF)، اوکراتوکسین[21]ها (OT)، تریکوتسن[22]ها، از جمله دئوکسی نیوالنول[23] (DON)، توکسین T-2، فومونیزین[24]ها (FUM)، پاتولین[25]، سیترینین[26] و زرالنون[27] (ZEN) شایع ترین آلودگی‌های مرتبط با مایکوتوکسین‌ها هستند که خصوصیات آنها در جدول ۳ آورده شده است.

[16] Ascomycota
[17] *Aspergillus*
[18] *Penicillium*
[19] *Fusarium*
[20] Aflatoxin
[21] Ochratoxin

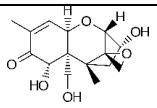
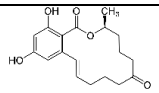
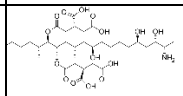
[22] Trichothecene
[23] Deoxynivalenol
[24] Fumonisin
[25] Patulin
[26] Citrinin
[27] Zeralenone

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

جدول ۳- مهم ترین مایکوتوکسین‌های شناخته شده و خصوصیت آن‌ها

منبع	دوز مجاز در مواد غذایی WHO	سمیت زدایی	ارگان هدف	گروه عاملی موثر	ساختار	اثرات	مواد غذایی	قارچ تولید کننده	مایکوتوکسین
۲۱)	µg/k ۱۵ g در بادام زمینی	اکسیداسیون	کبد	اپوکسید		سرطان زا، تراتوژن، جهش زا	گندم، ذرت، برنج، بادام زمینی، برنج، فلفل، پنبه، درخت آجیل و ادویه جات	*Aspergillus flavus, Aspergillus parasiticus, Aspergillus nominus, Aspergillus niger,...*	آفلاتوکسین B1
۲۱)	µg/k ۵۰ g در آب سیب	اکسیداسیون	دستگاه گوارش و کلیه‌ها	لاکتون		سمیت ژنتیکی، جهش زایی، اختلالات گوارشی، ادم	زردآلو، انگور، میوه انگور، هلو، گلابی، سیب، آب میوه، گوشت، پنیر و غلات	*Penicillium, Byssochlamys, Aspergillus species,...*	پاتولین
۲۲)	۱۷۳ µg/k g در غلات	دکربوکسیلایون	کلیه‌ها	کربوکسیل		القای استرس اکسیداتیو و اثرات نفروتوکسیک	غلاتی مانند برنج، ذرت و گندم	*Aspergillus, Penicillium, Monascus species,...*	سیترینین
۲۱)	µg/k ۵ g در	هیدرولیز پیوند آمیدی به L-فنیل	کلیه‌ها	پیوند آمیدی بین بخش		اثرات نفروتوکسیک و	میوه‌ها، قهوه، ادویه	*Aspergillus ochraceus, Penicillium verrucosum, Aspergillus*	اوکراتوکسین

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

	گندم و جو	آلانین و اکراتوکسین α		ایزوکومارین و فنیل آلانین		نوروتوکسیک،	جات ترشی جات، شراب، کاکائو خشک، لوبیا، ذرت، غلات، غلات و برنج	*carbonarius,Aspergillus niger,..*	
۲۱)	µg/kg ۲۰۰۰ در گندم، جو و ذرت	اکسیداسیون، اپیمرسازی، استیلاسیون، هیدروکسیلاسیون و گلیکوزیلاسیون	دستگاه گوارش	اپوکسید		آسیب روده، اثرات استفراغ، ایمنی سمی	محصولات غلات	*Fusarium graminearum ,Fusarium culmorum,..*	دئوکسی نیوالنول
۲۱)	µg/kg ۰/۲۵ مصرف روزانه قابل تحمل (توسط (EFSA	دکربوکسیلاسیون – اکسیداسیون	دستگاه تولید مثلی	استری و الکل (سمیت استروژنی ک)		سمیت سیتوژنتیک، کاهش باروری، سمیت جنینی، سمیت ایمنی، فعالیت‌های استروژنی، ضد آندروژنی	محصولات غلات، گندم، جو،سویا ، ذرت و...	*Fusarium graminearum ،Fusarium culmorum ،Fusarium cerealis ،Fusarium equiseti Fusarium semitectum,...*	زرالنون
۲۱)	کل +FB1 FB2 µg/kg: ۲۰۰۰ در آرد ذرت و کنجا	هیدرولیز پیوندهای استری	کلیه‌ها و کبد	استری		سمیت عصبی، سمیت کبدی، سمیت کلیوی	برنج، انجیر، آبجو و ذرت	*Fusarium verticilloides Fusarium proliferatum,...*	فومونیسین B1

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

	له ذرت								

آفلاتوکسین

آفلاتوکسین‌ها مایکوتوکسین‌های دی فورانوکومارین[28] هستند که توسط گونه‌های مختلف *آسپرژیلوس*[29] تولید می‌شوند و اغلب در محصولات زراعی مانند دانه‌های روغنی، ذرت، بادام زمینی و غیره در شرایط گرم و مرطوب وجود دارند (۲۳). به دلیل قابلیت حل شدن در چربی، این سموم می‌توانند در بافت حیواناتی که در معرض خوراک آلوده قرار دارند تجمع و در نتیجه گوشت و سایر محصولات حیوانی را آلوده کنند (۲۴, ۲۵) قرار گرفتن در معرض آفلاتوکسین در حیوانات می‌تواند باعث آفلاتوکسیکوز[30] حاد و مرگ شود (۲۳, ۲۵).

مصرف خوراک آلوده به آفلاتوکسین باعث اختلال در دستگاه گوارش، سیستم عصبی، سیستم ایمنی، تغییرات در تولید مثل و مصرف طولانی مدت منجر به عوارضی مانند سمیت کبدی، تاثیر بر سیستم ایمنی و تراتوژنیک می‌شود. آفلاتوکسین یکی از عوامل اصلی سرطان کبد در کشورهای در حال توسعه است (۲۶, ۲۷). چهار گونه اصلی از آفلاتوکسین‌ها شامل G_1، B_2، B_1 و G_2 هستند. آفلاتوکسین‌های M_2 و M_1 به ترتیب متابولیت‌های ناشی از هیدروکسیله شدن آفلاتوکسین‌های B_2 و B_1 هستند (۲۶). در بین مایکوتوکسین‌ها، AFB1 رایج ترین نوع در محصولات کشاورزی می‌باشد که سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA) آن را یک آلاینده اجتناب ناپذیر درغذاها می‌داند (۲۶). بر اساس گزارش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) حدود ۲۵ درصد از محصولات غذایی جهان به مایکوتوکسین‌ها آلوده هستند (۲۷). آفلاتوکسین B1 و آفلاتوکسین B2 هر دو توسط *آسپرژیلوس فلاووس*[31] و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس*[32] تولید می‌شوند (۲۶). که آفلاتوکسین B1 سمی‌ترین مایکوتوکسین و دارای بیشترین اثر سرطان زایی بر روی کبد است (۲۴, ۲۵).

فومونیسین‌ها

فومونیسین‌ها گروهی از مایکوتوکسین‌ها هستند که عمدتاً توسط قارچ‌های جنس *فوزاریوم*[33] تولید می‌شوند (۲۸, ۲۹). این مایکوتوکسین‌ها در محصولات زراعی مانند ذرت یافت می‌شوند و مهم ترین نوع آن‌ها فومونیسین B_1 (FB_1) است که دارای پتانسیل سرطان زایی است. FB_1 با مهار اسفنگوزین -N-استیل ترانسفراز در سنتز اسفنگولیپیدها اختلال ایجاد می‌کند و موجب القای استرس اکسیداتیو و تغییر در متیلاسیون DNA می‌شود (۲۹).

اوکراتوکسین A

اوکراتوکسین‌ها در مواد غذایی با منشاء گیاهی و حیوانی یافت می‌شوند. این مایکوتوکسین عمدتا توسط قارچ *آسپرژیلوس کربوناریوس*[34] تولید شده و به سه نوع A ,B, C تقسیم بندی می‌شود (۲۸). که مهم ترین آنها، اوکراتوکسین A (OTA) است، OTA در برابر حرارت مقاوم و در محیط اسیدی پایدار است (۲۸, ۲۹). این مایکوتوکسین تمایل به تجمع در بافت‌های حیوانی داشته و باعث اثرات عصبی و تراتوژنیک[35] می‌شود، همچنین با فعالیت فنیل آلانین هیدروکسیلازی، سنتز طبیعی پروتئین، RNA و DNA را مهار و در عملکرد کلیه‌ها و کبد اختلال ایجاد می‌کند. در سال ۱۹۹۳، توسط آژانس بین المللی تحقیقات سرطان[36] (IARC) به عنوان عاملی با احتمال سرطان زایی برای انسان شناخته شد (۲۸).

[28] Furanocoumarins
[29] *Aspergillus.sp*
[30] Aflatoxicosis
[31] *Aspergillus flavus*
[32] *Aspergillus parasiticus*
[33] *Fusarium spp.*
[34] *Aspergillus carbonarius*
[35] Teratogenic
[36] International Agency for Research on Cancer

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

زرالنون

زرالنون (ZEN) عمدتاً توسط قارچ‌های جنس *فوزاریوم*[۳] تولید و در مواد غذایی مختلف یافت می‌شود. ZEN به عنوان یک مایکوتوکسین استروژنیک غیراستروئیدی در بدن، به عنوان یک ماده استروژنی عمل کرده و با اتصال به گیرنده‌های β۱۷ استرادیول، منجر به هیپراستروژنیسم و ایجاد اختلال در تولید مثل می‌شود (۲۹).

تریکوتسن‌ها

تریکوتسن‌ها متابولیت‌های ثانویه چهارحلقه ای متشکل از مولکول‌های کوچک آمفی پاتیکی هستند که عمدتاً توسط قارچ‌های *فوزاریوم*[۳]، *میروتسیوم*[۳۷]، *استاکی بوتریس*[۳۸] و *تریکودرما*[۳۹] تولید می‌شوند و در محصولات غذایی به خصوص غلات یافت می‌شوند.

تریکوتسن‌ها مهارکننده‌های مولکولی کوچک سنتز پروتئین هستند و با اتصال به سایت پپتیدیل ترانسفراز زیرواحد بزرگ ریبوزوم‌های یوکاریوتی باعث ایجاد استرس ریبوتوکسیک می‌شوند (۲۵). تریکوتسن‌ها از نظر ساختار شیمیایی، به چهار گروه A، B، C و D تقسیم می‌شوند. تریکوتسن‌های نوع A (مانند توکسین T-2) سمی تر از تریکوتسن‌های نوع B (مانند DON) هستند اما از این بین دئوکسی نیوالنول (DON)بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته است (۲۸). DONها اثرات مزمن بر روی سیستم ایمنی، تولید مثل و دستگاه گوارش می‌گذارند. این سم عمدتاً بر روی سیستم عصبی غدد درون ریز عمل می‌کند، آبشار هورمون رشد را مهار و پاسخ‌های التهابی را تحریک می‌کند (۲۹). مصرف DON، علاوه بر اثرات حاد آن، می‌تواند منجربه سمیت ژنتیکی بر روی لنفوسیت‌های انسانی شود که احتمالاً ناشی از کاهش مواد آنتی اکسیدانی است و منجر به آسیب DNA توسط استرس اکسیداتیو می‌شود (۲۹).

[37] *Myrothecium spp.*
[38] *Stachybotrys spp.*
[39] *Trichoderma spp.*
[40] *Aspergillus spp.*

سیترینین

سیترینین مایکوتوکسینی است که در غلات آلوده یافت می‌شود و عمدتا توسط قارچ‌های *آسپرژیلوس*[۴۰]، *پنی سیلیوم*[۴۱] و *موناسکوس*[۴۲] تولید می‌شود. سیترینین منجربه القای استرس اکسیداتیو و اثرات نفروتوکسیک می‌شود (۲۵).

پاتولین

پاتولین عمدتاً در محصولات غذایی مشتق شده از سیب و آبمیوه‌ها یافت می‌شود. این مایکوتوکسین یک پلی کتید دو حلقه ای است که عمدتاً توسط قارچ پنی سیلیوم اکسپانسوم[۴۳] تولید می‌شود و در ساختار خود دارای لاکتون غیراشباع α، β الکتروفیل می‌باشد که با گروه‌های سولفیدریل غنی از الکترون مانند سیستئین و گلوتاتیون واکنش می‌دهد، در ساختار DNA ایجاد شکستگی کرده، بر عملکرد پروتئین و افزایش استرس اکسیداتیو اثر می‌گذارد. پاتولین منجربه اختلال در عملکرد دستگاه گوارش و کلیه‌ها می‌شود (۲۵).

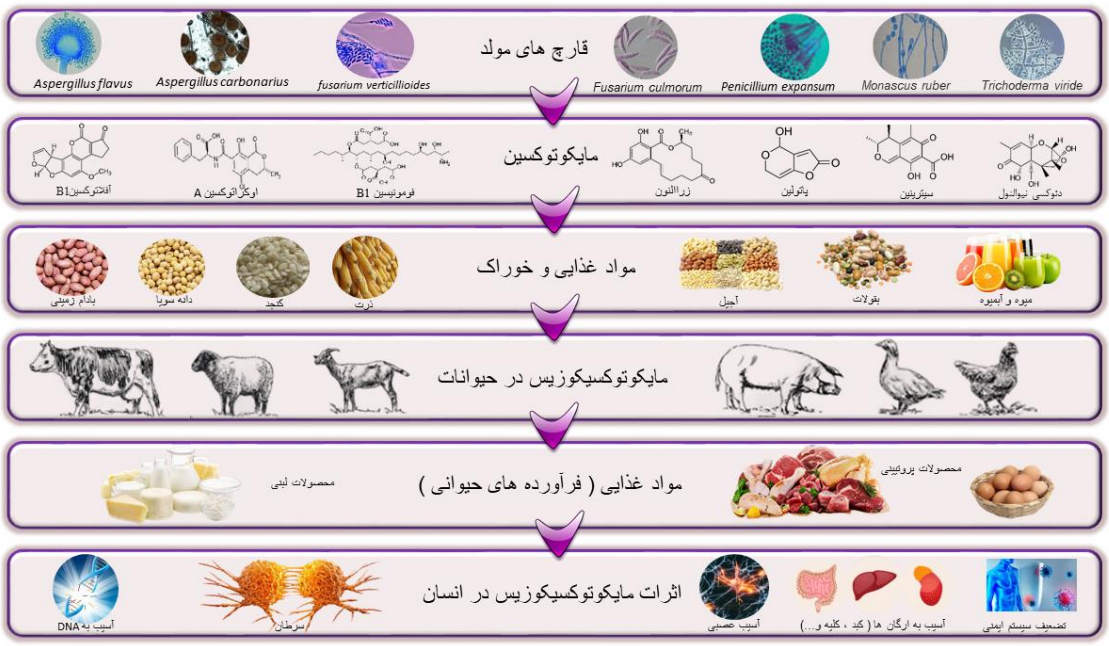
مایکوتوکسین‌ها بر اساس ساختار شیمیایی مختلف و گروه‌های عاملی موثر در سمیت که دارند، می‌توانند در تمام طول زنجیره غذایی وجود داشته باشند. به دنبال مصرف مواد غذایی آلوده به مایکوتوکسین‌ها، درجات مختلفی از سمیت در اندام‌های مختلف ایجاد می‌شود که به طور خلاصه در شکل۳ آورده شده است.

عواملی مانند دمای ۲۵°C تا ۳۰°C و رطوبت نسبی بالا (۸۰ تا ۱۰۰ درصد) محرک رشد قارچ‌های رشته ای و تولید مایکوتوکسین‌ها هستند. غلظت این سموم در مواد غذایی اولیه در حین تبدیل شدن به خوراک به میزان کافی کاهش نمی‌یابد، زیرا این متابولیت‌ها به دماهای بالا و پایین حتی به نگهداری طولانی مدت نیز مقاوم هستند (۲۰). تخمین زده شده است که سالانه ۲۵٪ مواد زراعی آلوده به مایکوتوکسین‌ها هستند (۲۷). بنابراین، این سموم تهدیدی

[41] *Penicillium spp.*
[42] *Monascus spp.*
[43] *Penicillium expansum*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

جدی به شمار می‌آیند، زیرا می‌توانند از طریق محصولاتی مانند شیر، گوشت یا تخم مرغ وارد زنجیره غذایی انسان شده (۲۰, ۲۴) و خسارات جانی و مالی جبران ناپذیری را سبب شوند، از این رو کاهش مایکوتوکسین توسط روش‌های مختلف حائز اهمیت است (۲۷).



شکل۳- مایکوتوکسین‌ها در زنجیره غذایی

روش‌های کاهش و حذف مایکوتوکسین‌ها

استراتژی اصلی برای کاهش مایکوتوکسین‌ها، جلوگیری از رشد قارچ‌های تولید کننده آن‌ها است. به این منظور از روش‌های زیادی در کشاورزی استفاده می‌شود، شستشو و پوست کندن دانه‌های غلات و کنترل شرایط آب و هوایی در روند توسعه قارچ‌ها موثر است (۲۸). به طور کلی از گذشته تاکنون از روش‌های مختلف برای کاهش مایکوتوکسین‌ها استفاده می‌شده است که در شکل ۴ به اختصار آورده شده است. از طرفی حذف کامل مایکوتوکسین‌ها از خوراک ممکن به نظر نمی‌رسد، استراتژی‌ها و ترکیبات موثر برکاهش آنها وجود دارد که می‌تواند فراهمی زیستی مایکوتوکسین‌ها را در دستگاه گوارش کاهش دهد (۲۸).



شکل٤- روش‌های مختلف برای کاهش مایکوتوکسین‌ها

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

روش‌های شیمیایی : این روش بر استفاده از ترکیبات شیمیایی برای جذب جابه جایی و یا غیر فعال کردن مایکوتوکسین‌ها متکی است شامل روش استفاده از آمونیاک، پراکسید هیدروژن، اکسید گوگرد، ازن و ترکیبات اسیدی می‌باشد. لازم به ذکر است این روش کاربرد چندانی ندارد؛ زیرا ارزش غذایی محصولات را تغییر داده و خطر ایجاد ترکیبات باقی مانده از تجزیه با سمیت بیشتر را دارد.

روش‌های فیزیکی : این روش بر اساس استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر خواص فیزیکی است و روش‌های مکانیکی ساده را نیز در این دسته قرار داد از جمله این روش‌ها شامل، درمان فوتوکاتالیستی [۴۴]، استفاده از پلاسما سرد، نور پالسی، تابش پرتو(UV و گاما) اکستروژن، آب اکسید کننده الکترولیز شده می‌باشد.

روش‌های ترکیبی: این روش‌ها با بهره وری بهتر از ادغام روش‌های دیگر حاصل می‌شوندو به دو صورت روش‌های متوالی و روش‌های همزمان انجام می‌شود (۳۰).

روش‌های بیولوژیکی : در سال‌های اخیر جهت مبارزه با مایکوتوکسین‌ها از روش‌های بیولوژیکی نیز استفاده می‌شود که شامل استفاده از میکروارگانیسم‌ها و متابولیت‌های آنها، با توانایی حذف سموم مختلف از محیط مشخص می‌شود. آنها با متابولیسم مایکوتوکسین‌ها بدون خطر تولید متابولیت‌های جانبی مضر، عمل می‌کنند (۲۸).

استفاده از روش‌های بیولوژیکی، کارایی بالایی در پیشگیری از تشکیل مایکوتوکسین‌ها در مرحله قبل از برداشت محصولات زراعی نشان داده‌است؛ به این صورت که کاشت سویه‌های غیر سم زا و ایجاد رقابت بر سر مکان زندگی و مواد مغذی می‌تواند منجربه حذف سویه‌های سم زا شود. وجود ویژگی‌هایی مانند ایمن بودن، حفظ کیفیت تغذیه ای و مقرون به صرفه بودن، این روش را نسبت به سایر روش‌های اصلاحی امیدوار کننده تر می‌سازد (۳۱). مطالعات زیادی بر سم زدایی بیولوژیکی مایکوتوکسین‌ها انجام شده و نتایج مورد توجهی ارائه شده‌است. مانند مطالعه ای که کارایی بالای سویه‌های مخمر *زیگوساکارومایسس روکسی*[۴۵] را در کاهش AFB1 نشان داده است (۳۰). میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک در سم زدایی بیولوژیک مایکوتوکسین‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته اند.

اثر پروبیوتیک‌ها در کاهش مایکوتوکسین‌ها

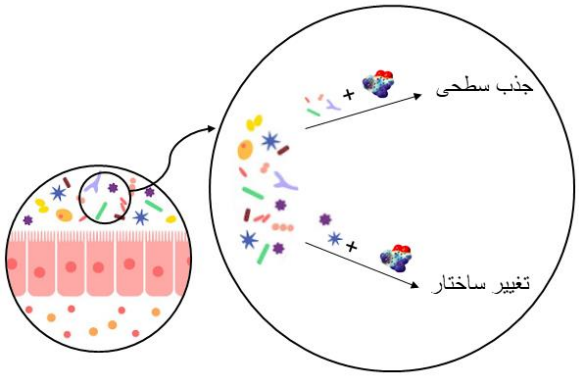
همانطور که گفته شد یکی دیگر از بهترین روش‌ها با عوارض جانبی کم تر، کاهش زیستی مایکوتوکسین‌ها توسط پروبیوتیک‌ها است، البته باید در نظر داشت باقیمانده‌های حاصل از تجزیه زیستی مایکوتوکسین‌ها می‌توانند سمیتی کم تر یا بیشتر داشته‌باشند، لذا بررسی آنها حائز اهمیت است. در مطالعات متعدد، سم زدایی مایکوتوکسین‌ها توسط پروبیوتیک‌ها مورد بررسی قرار گرفته است (۲۹). چند نمونه از پروبیوتیک‌های موثر در کاهش مایکوتوکسین‌ها در جدول۴ آورده شده است.

پروبیوتیک‌ها قادرند مایکوتوکسین‌ها را از طریق دو مکانیسم جذب سطحی یا تجزیه زیستی حذف کنند (شکل ۵) (۳۲). جذب سطحی مایکوتوکسین توسط میکروارگانیسم‌ها فرآیندی برگشت پذیر است و هیچ گونه تغییر شیمیایی در ساختار مایکوتوکسین ایجاد نمی‌کند و از آن طرف تجزیه زیستی با آنزیم‌های تولید شده توسط میکروارگانیسم‌ها و یا با ایجاد تغییر در ساختار شیمیایی به دنبال اتصال واحدهای شیمیایی حاصل از متابولیت‌های میکروبی برگشت پذیر نبوده و منجربه ایجاد باقی مانده‌های نامطلوب می‌شود ؛ که ممکن است سمیت کم تر یا بیشتر از مایکوتوکسین اولیه داشته باشد (۳۲).

[44] Photocatalyst

[45] *Zygosaccharomyces rouxii*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]



شکل۵ – سم زدایی مایکوتوکسین‌ها توسط پروبیوتیک‌ها

جدول٤- میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک کاهش دهنده مایکوتوکسین‌ها

میکروارگانیسم	مایکوتوکسین هدف	درصد ~ کاهش	منبع	میکروارگانیسم	مایکوتوکسین هدف	درصد کاهش	منبع
Lactobacillus rhamnosus GG, L. rhamnosus LC-705	AFB1	80	(۳۴)	*Bifidobacterium animalis VM 13*	PAT	۸۰	(۳۳)
L. amylovorus, L. rhamnosus	AFB1	۵۰	(۳۴)	*Lactobacillus rhamnosus 1088*	AFB1	۷۹	(۳۳)
L. casei LOCK 0920, *L. brevis* LOCK 0944, *L. plantarum* LOCK 0945	AFB1 AFB2 AFG1 AFG2	۵۰	(۳۴)	*Lactobacillus rhamnosus GG*	ZEN AFM1	۷۰ ۶۳/۱	(۳۳)
L. plantarum, Lactococcus lactis	AFB1	۸۱	(۳۴)	*Enterococcus faecium 21,605*	PAT	۶۴/۵	(۳۳)
Streptococcus thermophiles, L. bulgaricus, L. plantrium	AFM1	۱۱-۳۴	(۳۴)	*Lactobacillus* paracasei ŁOCK 1091	AFB1 FUM T-2 ZEN	۵۱ ۵۳/۳۳ ۴۶ ۴۹	(۲۰)
L. casei	AFB1	۴۹/۲	(۳۴)	Lactobacillus reuteri ŁOCK 1096	AFB1 DON FUM T-2 ZEN	۶۱/۶ 30 65 33/55 33/34	(۲۰)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

L. paracasei LOCK 0920, *L. brevis* LOCK 0944, *L. plantarum* LOCK 0945	AFB1	۳۹–۵۵	(۳۴)	*Actinobacteria AT8*	OTA	۵۲/۶	(۳۳)
L. plantarum C88	AFB1	۶۰٪	(۳۴)	*Lactobacillus plantarum 13 M5*	PAT	۴۳/۸	(۳۳)
L. casei LOCK 0920, *L. brevis* LOCK 0944, *L. plantarum* LOCK 0945	OTA	~۵۰	(۳۴)	*Lactobacillus plantarum VM 37*	OTA	۴۳	(۳۳)
L. acidophilus VM 20, *Bifidobacterium animalis* VM12	OTA PAT	۹۵ ۸۰	(۳۴)	*Lactobacillus plantarum VM 37*	PAT	۳۹	(۳۳)
Pediococcus parvulus	OTA	۹۰	(۳۴)	*Lactobacillus brevis ŁOCK 1093*	AFB1 FUM T-2 ZEN	۶۳ ۵۷/۳۳ ۳۸/۶۶ ۴۷	(۲۰)
L. rhamnosus CECT 278T	OTA	۹۷	(۳۴)	*Lactobacillus* casei ŁOCK 0911	AFB1 FUM T-2 ZEN	۵۱ ۵۸/۳۳ ۵۴/۶۶ ۴۲/۶۶	(۲۰)
L. plantarum GT III	DON	56-66	(۳۴)	*Lactobacillus* pentosus ŁOCK 1094	AFB1 FUM T-2 ZEN	۶۴ 62 53 63	(۲۰)
Lactic acid bacteria strains	DON FUMB1 FUMB2	۵۵ ۸۲ ۱۰۰	(۳۴)	*Lactobacillus* plantarum ŁOCK 0860	AFB1 FUM T-2 ZEN	۵۵ ۴۹/۶۶ ۶۰/۶۶ ۶۴/۶۶	(۲۰)
Lactic acid bacteria	FUMB1 ZEN	۵۶–۶۷ ۶۸–۷۵	(۳۴)	*P. pentosaceus* KTU05 -10	DON	۴۷	(۳۲)
L. lactis	ZEN	۵۵	(۳۴)	*Lactobacillus* rhamnosus ŁOCK 1087	AFB1 FUM T-2 ZEN	۵۹/۶ 58 62/33 46/66	(۲۰)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

Streptomyces cacaoi subspp. Asoensis K234	AFB1	62/15-88/34	(۳۲)	*S. cerevisiae ŁOCK 0068*	AFB11 DON FUM f T-2 ZEN	۵۷ ۲۸/۶۶ 46/۶ ۶ ۵۸/۳۳ ۳۹/۳۳	(۲۰)
Streptomyces luteogriseus K144	AFB1	۷۹/۹۳	(۳۲)	*Saccharomyces pastorianus* A15	DON	۱۵	(۳۲)
Bacillus licheniformis CFR 1	AFB1	94/73	(۳۲)	*Lactobacillus plantarum*	ZEN	۸۸/۶	(۳۵)
P. acidilactici	ZEN	۳۸	(۳۲)	*Lactobacillus acidophilus)*	ZEN	۹۰/۳	(۳۵)
Streptomyces rimosus (K145, K189)	ZEN	۱۰۰	(۳۲)	*Saccharomyces cerevisiae* و *Enterococcus faecalis*	DON	۳۴/۷	(۳۶)
L. paracasei	ZEN	۵۵	(۳۴)	*Lactobacillus acidophilus VM20*	OTA	۹۷	(۳۳)

خاصیت پروبیوتیکی کامبوچا، ترکیبات شیمیایی متنوع و متابولیت‌های میکروبی در این نوشیدنی منجر شده این محصول به عنوان یک نوشیدنی با اثر مثبت بر کاهش مایکوتوکسین‌ها مورد نظر قراربگیرد؛ به همین منظور مطالعاتی انجام شده است که به صورت خلاصه در جدول ۵ آورده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که اجزاء این نوشیدی فرآویژه اثرات مطلوبی در کاهش یا مهار تولید مایکوتوکسین‌ها و همچنین مهار قارچ‌های توکسیکوژنیک دارند و کامبوچا میتواند کاندیدای بالقوه برای کاربرد در صنایع غذایی و خوراک با خواص سم‌زدایی باشند.

جدول ۵ - اثرات کامبوچا بر کاهش مایکوتوکسین‌ها

منبع	خلاصه ای از روش کار	نتایج	هدف از مطالعه	آماده سازی نوشیدنی کامبوچا
(۳۷)	جداسازی و شناسایی میکروارگانیسم‌ها: پس از انکوباسیون، از محیط مایع و SCOBY رقت‌های سریالی در آب پپتون استریل تهیه و بر روی محیط کشت‌های MRS و YPD (به ترتیب برای باکتری‌ها و مخمرها) کشت داده شدند، سویه‌ها خالص سازی شده و	کامبوچا توانست ۹۷ درصد AFB1 را در چای سیاه تخریب کند. علاوه بر این، مخمرهای موثر موجود در کامبوچا به‌عنوان *Pichia occidentalis*، *Candida sorboxylosa* و	بررسی تخریب آفلاتوکسین B1 توسط میکروارگانیسم‌های جدا شده از کامبوچا	گرم چای سیاه ۱٪ ساکارز 10% ۳ درصد (w/v) پلیکول کامبوچا

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

	سویه‌های موثر براساس خواص مورفولوژیکی و مولکولی شناسایی شدند. براث MRS، آبگوشت YPD و چای سیاه همراه با ۱ میکروگرم در میلی لیتر AFB1 همانطور که قبلا توضیح داده شد تهیه شد. اندازه تلقیح LAB (w/v) 1%و مخمرها به ترتیب در براث MRS و YPD حاوی مایکوتوکسین تلقیح شد. چای سیاه تجاری با غلظت ۱ میکروگرم در میلی لیتر به طور مصنوعی با AFB1 آلوده شد. پنج میلی لیتر چای سیاه آلوده به مایکوتوکسین با SCOBY کامبوچا (۳ درصد وزنی) و مایع کامبوچای تخمیر شده (۱۰ درصد حجمی) تلقیح شدند. همچنین سویه‌های خالص شده باکتری‌ها و مخمرها به ترتیب در محیط‌های مایع MRS و YPD حاوی مایکوتوکسین تلقیح شد. و در دمای ۲۵C°به مدت ۷ روز انکوبه شد. آزمایش تجزیه زیستی، محتوای مایکوتوکسین در کشت مایع با افزودن حجم برابر استونیتریل/متانول/اسید استیک استخراج و تهنشین شد. مایعات رویی حاوی مایکوتوکسین غیرمجذب با استفاده از سانتریفیوژ جدا و با استفاده از فیلتر (۰/۲ میکرومتر، نایلون) فیلتر شدند سپس محتوای مایکوتوکسین نمونه‌ها با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) با تشخیص فلورسانس تعیین شد.	*Hanseniaspora opuntiae* شناسایی شدند و بیشترین ظرفیت تخریب AFB1 مربوط به *P. occidentalis* (۵۹٪) شناسایی شد. داده‌های مربوط به آزمایش‌های سمیت سلولی ترکیبات باقیمانده نشان داده شد که سمیت محصولات تخریب شده از AFB1 خالص کمتر است.		تخمیر به مدت ۷ روز در دمای۲۵°C انجام شد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

	تست سمیت سلولی برای AFB1 و محصولات تخریب شده بر روی سلول‌های Hep2 با استفاده از روش رنگ سنجی MTT و سمیت سلولی بر روی *Artemia salina* با سنجش مرگ و میر در حضور غلظت‌های مختلف AFB1 و محصولات تخریب شده بررسی شد.			
(۳۸)	پس از تخمیر مایع رویی کامبوچا با استفاده از سانتریفیوژ و فیلتر جدا شد و اثر محافظتی آن بر آسیب کبدی ناشی از AFB1 در موش‌های صحرایی نر آلبینو با وزن ۱۶۰ تا ۲۲۰ گرم در گروه‌های مختلف با افزودن مایع فیلتر شده و AFB1 به مواد غذایی یا لوله گزاری و با استفاده از کنترل + و - به مدت ۳۰ روز بررسی شد. موش‌ها پس از یک شب ناشتا و پس از ۴۸ ساعت تزریق AFB1 قربانی شدند. نمونه‌های خونی جمع‌آوری و مورد آنالیز قرار گرفتند فاکتورهای کبدی با استفاده از کیت‌های تشخیصی اندازه گیری شد. نمونه جهت مطالعات هیستوپاتولوژیک کبد پس از پرفیوژن در محل برداشته و تثبیت و برش داده شد. نمونه‌ها با استفاده از میکروتوم به ضخامت ۵ میکرومتر برش و با هماتوکسیلین و ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. سپس با لنز ۱۰۰ میکروسکوپ نوری مشاهده شدند. همچنین یک قسمت از کبد پس از آماده سازی با بافر جهت بررسی ای بیوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفت.	نتایج به دست آمده کاهش آنزیم‌ها و نشان گرهای سمیت کبدی (گاماگلوتامیل ترانس پپتیداز، پراکسیداسیون لیپیدی، گلوتاتیون ، گلوتاتیون-S-ترانسفراز، گلوتاتیون پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز). را نشان داد. همچنین نتایج آنالیز هیستوپاتولوژیک بافت کبد نشان داد که چای کامبوچا در پیشگیری از سمیت کبدی نسبت به چای سیاه تخمیر نشده قوی تر است.	اثر پیشگیرانه و درمانی چای سیاه و نوشیدنی کامبوچا بر آسیب کبدی ناشی از آفلاتوکسین B1 در موش‌های صحرایی نر آلبینو	چای سیاه ۱.۲ w/v ساکارز ۱۰٪ w/v ۳٪ SCOBY w/v تخمیر در تاریکی در دمای °C ۲۴±۳ به مدت ۱۴ روز انجام شد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

(۳۹)	پس از تخمیر مایع رویی کامبوچا جدا و فیلتر و آنالیزهای فیزیکو وشیمیایی بر آن انجام شد. همچنین بخش جامد آن با آب مقطر استریل شسته و پس از خشک شدن جهت بررسی اثر جذب زیستی پاتولین استفاده شد. از مخمر *S.cerevisiae* سوسپانسیون با غلظت ۱×۱۰^{۹} سلول در میلی لیتر به عنوان استفاده برای کنترل تهیه شد و برای به دست آوردن مخمر غیرفعال شده، در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت حرارت داده شد. قارچ‌های تولید کننده پاتولین از میوه جدا سازی و با تکنیک‌های مولکولی شناسایی شدند. پس کشت ۷ روزه سوسپانسیون از قارچ‌ها با غلظت 2×10^{6} هاگ در میلی لیتر تهیه شد. محیط کشت مایع Czapek-Dox با مکمل ۰.۵ درصد عصاره مخمر (براث CDYE، pH ۵.۵) تهیه شد جهت بررسی تولید پاتولین مورد استفاده قرار گرفت. تلقیح رقت‌های تعیین شده از مایع کامبوچا، کشت جامد کامبوچا و کنترل مثبت و منفی به محیط حاوی قارچ‌های تولید کننده پاتولین و میوه سیب انجام و پس از گذشت زمان انکوباسیون عملکرد زیست توده و غلظت پاتولین در کشت‌های قارچی و قطعات سیب برآورد شد. پس از آن، PAT با استفاده از صفحات TLC جدا و کمی سازی شد. لکه‌ها جدا شده و در ۵ میلی لیتر n- بوتانول شسته شدند. شدت رنگ در ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری و	چای کامبوچا توانایی قابل توجهی در مهار تولید PAT توسط سه گونه قارچ *P. expansum*، *T. purpureogenus* و *A. implicatum* در یک محیط مایع و سیب نشان داد، زیست توده چای کامبوچا به عنوان یک جاذب زیستی برای حذف PAT از محلول آبی استفاده شد.	بررسی اثر مهاری چای کامبوچا در تولید پاتولین	چای سیاه (۲/۱٪) ساکارز (۱۰٪) SCOBY ۳درصد w/v ۱۰٪ (v/v) مایع کامبوچای قبلی در تاریکی در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت حدود ۱۴ روز انکوبه شد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

	غلظت با ثبت چگالی نوری در برابر یک منحنی استاندارد به‌دست آمد.			
(۴۰)	سویه‌های قارچی مورد بررسی در آگار عصاره مالت(MEA) به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد رشد کردند. سوسپانسیون با غلظت 1×10^6 در میلی لیتر تهیه شد پس مدت زمان کشت و فرآوری کامبوچا، مایع رویی کامبوچا پس از سانتریفیوژ و فیلتراسیون جدا سازی و اسیدیته آن‌ها تنظیم و خنثی شد چای کامبوچا و مایع رویی فیلتر و خنثی شده کامبوچا به میزان ۱۰ درصد (v/v) در محیط MEA تلقیح و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط انکوبه شد در دمای اتاق برای انجماد رسانه‌ها. سپس، ۱۰ میکرولیتر از سوسپانسیون قارچ‌ها در مرکز محیط آگارتهیه شده تلقیح شد و به صورت هوازی در دمای ۲۵ °C انکوبه شدند. قطر رشد کپک هر روز در طول ۷ روز اندازه گیری و درصد مهار رشد محاسبه شد. جهت بررسی اثر بر تولید مایکوتوکسین‌ها بخشی از محیط بریده شده و مایکوتوکسین‌ها با ۳۰ میلی‌لیتر استونیتریل / متانول / اسید استیک استخراج شدند. پس از انکوباسیون در دمای محیط در تاریکی به مدت ۲۴ ساعت تمام نمونه‌ها با استفاده از فیلتر سرنگی (۰.۲ میکرومتر) فیلتر و آنایز مایکوتوکسین‌ها توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) با تشخیص فلورسانس انجام شد. استفاده از HPLC از آنالیز شدند.	نتایج این مطالعه پتانسیل کشت کامبوچا را برای مهار *A. flavus* و *A. carbonarius* با درصد مهار رشد به ترتیب ٪۶۲.۹۶ و ٪۵۹.۶۳ نشان داد و CFS از چای تخمیر شده کامبوچا به ترتیب ٪۵۲.۵۹ و ٪۲۵.۹۳ از *A. flavus* و *A. carbonarius* را مهار کرد. با این حال، فعالیت ضد قارچی تحت تاثیر pH قرار گرفت و مطلوب به شرایط اسیدی بود.	اثر بازدارندگی کامبوچا بر بهره وری AFB1توسط *A. flavus* و OTA توسط *A. carbonarius*	چای سیاه ٪۱ ساکارز ٪۱۰ w/v SCOBY ۳درصد w/v سپس ٪۱۰ (v/v) ٪۱۰ مایع کامبوچای قبلی تخمیر در تاریکی و در دمای محیط (۲۵ درجه سانتیگراد) به مدت ۷ روز انجام شد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

نتیجه گیری

وجود مایکوتوکسین‌ها در غذا و خوراک به طور بالقوه برای سلامت انسان و بهره وری حیوانات خطرناک است و در نتیجه باعث خسارات اقتصادی قابل توجهی می‌شود. علاوه بر این، سازمان غذا و کشاورزی(FAO) گزارش داد که حدود ۲۵ درصد از محصولات غذایی جهان به مایکوتوکسین‌ها آلوده هستند. از جمله مایکوتوکسین‌هایی که بیشتر در مواد غذایی یافت می‌شوند می‌توان آفلاتوکسین‌ها، زرالنون‌ها، فومونیسین‌ها، تریکوتسن‌ها، اوکراتوکسین‌ها و پاتولین را نام برد. در بین مایکوتوکسین‌ها، AFB1 رایج ترین مایکوتوکسین در محصولات کشاورزی است. آفلاتوکسین‌ها بر سلامت انسان و حیوانات تأثیر می‌گذارند و باعث آسیب‌های جدی مانند اثرات جهش زا، سرطان زا، تراتوژنیک، کبدی و سرکوب کننده سیستم ایمنی می‌شوند. آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC)، AFB1 را به عنوان سرطان زای انسانی در میان گروه ۱ طبقه بندی کرده است.

چندین روش فیزیکی (گرما، تابش، جذب، اشعه گاما، نور ماوراء بنفش) و شیمیایی (آمونیون، ازن، قرار گرفتن در معرض گاز کلر) برای کاهش مایکوتوکسین‌ها به کار گرفته می‌شود. در سالهای اخیر استفاده از میکروارگانیسمها در حذف مواد سمی در صنایع مختلف مورد توجه قرار گرفته است. برهمین اساس یکی از بهترین روشها برای کاهش مایکوتوکسین‌ها، روشهای بیولوژیکی است. بعنوان مثال کاهش AFB1 با استفاده از*سودوموناس پوتیدا*[۴۶] و *باسیلوس لیکنی فورمیس*[۴۷] گزارش شده است (۳۸). به دنبال بررسی‌های بیشتر بر روی خواص میکروارگانیسم‌ها در صنایع غذایی و عنوان شدن واژه پروبیوتیک، توجه به مواد غذایی تخمیری و خواص سلامتی بخش آنها بیشتر شده و یکی از محصولات تخمیری که مورد توجه قرارگرفته است، نوشیدنی کامبوچا است. میکروارگانیسم‌های زنده به این نوشیدنی خاصیت پروبیوتیکی می‌دهد و علاوه بر آن دارای ترکیبات شیمیایی مفید بسیاری است که آن را به یک نوشیدنی فراویژه تبدیل می‌کند. بر همین اساس مطالعاتی بر خواص سلامتی بخش آن انجام شده است، از جمله این مطالعات می‌توان به بررسی اثر کامبوچا در کاهش مایکوتوکسین‌ها اشاره کرد. طبق مطالعات انجام شده توانایی کامبوچا در کاهش آفلاتوکسین B1 و پاتولین ارائه شده است، همچنین کامبوچا را می‌توان یک کاندید مناسب برای مهار قارچ‌های سم زا در نظر گرفت. علاوه بر مطالعات انجام شده به طور مستقیم بر نوشیدنی کامبوچا، مطالعات گسترده ای بر اثر ترکیبات مختلف موجود در کامبوچا مانند اسیدهای آلی (لاکتیک اسید، گلوکرونیک اسید و سیتریک اسید و...) (۴۱) ترکیبات فنلی (۴۲)، ویتامین‌ها مانند ویتامین C (۴۳) در کاهش مایکوتوکسین‌ها انجام شده است بر همین اساس می‌توان استفاده از این نوشیدنی را در کاهش مایکوتوکسین‌ها مثمر ثمر دانست لیکن این موضوع نیازمند مطالعات بیشتر می‌باشد.

[46] *Pseudomonas putida*

[47] *Bacillus licheniformis*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

منابع

1. Larypoor M. An overview of food synthetic dietary supplements. Food Hygiene. 2021;11(3 (43)):1-22.
2. Akhavan Sepahi A, Larypoor M. An overview of the health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal. 2022;13(49):9-22.
3. Kapp JM, Sumner W. Kombucha: A systematic review of the empirical evidence of human health benefit. Annals of epidemiology. 2019;30:66-70.
4. Laureys D, Britton SJ, De Clippeleer J. Kombucha tea fermentation: A review. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2020;78(3):165-74.
5. de Oliveira PV, da Silva Júnior AH, de Oliveira CRS, Assumpção CF, Ogeda CH. Kombucha benefits, risks and regulatory frameworks: A review. Food Chemistry Advances. 2023;2:100288.
6. Coelho RMD, de Almeida AL, do Amaral RQG, da Mota RN, de Sousa PHM. Kombucha. International Journal of Gastronomy and Food Science. 2020;22:100272.
7. Villarreal-Soto SA, Beaufort S, Bouajila J, Souchard JP, Taillandier P. Understanding kombucha tea fermentation: a review. Journal of food science. 2018;83(3):580-8.
8. de Miranda JF, Ruiz LF, Silva CB, Uekane TM, Silva KA, Gonzalez AGM, et al. Kombucha: A review of substrates, regulations, composition, and biological properties. Journal of Food Science. 2022;87(2):503-27.
9. Kitwetcharoen H, Phung LT, Klanrit P, Thanonkeo S, Tippayawat P, Yamada M, et al. Kombucha healthy drink—recent advances in production, chemical composition and health benefits. Fermentation. 2023;9(1):48.
10. Dutta H, Paul SK. Kombucha drink: Production, quality, and safety aspects. Production and management of beverages: Elsevier; 2019. p. 259-88.
11. Martínez Leal J, Valenzuela Suárez L, Jayabalan R, Huerta Oros J, Escalante-Aburto A. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. CyTA-Journal of Food. 2018;16(1):390-9.
12. Zubaidah E, Dewantari FJ, Novitasari FR, Srianta I, Blanc PJ. Potential of snake fruit (Salacca zalacca (Gaerth.) Voss) for the development of a beverage through fermentation with the Kombucha consortium. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2018;13:198-203.
13. Xia XiuDong XX, Dai YiQiang DY, Wu Han WH, Liu XiaoLi LX, Wang Ying WY, Yin LiQing YL, et al. Kombucha fermentation enhances the health-promoting properties of soymilk beverage. 2019.
14. Zofia N-Ł, Aleksandra Z, Tomasz B, Martyna Z-D, Magdalena Z, Zofia H-B, et al. Effect of fermentation time on antioxidant and anti-ageing properties of green coffee kombucha ferments. Molecules. 2020;25(22):5394.
15. Sknepnek A, Tomić S, Miletić D, Lević S, Čolić M, Nedović V, et al. Fermentation characteristics of novel Coriolus versicolor and Lentinus edodes kombucha beverages and immunomodulatory potential of their polysaccharide extracts. Food Chemistry. 2021;342:128344.
16. Vitas JS, Cvetanović AD, Mašković PZ, Švarc-Gajić JV, Malbaša RV. Chemical composition and biological activity of novel types of kombucha beverages with yarrow. Journal of Functional Foods. 2018;44:95-102.
17. Vukić V, Iličić M, Vukić D, Kocić-Tanackov S, Pavlić B, Bjekić M, et al. The application of kombucha inoculum as an innovative starter culture in fresh cheese production. Lwt. 2021;151:112142.
18. da Silva Júnior JC, Magnani M, da Costa WKA, Madruga MS, Olegário LS, Borges GdSC, et al. Traditional and flavored kombuchas with pitanga and umbu-cajá pulps: Chemical properties, antioxidants, and bioactive compounds. Food Bioscience. 2021;44:101380.
19. Rahmani R, Beaufort S, Villarreal-Soto SA, Taillandier P, Bouajila J, Debouba M. Kombucha fermentation of African mustard (Brassica tournefortii) leaves: Chemical composition and bioactivity. Food Bioscience. 2019;30:100414.
20. Chlebicz A, Śliżewska K. In vitro detoxification of aflatoxin B 1, deoxynivalenol, fumonisins, T-2 toxin and zearalenone by probiotic bacteria from genus Lactobacillus and Saccharomyces cerevisiae yeast. Probiotics and antimicrobial proteins. 2020;12:289-301.
21. Ndiaye S, Zhang M, Fall M, Ayessou NM, Zhang Q, Li P. Current review of mycotoxin biodegradation and bioadsorption: Microorganisms, mechanisms, and main important applications. Toxins. 2022;14(11):729.
22. Kamle M, Mahato DK, Gupta A, Pandhi S, Sharma N, Sharma B, et al. Citrinin mycotoxin contamination in food and feed: Impact on agriculture, human health, and detection and management strategies. Toxins. 2022;14(2):85.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

23. Larypoor M, Bayat M, Zuhair MH, Sepahy AA, Amanlou M. Evaluation of the number of CD4+ CD25+ FoxP3+ Treg cells in normal mice exposed to AFB1 and treated with aged garlic extract. Cell Journal (Yakhteh). 2013;15(1):37.
24. Nasiri Poroj S, Larypoor M, Fazeli MR, Shariatmadari F. The synergistic effect of titanium dioxide nanoparticles and yeast isolated from fermented foods in reduction of aflatoxin B1. Food Science & Nutrition. 2023;11(11):7109-19.
25. Abraham N, Chan ETS, Zhou T, Seah SY. Microbial detoxification of mycotoxins in food. Frontiers in Microbiology. 2022;13:957148.
26. Dhakal A, Hashmi MF, Sbar E. Aflatoxin toxicity. 2020.
27. Kudupoje MB, Malathi V, Yiannikouris A. Impact of a natural fusarial multi-mycotoxin challenge on broiler chickens and mitigation properties provided by a yeast cell wall extract and a postbiotic yeast cell wall-based blend. Toxins. 2022;14(5):315.
28. Kępińska-Pacelik J, Biel W. Alimentary risk of mycotoxins for humans and animals. Toxins. 2021;13(11):822.
29. Silva JVBd, Oliveira CAFd, Ramalho LNZ. An overview of mycotoxins, their pathogenic effects, foods where they are found and their diagnostic biomarkers. Food Science and Technology. 2021;42:e48520.
30. Abou Dib A, Assaf JC, El Khoury A, El Khatib S, Koubaa M, Louka N. Single, subsequent, or simultaneous treatments to mitigate mycotoxins in solid foods and feeds: A critical review. Foods. 2022;11(20):3304.
31. Du G, Liu L, Guo Q, Cui Y, Chen H, Yuan Y, et al. Microbial community diversity associated with Tibetan kefir grains and its detoxification of Ochratoxin A during fermentation. Food Microbiology. 2021;99:103803.
32. Liu L, Xie M, Wei D. Biological detoxification of mycotoxins: Current status and future advances. International Journal of Molecular Sciences. 2022;23(3):1064.
33. Nahle S, El Khoury A, Savvaidis I, Chokr A, Louka N, Atoui A. Detoxification approaches of mycotoxins: By microorganisms, biofilms and enzymes. International Journal of Food Contamination. 2022;9(1):1-14.
34. Muhialdin BJ, Saari N, Meor Hussin AS. Review on the Biological Detoxification of Mycotoxins Using Lactic Acid Bacteria to Enhance the Sustainability of Foods Supply. Molecules. 2020;25(11):2655.
35. Murtaza B, Jin B, Wang L, Li X, Saleemi MK, Majeed S, et al. Mitigation of zearalenone in vitro using probiotic strains. LWT. 2023;186:115265.
36. Xu X, Chang J, Wang P, Liu C, Zhou T, Yin Q, et al. Glycyrrhinic acid and probiotics alleviate deoxynivalenol-induced cytotoxicity in intestinal epithelial cells. AMB Express. 2023;13(1):1-11.
37. Taheur FB, Mansour C, Jeddou KB, Machreki Y, Kouidhi B, Abdulhakim JA, et al. Aflatoxin B1 degradation by microorganisms isolated from Kombucha culture. Toxicon. 2020;179:76-83.
38. Jayabalan R, Baskaran S, Marimuthu S, Swaminathan K, Yun S. Effect of Kombucha tea on Aflatoxin B 1 induced acute hepatotoxicity in albino rats-prophylactic and curative studies. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 2010;53:407-16.
39. Ismaiel AA, Bassyouni RH, Kamel Z, Gabr SM. Detoxification of patulin by kombucha tea culture. CyTA-Journal of Food. 2016;14(2):271-9.
40. Taheur Fb, Mansour C, Chaieb K. Inhibition Of Aspergillus Flavus And Aspergillus Carbonarius Growth And Mycotoxins Production By Kombucha Fermented Tea.
41. Humer E, Lucke A, Harder H, Metzler-Zebeli BU, Böhm J, Zebeli Q. Effects of citric and lactic acid on the reduction of deoxynivalenol and its derivatives in feeds. Toxins. 2016;8(10):285.
42. Saricaoglu B, Subaşı BG, Karbancioglu-Guler F, Lorenzo JM, Capanoglu E. Phenolic compounds as natural microbial toxin detoxifying agents. Toxicon. 2023;222:106989.
43. Su Y, Sun Y, Ju D, Chang S, Shi B, Shan A. The detoxification effect of vitamin C on zearalenone toxicity in piglets. Ecotoxicology and environmental safety. 2018;158:284-92.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

A review of the binding properties of kombucha to toxins

Hoora Dadgostar [1], Shahrzad Sadeghi Amjad [2], **Mohaddeseh Larypoor**[*3]

[1] PhD student of Microbiology, Faculty of Biological Sciences, Islamic Azad University, North Tehran

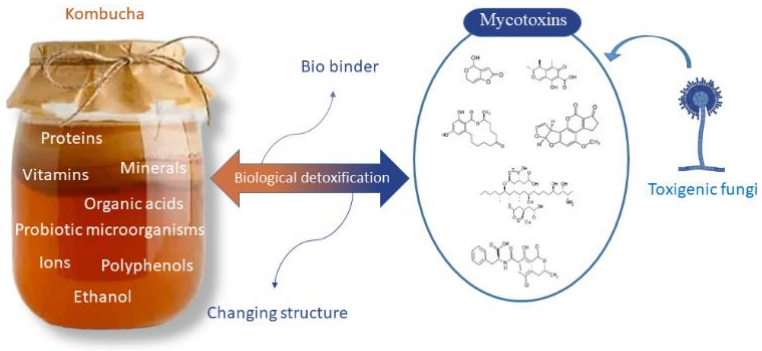
[2] PhD student of Microbiology, Faculty of Biological Sciences, Islamic Azad University, Central Tehran Branch

[3] Associate Professor of Mycology, Faculty of Biological Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch

Abstract

With the increasing progress of science about the health-giving effects of probiotics, the consumption of fermented foods, including kombucha drink, has been noticed and studies have been conducted on its effects in the fields of therapy, nutritional supplements, etc., especially detoxification. The presence of mycotoxins in the entire food chain, the resistant structure and the harm they have, require various detoxification methods. Biological methods of reducing mycotoxins based on the use of microorganisms and their metabolites are among the most important methods of reducing mycotoxins due to the reasons of being safe, maintaining the quality of food and cost-effectiveness. Studies have been conducted on the ability of kombucha to reduce mycotoxins such as aflatoxin B1, patulin, and the inhibitory effect on the growth of mycotoxin-producing fungi. Based on the positive results obtained from the studies and considering the ingredients of this very special drink, Kombucha drink can be considered an effective combination in reducing mycotoxins.

Keywords: Kombucha, Mycotoxin, Detoxification, Probiotic



Graphical abstract

* m.larypoor@iau-tnb.ac.ir

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]