



مروری بر خصوصیات اتصال کامبوچا به توکسین‌ها

حورا دادگستر^۱، شهرزاد صادقی امجد^۲، محدثه لاری پور^{۳*}

^۱ دانشجوی دکتری میکروبیولوژی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

^۲ دانشجوی دکتری میکروبیولوژی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

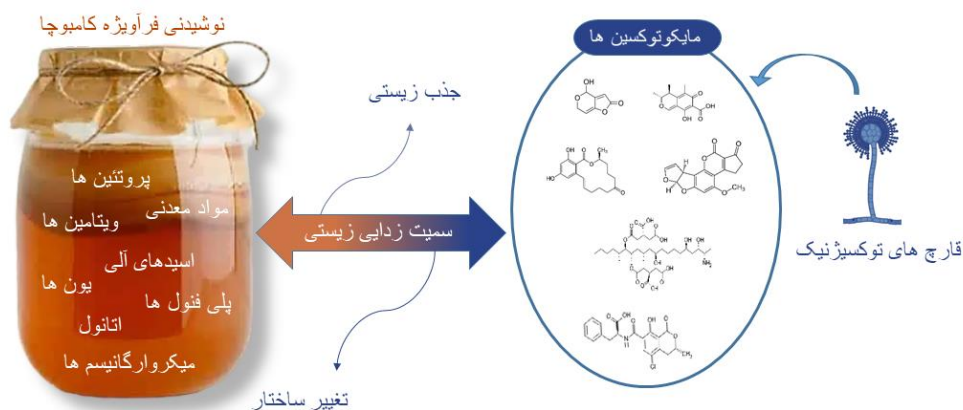
^۳ دانشیار قارچ شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

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

چکیده

با پیشرفت روزافزون علم پیرامون اثرات سلامتی بخش پروبیوتیک‌ها، مصرف مواد غذایی تخمیری از جمله نوشیدنی کامبوچا مورد توجه قرار گرفته و مطالعاتی پیرامون اثرات آن در حوزه‌های درمانی، مکمل‌های غذایی و... خصوصاً سمیت‌زدایی صورت گرفته است. حضور مایکوتوکسین‌ها در تمام زنجیره غذایی، 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 مایکوتوکسین‌ها هستند. مطالعاتی بر توانایی کامبوچا در کاهش مایکوتوکسین‌ها مانند آفلاتوکسین B1، پاتولین و اثر مهارتی 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 در کاهش مایکوتوکسین‌ها در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: کامبوچا، مایکوتوکسین، سمیت‌زدایی، پروبیوتیک



چکیده گرافیکی

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

مقدمه

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 جدول ۱ 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 نسبتاً ترش و کمی گاز دار است. طعم مطلوب و همچنین فواید سلامتی بخش کامبوچا، موجب محبوبیت آن در سراسر جهان شده است (۸). به طور کلی نوشیدنی کامبوچا از یک بیوفیلیم 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 دی‌اکسید 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

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 یافته است و عموم به مصرف این مواد روی آوردند، مواد غذایی تخمیری از هزاران سال پیش نقش مهمی در زندگی بشر داشته است 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 فرآورده

کامبوچا یک نوشیدنی تخمیری با منشأ آسیایی است و از شمال شرق چین (منچوری) سرچشمه گرفته است. در دوره سلسله تسین (لینگ چی) به دلیل خواص سم‌زدایی و انرژی‌زایی عنوان "چه الهی (درمان جاودانگی)" را به خود اختصاص داد (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 سیننسیس^۳) شیرین شده با کشت کنسرسیوم^۴ میکروبی (همزیستی باکتری‌ها و مخمرها در بیوفیلیم 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

⁵ Invertase enzyme

⁶ Osmophilic Bacteria

² Kombucha

³ *Camellia sinensis*

⁴ Microbial Consortium

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).

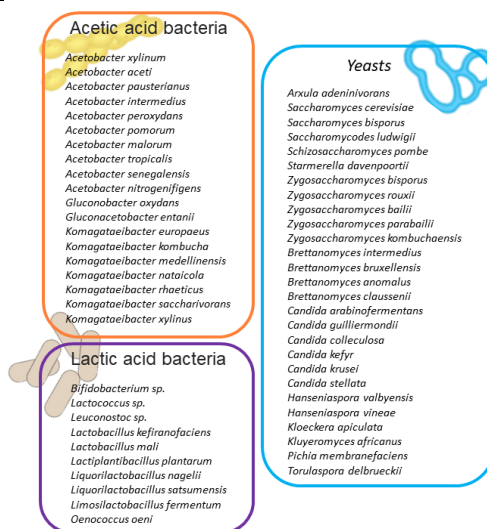
از سلولز را به عنوان متابولیت ثانویه تخمیر تولید می‌کنند. این شبکه سلولزی تولید ارتباط ایجاد شده بین باکتری‌ها و مخمر را افزایش می‌دهد و یک غشای ضخیم با جنبه ژلاتینی تولید می‌کند (۸). که این بیوفیلم شناور را SCOBY، قارچ چای یا مادر کامبوچا نیز می‌نامند. بیوفیلم میکروارگانیسم‌ها با ظاهری بسیار شبیه به 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 شکل ۱ به آن اشاره شده است (۹).

جدول ۱- اثر متغیرها بر تولید کامبوچا

منابع	اثر	متغیر
(۸، ۷)	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.	سوبسترا
(۷، ۴)	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 آنتی‌اکسیدانی افزایش می‌یابند اما به علت تجمع اسیدهای آلی، افزایش مدت زمان فرآیند تخمیر توصیه نشده است و انتخاب این مدت زمان به کیفیت محصول مورد نظر بستگی دارد.	زمان تخمیر
(۷، ۴)	حفظ دمای بهینه در طول فرآیند تخمیر منجر به رشد میکروبی و فعالیت آنزیمی بهتر می‌شود. علاوه بر این، فعالیت آنتی‌اکسیدانی محصولات با منشاء گیاهی می‌تواند تحت تأثیر تغییرات دما قرار گیرد. به طور کلی، مقادیر دمای فرآیند تخمیر کامبوچا بین ۲۲°C-۳۰°C است.	دما
(۷، ۴)	یکی از مهم ترین پارامترهای محیطی موثر بر فرآیند تخمیر میزان اسیدیته است و ممکن است بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و رشد کنسرسيوم میکروبی تأثیر بگذارد.	pH
(۷)	اکسیژن یک کشت میکروبی باید در طول رشد با سرعت کافی تأمین شود تا نیاز میکروارگانیسم‌ها را برآورده کند، در فرآیند تخمیر کامبوچا، همزدن محیط به دلیل	سرعت انتقال اکسیژن

⁷ Consortium

	<p>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.</p>	
(۷)	<p>فرآیند تخمیری در کامبوچا به کمک کنسرسیون میکروبی مستقر در یک لایه سلولزی تحت عنوان SCOBY انجام می‌شود. به طور کلی، SCOBY عمدتاً از باکتری‌های اسید استیک^۸ (AAB)، باکتری‌های اسید لاکتیک^۹ (LAB) و مخمرها تشکیل شده است و این همزیستی منجر به تولید متابولیت‌های متنوع و تغییر در خواص بیولوژیکی می‌شود.</p>	<p>ترکیب میکروبیولوژیکی کامبوچا</p>



شکل ۱- مهمترین باکتری‌ها و مخمرها در SCOBY

محلول در آب (ب، ا، ب، ۲، ب، ۶، ب، ۱۲ و سی)، اسیدهای آمینه، آمین‌های زیستی^{۱۳}، پورین‌ها، رنگدانه‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها، آنزیم‌های هیدرولیز کننده^{۱۴}، اتانول، دی‌اکسید کربن، پلی‌فنل‌ها، مواد معدنی (منگنز، آهن، نیکل، مس و روی)، آنیون‌ها (کلرید، برمید، یدید، نترات، فسفات و

انواع ترکیبات شیمیایی در نوشیدنی کامبوچا

انواع ترکیبات شیمیایی در نوشیدنی کامبوچا شناسایی و بررسی شده است. ترکیباتی مانند اسیدهای آلی، عمدتاً اسیداستیک^۸، اسیدگلوکونیک^{۱۱} و اسیدگلوکورونیک^{۱۲}، انواع قندها (ساکارز، گلوکز و فروکتوز)، ویتامین‌های

⁸Acetic acid bacteria

⁹Lactic acid bacteria

¹⁰Acetic acid

¹¹Gluconic acid

¹²Glucuronic acid

¹³Biogenic amines

¹⁴Hydrolytic enzyme

موجود در کامبوچا هستند که در شکل ۲ آورده شده است.
(۴, ۱۰, ۱۱)

سولفات)، دی ساکاریک اسید-۴،۱-لاکتون^{۱۵} (DSL) و محصولات متابولیکی مخمرها و باکتری‌ها از دیگر مواد



شکل ۲- انواع ترکیبات در نوشیدنی کامبوچا

دهند که در جدول ۲ 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.

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 انواع نوشیدنی کامبوچا در سراسر دنیا تهیه می‌شوند و می‌توانند ترکیبات شیمیایی، میکروبی و خواص زیستی این نوشیدنی را تغییر

جدول ۲ - چند نمونه از انواع نوشیدنی کامبوچا و خصوصیات آنها

¹⁵D-Saccharic acid 1,4-lactone (DSL)

منبع	فعالیت بیولوژیکی	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی	شرایط تخمیر	سوبسترا
(۱۲)	فعالیت آنتی اکسیدانی مهارد DPPH = ۹۱/۷۳٪	اسیدیته کل = ۱٪/۵۶ ۳/۲۲ = pH قند کل = ۷/۷۶٪ TSS = ۱۲/۸۸٪ mg = TPC ۵۳۵/۵۹ GAE/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: مهارد DPPH $\geq 65\%$ مهارد ABTS $\geq 85\%$ قدرت کاهش آهن $\leq ۰/۸۵$ (mM TE/g) فعالیت ضد دیابتی: مهارد α - گلوکوزیداز $\leq ۸۲\%$ مهارد α - آمیلاز $\leq ۶۳\%$	mg = TPC -۳/۵۸ GAE/g ۳/۴۷ فرولیک اسید - ۳۸۸/۲۳ $\mu\text{g/g}$ = ۳۷۰/۵۱ کلروژنیک اسید ۳۱۷/۵۲ $\mu\text{g/g}$ = - ۲۹۸/۰۶ اسید اسکوربیک اسید $\mu\text{g/g}$ = - ۱۶۷۶/۴۳ ۱۵۸۶/۹۵	۱ لیتر شیر سویا ۵٪ 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 مهارد DPPH = ۲۰-۴۰٪ مهارد سوپراکسید دیسموتاز = ۱۰۰-۱۵۰٪ فعالیت سیتوتوکسیک: علیه کراتینوسیت‌ها و فیروپلاست‌ها حدود ۱۱۵٪ فعالیت ضد پیری:	mg = TPC GAE/g -۳۹۲/۵۶ ۱۰۶/۷۶ mg = TFC -۶۶/۵۳ CE/L ۱۷/۰۲	۱۵ گرم سوبسترا در ۵۰۰ میلی لیتر ۵۰ گرم ساکارز ۳ گرم کامبوچا ۱۴، ۷ و ۲۸ روز در دمای اتاق	قهوه سبز عربیکا

			مهاری کلانناز $\geq 30\%$ مهاری الاستاز 100-75%	
<i>Coriolus versicolor</i> و <i>Lentinus edodes</i>	25 g/L بستر 70 g/L ساکارز 10% کامبوچا (v/v) 11 روز در دمای 1 ± 24 درجه سانتی گراد	pH = 5/24-5/39 کل اسیدها \geq 35 mg/L ساکارز = 0/1-6/1 mg/L اتانول = 3/5-0/4 % پلی ساکارید کل -7/97 mg/L = 35/16 mg = TFC -0/03 CE/L 0/01 mg = TPC -0/33 GAE/g 0/09	فعالیت ضد التهابی: کاهش سیتوکین های Th2 و IL-10	(15)
بومادران (<i>Achillea millefolium</i> L.)	1/13 یا 2/26 گرم بستر در 500 میلی لیتر آب 10% کامبوچا (v/v) 7 روز در دمای 25 درجه سانتی گراد	pH = 3/9-5/1 2/3 اسید کل = g/L 17/1-76/26 اسید اگزالیک = -3/45 g/L 0/14 اسید فرمیک = -2/33 g/L 0/04 اسید استیک = 8/12-15/1 g/L اسید سوکسینیک = 0/05-0/3 g/L	فعالیت ضد میکروبی علیه: <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Proteus mirabilis</i> <i>Bacillus subtilis</i> MIC: 765-/5 μ g/mL 9/312 فعالیت ضد تکثیری: علیه رده های سلولی مشتق شده از رابدومیوسارکوم انسانی، سرطان دهانه رحم انسان و فیروبلاست موش	(16)

		<p>اسید مالیک = $0.1 - 1.59 \text{ g/L}$ $\text{g} = \text{TPC}$ 0.34 CAE/L 0.14 $\text{g RE/L} = \text{TFC}$ $0.04 - 0.17$ ویتامین C = 1.14 mg/L 0.38</p>		
شیر	<p>تولید پنیر با تلقیح کامبوچا شیر 10% کامبوچا (v/v) 0.5% آنزیم انعقادی 35 درجه سانتی گراد تا رسیدن به pH 4.5</p>	<p>چربی کل = $26/75$ پروتئین کل = $1/33$ $\text{mg} = \text{TPC}$ $5/81 \text{ GAE/g}$</p>	<p>فعالیت ضد میکروبی پس از آلودگی به <i>E. coli</i> (98/35) و <i>L. monocytogenes</i> (% 98/98)</p>	(17)
<p>میوه‌های (<i>Eugenia</i> <i>uniflora</i> L.) umbu-caja (<i>Spondia</i> <i>tuberosa</i>)</p>	<p>12/5% (w/v) چای 7/5% (w/v) شکر 3% (w/v) کامبوچا 20% (v/v) کامبوچا 7 روز در دمای 25 ± 2 درجه سانتی گراد چای سبز کامبوچا با 15% میوه 48 ساعت در دمای 25 درجه سانتی گراد</p>	<p>pH = 2/09 - 2/67 اسید کل = w/v $0.07 - 2/76$ گلوکز = g/L $16/75 - 17/8$ فروکتوز = g/L $17/53 - 18/19$ اسید استیک = $1/2 - 1/29 \text{ g/L}$ اسید بوتیریک = $1/89 - 2/71 \text{ g/L}$ اسید سیتریک = $0.17 - 2/2 \text{ g/L}$</p>	<p>فعالیت آنتی‌اکسیدانی مهار DPPH = 2350 - 98 $2361/91$ (μM TEAC/100mL) دسترسی زیستی کافتاریک اسید = 29/98 - $22/38$ کاتچین = 17/61 - 23/48 هسپریدین = 28/47 - $22/43$</p>	(18)

<p><i>Brassica tournefortii</i> (خردل آفریقایی)</p>	<p>۱۰/۵ گرم در ۱۱۰۰ میلی لیتر آب ۷۷ گرم ساکارز ۷ گرم کامبوچا ۱۴ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد</p>	<p>pH = ۳ TPC (عصاره ایتیل استات) = ۲۷۰ mg GAE/g TPC (عصاره n - بوتانول) = ۱۷۵ GAE/g</p>	<p>(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-7 کمتر از نسخه تخمیر نشده</p>	
---	--	--	---	--

مایکوتوکسین‌ها

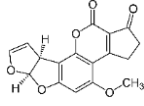
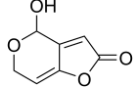
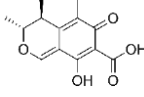
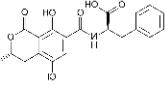
فوزاریوم^{۱۹} هستند. مهم ترین مایکوتوکسین‌ها در مواد غذایی شامل، آفلاتوکسین^{۲۰} (AF)، اوکراتوکسین^{۲۱} (OT)، تریکوتسن^{۲۲}، از جمله دئوکسی نیوالنول^{۲۳} (DON)، توکسین T-2، فومونیزین^{۲۴} (FUM)، پاتولین^{۲۵}، سترینین^{۲۶} و زرانون^{۲۷} (ZEN) شایع ترین آلودگی‌های مرتبط با مایکوتوکسین‌ها هستند که خصوصیات آنها در جدول ۳ آورده شده است.

مایکوتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه با جرم مولکولی کم (~ ۷۰۰ Da) هستند که توسط قارچ‌های رشته‌ای سنتز می‌شوند که عمدتاً به شاخه آسکومیست‌ها^{۱۶} تعلق دارند (۲۰). تاکنون بیش از ۲۰۰ نوع مایکوتوکسین شناخته شده است. شایع ترین منبع آلودگی غذا و خوراک، مایکوتوکسین‌های تولید شده توسط قارچ‌های آسپرژیلوس^{۱۷}، پنی سیلیوم^{۱۸} و

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

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

جدول ۳- مهم‌ترین مایکوتوکسین‌های شناخته شده و خصوصیت آن‌ها

منبع	دوز مجاز در مواد غذایی WHO	سمیت‌زدایی	ارگان هدف	گروه عاملی موثر	ساختار	اثرات	مواد غذایی	فارج تولیدکننده	مایکوتوکسین
۲۱) ()	۱۵ g/kg در بادام زمینی	اکسیداسیون	کبد	اپوکسید		سرطان‌زا، تراژون، جهش‌زا	گندم، ذرت، برنج، بادام، زمین، برنج، فلفل، پنبه، درخت آجیل و ادویه جات	<i>Aspergillus flavus, Aspergillus parasiticus, Aspergillus nominus, Aspergillus niger,...</i>	آفلاتوکسین B1
۲۱) ()	۵۰ g/kg در آب سیب	اکسیداسیون	دستگاه گوارش و کلیه‌ها	لاکتون		سمیت ژنتیکی، جهش‌زایی، اختلالات گوارشی، ادم	زردآلو، انگور، میوه انگور، هلو، گلابی، سیب، آب میوه، گوشت، پنیر و غلات	<i>Penicillium, Byssochlamys, Aspergillus species,...</i>	پاتولین
۲۲) ()	۱۷۳ g/kg در غلات	دکربوکسیلایون	کلیه‌ها	کربوکسیل		القای استرس اکسیداتیو و اثرات نفروتوکسیک	غلاتی مانند برنج، ذرت و گندم	<i>Aspergillus, Penicillium, Monascus species,...</i>	سیتترینین
۲۱) ()	۵ g/kg در	هیدرولیز پیوند آمیدی به L-فنیل	کلیه‌ها	پیوند آمیدی بین‌بخش		اثرات نفروتوکسیک و کک	میوه‌ها، قهوه، ادویه	<i>Aspergillus ochraceus, Penicillium verrucosum, Aspergillus</i>	اوکراتوکسین

	<i>carbonarius, Aspergillus niger, ..</i>	جات ترشی، جات، شراب، کاکائو، خشک، لوبیا، ذرت، غلات، غلات و برنج	نوروتوکسیک، کک		ایزو کومارین و فنیل آلانین		آلانین و اکراتوکسین α	گندم و جو	
دئوکسی نیوالنول	<i>Fusarium graminearum, Fusarium culmorum, ..</i>	محصولات غلات	آسیب روده، اثرات استفراغ، ایمنی سمی		اپوکسید	دستگاه گوارش	اکسیداسیون، اپیمسازی، استیلایسیون، هیدروکسیلاسیون و گلیکوزیلاسیون	۲۱) (۲۰۰۰ μg/kg در گندم، جو و ذرت)	
زرالون	<i>Fusarium graminearum, Fusarium culmorum, Fusarium cerealis, Fusarium equiseti, Fusarium semitectum, ...</i>	محصولات غلات، گندم، جو، سویا، ذرت و ...	سمیت سیتوژنتیک، کاهش باروری، سمیت جنینی، سمیت ایمنی، فعالیت‌های استروژنی، ضد آندروژنی		استری و الکل (سمیت استروژنی ک)	دستگاه تولید مثلی	دکربوکسیلاسیون - سیون - اکسیداسیون	۲۱) (۰/۲۵ μg/kg مصر ف روزانه قابل تحمل (توسط (EFS A	
فومونیسین B1	<i>Fusarium verticilloides, Fusarium proliferatum, ...</i>	برنج، انجیر، آجرو و ذرت	سمیت عصبی، سمیت کبدی، سمیت کلیوی		استری	کلیه‌ها و کبد	هیدرولیز پیوندهای استری	۲۱) (۲۰۰۰ μg/kg +FB1 در ذرت و کنجا	

								له	
								ذرت	

آفلاتوکسین

آسپرژیلوس پارازیتیکوس^{۳۲} تولید می‌شوند (۲۶). که آفلاتوکسین B1 سمی‌ترین میکوتوکسین و دارای بیشترین اثر سرطان‌زایی بر روی کبد است (۲۴، ۲۵).

فومونیسین‌ها

فومونیسین‌ها گروهی از میکوتوکسین‌ها هستند که عمدتاً توسط قارچ‌های جنس فوزاریوم^{۳۳} تولید می‌شوند (۲۸، ۲۹). این میکوتوکسین‌ها در محصولات زراعی مانند ذرت یافت می‌شوند و مهم‌ترین نوع آن‌ها فومونیسین B₁ (FB₁) است که دارای پتانسیل سرطان‌زایی است. FB₁ 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 منشأ گیاهی و حیوانی یافت می‌شوند. این میکوتوکسین عمدتاً توسط قارچ آسپرژیلوس کربوناریوس^{۳۴} تولید شده و به سه نوع A, B, C تقسیم بندی می‌شود (۲۸). که مهم‌ترین آنها، اوکراتوکسین A (OTA) است، OTA در برابر حرارت مقاوم و در محیط اسیدی پایدار است (۲۸، ۲۹). این میکوتوکسین تمایل به تجمع در بافت‌های حیوانی داشته و باعث اثرات عصبی و تراتوژنیک^{۳۵} 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 بین‌المللی تحقیقات سرطان^{۳۶} (IARC) به عنوان عاملی با احتمال سرطان‌زایی برای انسان شناخته شد (۲۸).

آفلاتوکسین‌ها میکوتوکسین‌های دی فورانوکومارین^{۲۸} هستند که توسط گونه‌های مختلف آسپرژیلوس^{۲۹} 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^{۳۰} 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 G₁، B₂، B₁ و G₂ هستند. آفلاتوکسین‌های M₁ و M₂ به ترتیب متابولیت‌های ناشی از هیدروکسیله شدن آفلاتوکسین‌های B₁ و B₂ هستند (۲۶). در بین میکوتوکسین‌ها، AFB₁ رایج‌ترین نوع در محصولات کشاورزی می‌باشد که سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA) آن را یک آلاینده اجتناب‌ناپذیر در غذاها می‌داند (۲۶). بر اساس گزارش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) حدود ۲۵ درصد از محصولات غذایی جهان به میکوتوکسین‌ها آلوده هستند (۲۷). آفلاتوکسین B₁ و آفلاتوکسین B₂ هر دو توسط آسپرژیلوس فلاووس^{۳۱} و

³² *Aspergillus parasiticus*

³³ *Fusarium spp.*

³⁴ *Aspergillus carbonarius*

³⁵ Teratogenic

³⁶ International Agency for Research on Cancer

²⁸ Furanocoumarins

²⁹ *Aspergillus.sp*

³⁰ Aflatoxicosis

³¹ *Aspergillus flavus*

زرالنون

زرالنون (ZEN) عمدتاً توسط قارچ‌های جنس فوزاریوم^{۳۷} 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 $\beta 17$ استرادیول، منجر به هیپراستروژنیسم و ایجاد اختلال در تولید مثل می‌شود (۲۹).

تریکوتسن‌ها

تریکوتسن‌ها متابولیت‌های ثانویه چهارحلقه ای متشکل از مولکول‌های کوچک آملی پاتیکی هستند که عمدتاً توسط قارچ‌های فوزاریوم^{۳۸}، 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 دنوکسی 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 منجر به 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).

سیتترینین

سیتترینین مایکوتوکسینی است که در غلات آلوده یافت می‌شود و عمدتاً توسط قارچ‌های *آسپرژیلوس*^{۴۰}، *پنی سیلیوم*^{۴۱} و *موناسکوس*^{۴۲} تولید می‌شود. سیتترینین منجر به القای استرس اکسیداتیو و اثرات نفروتوکسیک می‌شود (۲۵).

پاتولین

پاتولین عمدتاً در محصولات غذایی مشتق شده از سیب و آلبوموها یافت می‌شود. این مایکوتوکسین یک پلی کتید دو حلقه ای است که عمدتاً توسط قارچ *پنی سیلیوم اکسپانوسوم*^{۴۳} تولید می‌شود و در ساختار خود دارای لاکتون غیراشباع α ، β الکتروفیل می‌باشد که با گروه‌های سولفیدریل غنی از الکترون مانند سیستمین و گلوکاتینون واکنش می‌دهد، در ساختار DNA ایجاد شکستگی کرده، بر عملکرد پروتئین و افزایش استرس اکسیداتیو اثر می‌گذارد. پاتولین منجر به 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 شکل ۳ آورده شده است.

عواملی مانند دمای 25°C تا 30°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*

³⁷*Myrothecium spp.*

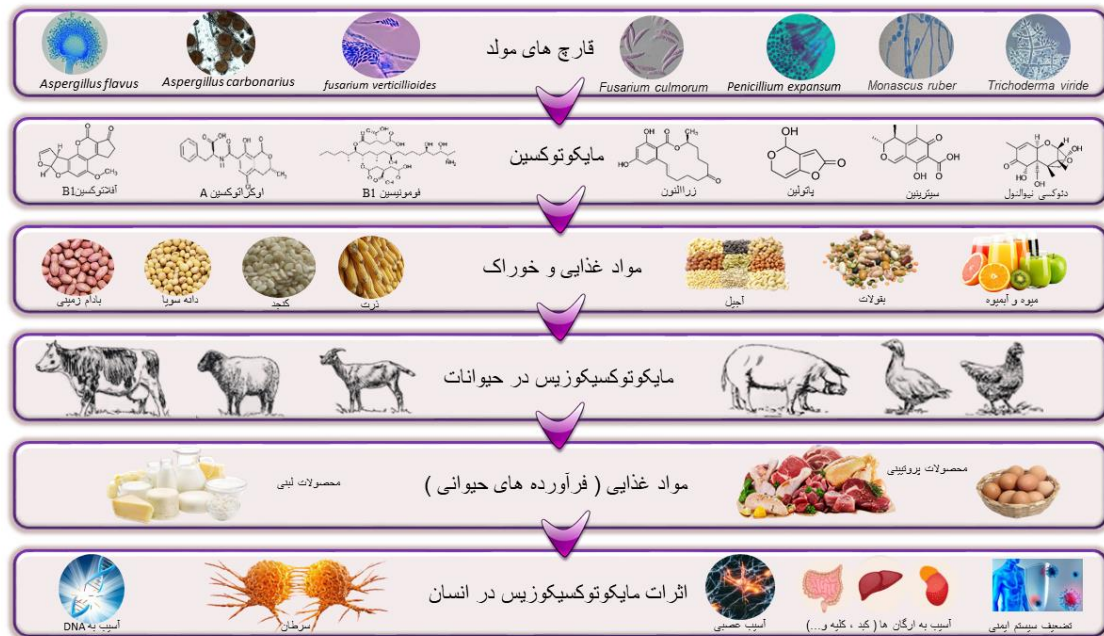
³⁸*Stachybotrys spp.*

³⁹*Trichoderma spp.*

⁴⁰*Aspergillus spp.*

شوند، از این رو کاهش مایکوتوکسین توسط روش‌های مختلف حائز اهمیت است (۲۷).

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



شکل ۳- مایکوتوکسین‌ها در زنجیره غذایی

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 بر کاهش آنها وجود دارد که می‌تواند فراهمی زیستی مایکوتوکسین‌ها را در دستگاه گوارش کاهش دهد (۲۸).

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



شکل ۴- روش‌های مختلف برای کاهش مایکوتوکسین‌ها

اصلاحی امیدوار کننده تر می‌سازد (۳۱). مطالعات زیادی بر سم زدایی بیولوژیکی مایکوتوکسین‌ها انجام شده و نتایج مورد توجهی ارائه شده است. مانند مطالعه ای که کارایی بالای سویه‌های مخمر زیگوساکارومایسس روکسی^{۴۵} را در کاهش AFB1 نشان داده است (۳۰). میکروارگانسیم‌های پروبیوتیک در سم زدایی بیولوژیکی 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 داشته باشند، 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 جدول ۴ 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 میکروارگانسیم‌ها 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 میکروارگانسیم‌ها و یا ایجاد تغییر در ساختار شیمیایی به دنبال اتصال واحدهای شیمیایی حاصل از متابولیت‌های میکروبی برگشت پذیر نبوده و منجر به ایجاد باقی مانده‌های نامطلوب می‌شود؛ که ممکن است سمیت کم تر یا بیشتر از مایکوتوکسین اولیه داشته باشد (۳۲).

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.

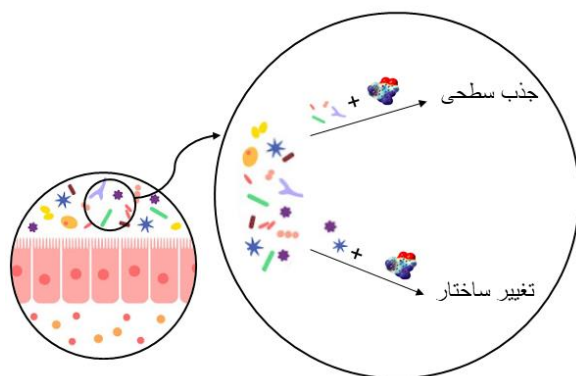
روش‌های ترکیبی: این روش‌ها با بهره وری بهتر از ادغام روش‌های دیگر حاصل می‌شوند و به دو صورت روش‌های متوالی و روش‌های همزمان انجام می‌شود (۳۰).

روش‌های بیولوژیکی: در سال‌های اخیر جهت مبارزه با مایکوتوکسین‌ها از روش‌های بیولوژیکی نیز استفاده می‌شود که شامل استفاده از میکروارگانسیم‌ها 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 داده است؛ به این صورت که کاشت سویه‌های غیر سم زا و ایجاد رقابت بر سر مکان زندگی و مواد مغذی می‌تواند منجر به 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

⁴⁵ *Zygosaccharomyces rouxii*

⁴⁴ Photocatalyst



شکل ۵ - سم زدایی مایکوتوکسین‌ها توسط پروبیوتیک‌ها

جدول ۴- میکروارگانیزم‌های پروبیوتیک کاهش دهنده مایکوتوکسین‌ها

میکروارگانیزم	مایکوتوکسین هدف	درصد ~ کاهش	منبع	میکروارگانیزم	مایکوتوکسین هدف	درصد کاهش	منبع
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG, <i>L. rhamnosus</i> LC-705	AFB1	80	(۳۴)	<i>Bifidobacterium animalis</i> VM 13	PAT	۸۰	(۳۳)
<i>L. amylovorus</i> , <i>L. rhamnosus</i>	AFB1	۵۰	(۳۴)	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 1088	AFB1	۷۹	(۳۳)
<i>L. casei</i> LOCK 0920, <i>L. brevis</i> LOCK 0944, <i>L. plantarum</i> LOCK 0945	AFB1 AFB2 AFG1 AFG2	۵۰	(۳۴)	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG	ZEN AFM1	۷۰ ۶۳/۱	(۳۳)
<i>L. plantarum</i> , <i>Lactococcus lactis</i>	AFB1	۸۱	(۳۴)	<i>Enterococcus faecium</i> 21,605	PAT	۶۴/۵	(۳۳)
<i>Streptococcus thermophiles</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantrium</i>	AFM1	۱۱-۳۴	(۳۴)	<i>Lactobacillus paracasei</i> LOCK 1091	AFB1 FUM T-2 ZEN	۵۱ ۵۳/۳۳ ۴۶ ۴۹	(۲۰)
<i>L. casei</i>	AFB1	۴۹/۲	(۳۴)	<i>Lactobacillus reuteri</i> LOCK 1096	AFB1 DON FUM T-2 ZEN	۶۱/۶ 30 65 33/5 5 33/3 4	(۲۰)

<i>L. paracasei</i> LOCK 0920, <i>L. brevis</i> LOCK 0944, <i>L. plantarum</i> LOCK 0945	AFB1	۳۹-۵۵	(۳۴)	<i>Actinobacteria</i> AT8	OTA	۵۲/۶	(۳۳)
<i>L. plantarum</i> C88	AFB1	۶۰٪	(۳۴)	<i>Lactobacillus plantarum</i> 13 M5	PAT	۴۳/۸	(۳۳)
<i>L. casei</i> LOCK 0920, <i>L. brevis</i> LOCK 0944, <i>L. plantarum</i> LOCK 0945	OTA	~۵۰	(۳۴)	<i>Lactobacillus plantarum</i> VM 37	OTA	۴۳	(۳۳)
<i>L. acidophilus</i> VM 20, <i>Bifidobacterium animalis</i> VM12	OTA PAT	۹۵ ۸۰	(۳۴)	<i>Lactobacillus plantarum</i> VM 37	PAT	۳۹	(۳۳)
<i>Pediococcus parvulus</i>	OTA	۹۰	(۳۴)	<i>Lactobacillus brevis</i> LOCK 1093	AFB1 FUM T-2 ZEN	۶۳ ۵۷/۳۳ ۳۸/۶۶ ۴۷	(۲۰)
<i>L. rhamnosus</i> CECT 278T	OTA	۹۷	(۳۴)	<i>Lactobacillus casei</i> LOCK 0911	AFB1 FUM T-2 ZEN	۵۱ ۵۸/۳۳ ۵۴/۶۶ ۴۲/۶۶	(۲۰)
<i>L. plantarum</i> GT III	DON	56-66	(۳۴)	<i>Lactobacillus pentosus</i> LOCK 1094	AFB1 FUM T-2 ZEN	۶۴ 62 53 63	(۲۰)
Lactic acid bacteria strains	DON FUMB1 FUMB2	۵۵ ۸۲ ۱۰۰	(۳۴)	<i>Lactobacillus plantarum</i> LOCK 0860	AFB1 FUM T-2 ZEN	۵۵ ۴۹/۶۶ ۶۰/۶۶ ۶۴/۶۶	(۲۰)
Lactic acid bacteria	FUMB1 ZEN	۵۶-۶۷ ۶۸-۷۵	(۳۴)	<i>P. pentosaceus</i> KTU05-10	DON	۴۷	(۳۲)
<i>L. lactis</i>	ZEN	۵۵	(۳۴)	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> LOCK 1087	AFB1 FUM T-2 ZEN	۵۹/۶ 58 62/3 3 46/6 6	(۲۰)

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

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 خوراکی با خواص سم‌زدایی باشند.

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 قرار بگیرد؛ به همین منظور مطالعاتی انجام شده است که به صورت خلاصه در جدول ۵

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 <i>Pichia occidentalis</i> و <i>sorboxylosa</i>	بررسی تخریب آفلاتوکسین B1 توسط میکروارگانیسم‌های جدا شده از کامبوچا	گرم چای سیاه ۱٪ ساکارز 10% ۳ درصد (w/v) پلیکول کامبوچا

<p>تخمیر به مدت ۷ روز در دمای ۲۵°C انجام شد.</p>		<p><i>Hanseniaspora opuntiae</i> شناسایی شدند و بیشترین ظرفیت تخریب AFB1 مربوط به <i>P. occidentalis</i> (۵۹٪) شناسایی شد. داده‌های مربوط به آزمایش‌های سمیت سلولی ترکیبات باقیمانده نشان داده شد که سمیت محصولات تخریب شده از AFB1 خالص کمتر است.</p>	<p>سویه‌های موثر بر اساس خواص مورفولوژیکی و مولکولی شناسایی شدند. براث MRS، آبگوشت YPD و چای سیاه همراه با ۱ میکروگرم در میلی لیتر AFB1 همانطور که قبلاً 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 ۲۵°C 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 غیرمجدب 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.</p>
--	--	--	--

			<p>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 <i>Artemia salina</i> با سنجش مرگ و میر در حضور غلظت‌های مختلف AFB1 و محصولات تخریب شده بررسی شد.</p>	
<p>چای سیاه ۱.۲ w/v ساکارز ۱۰٪ w/v ۳٪ SCOBY w/v تخمیر در تاریکی در دمای ۲۴±۳ °C به مدت ۱۴ روز انجام شد.</p>	<p>اثر پیشگیرانه و درمانی چای سیاه و نوشیدنی کامبوچا بر آسیب کبدی ناشی از آفلاتوکسین B1 در موش‌های صحرایی نر آلبینو</p>	<p>نتایج به دست آمده کاهش آنزیم‌ها و نشان‌گرهای سمیت کبدی (گاما-گلوتامیل 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.</p>	<p>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 اندازه‌گیری 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 رنگ آمیزی شدند. سپس با لنز ۱۰۰ میکروسکوپ نوری مشاهده شدند. همچنین یک قسمت از کبد پس از آماده‌سازی با بافر جهت بررسی ای بیوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفت.</p>	(۳۸)

<p>چای سیاه (۱٪/۲) 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.</p>	<p>بررسی اثر مهارى چای کامبوچا در تولید پاتولین</p>	<p>چای کامبوچا توانایی قابل توجهی در مهار تولید توسط سه گونه قارچ <i>P.</i> <i>T. expansum</i> <i>A. purpureogenus</i> و <i>implicatum</i> 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.</p>	<p>(۳۹) پس از تخمیر مایع رویی کامبوچا جدا و فیلتر و آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی 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 <i>S. cerevisiae</i> سوسپانسیون با غلظت 1×10^9 سلول در میلی لیتر به عنوان استفاده برای کنترل تهیه شد و برای به دست آوردن مخمر غیر فعال 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 X 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 انکووباسیون 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 اندازه گیری و</p>
--	---	---	--

			<p>غلظت با ثبت چگالی نوری در برابر یک منحنی استاندارد به دست آمد.</p>
<p>چای سیاه ۱٪ ساکارز ۱۰٪ w/v SCOBY ۳ درصد w/v سپس ۱۰٪ ۱۰٪ (v/v) مایع کامبوچای قبلی تخمیر در تاریکی و در دمای محیط (۲۵ درجه سانتیگراد) به مدت ۷ روز انجام شد.</p>	<p>اثر بازدارندگی کامبوچا بر بهره‌وری AFB1 توسط A. OTA و flavus توسط A. carbonarius</p>	<p>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.</p>	<p>(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 میلی‌لیتر 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 آگار تهیه شده تلقیح شد و به صورت هوازی در دمای °C ۲۵ انکوبه شدند. قطر رشد کپک هر روز در طول ۷ روز اندازه‌گیری 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 آنالیز مایکوتوکسین‌ها توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) با تشخیص فلورسانس انجام شد. استفاده از HPLC از آنالیز شدند.</p>

نتیجه گیری

وجود مایکوتوکسین‌ها در غذا و خوراک به طور بالقوه برای سلامت انسان و بهره‌وری 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 رایج‌ترین مایکوتوکسین در محصولات کشاورزی است. آفلاتوکسین‌ها بر سلامت انسان و حیوانات تأثیر می‌گذارند و باعث آسیب‌های جدی مانند اثرات جهش‌زا، سرطان‌زا، تراژونیک، کبدی و سرکوب‌کننده سیستم ایمنی می‌شوند. آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC)، AFB1 را به عنوان سرطان‌زای انسانی در میان گروه ۱ طبقه‌بندی کرده است.

چندین روش فیزیکی (گرم‌آب، تابش، جذب، اشعه گاما، نور ماوراء بنفش) و شیمیایی (آمونون، 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. بر همین 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 قرار گرفته 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 فارچ‌های سم‌زا در نظر گرفت. علاوه بر مطالعات انجام شده به طور مستقیم بر نوشیدنی کامبوچا، مطالعات گسترده‌ای 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 مثر ثمر دانست لیکن این موضوع نیازمند مطالعات بیشتر می‌باشد.

⁴⁷Bacillus licheniformis⁴⁶ Pseudomonas putida

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, Ilić 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, Ślizewska 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.

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, Abdulkhakim 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.

A review of the binding properties of kombucha to toxins

Hoorā Dadgostar¹, Shahrzād Sadeghi Amjad², Mohaddeseh Larypoor^{*3}

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

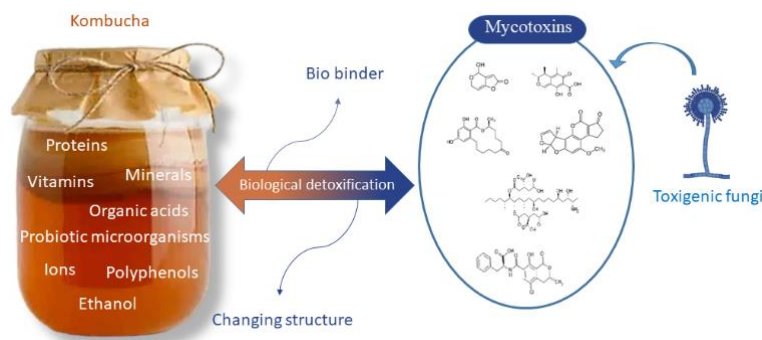
² PhD student of Microbiology, Faculty of Biological Sciences, Islamic Azad University, Central Tehran Branch

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