نگاهی بر ارزشمندی و ویژگی‌های خوراکی بادام

محمد فضلی*

تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی باغبانی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۳۰

چکیده

بادام پرمصرف‌ترین آجیل درختی جهان است که کاربرد خوراکی و دارویی دارد. این آجیل درختی دارای خواص تغذیه‌ای سرشاری است که مطالعات بسیاری اثرات بادام بر لیپید سرم، سلامت قلب، دیابت و کنترل وزن را ثابت کرده است. بادام دارای چربی اشباع اندک، بدون کلسترول و سدیم و نسبتا فاسد نشدنی است. در بین مغزهای درختی، بیشترین سطح توکوفرول در بادام گزارش شده است. توکوفرول‌ها آنتی اکسیدان‌های پایداری هستند که علاوه بر خواص غذایی، موجب پایداری روغن بادام می‌گردد. سه کشور اصلی تولید کننده بادام در دنیا ایالات متحده، استرالیا و اسپانیا می‌باشد و ایران در رتبه بعدی قرار می‌گیرد. منابع آب در ایران با محدودیت جدی روبروست. ایران درحالی دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است که بیش از ۹۰٪ منابع آبی آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. می‌توان با بهره‌مندی از راهکارهایی، بهره‌وری مصرف آب در کشت بادام را افزایش داد؛ راهکارهایی مثل روش‌های نوین آبیاری تحت فشار و کم آبیاری، کاربرد هوش مصنوعی در آبیاری و کاربرد مفهوم آب پنهان در کاشت بادام. میزان تولید زباله در کشت بادام در دنیا بیش از ۷ میلیون تن در سال است که نشان‌دهنده هدر رفت منابع آب، کربن و انرژی می‌باشد. امروزه استفاده از محصولات جانبی بادام مورد توجه قرار گرفته است که مصرف منابع را بهینه‌تر می‌نماید؛ کاربرد محصولات جانبی به عنوان سوخت زیستی، تولید کربن فعال، تولید منبع سلولز خالص و تولید نانوالیاف، جلوگیری کننده از نشت نیتروژن به آب‌های زیر زمینی و به عنوان مواد بیوسولاریزاسیون برای مبارزه با آفات خاک از مهم‌ترین این موارد است.

واژه‌های کلیدی: *Prunus amygdalus*، آجیل درختی، مدیریت پسماند، ردپای آب

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: m-fazli@modares.ac.ir

مقدمه

بادام با نام علمی *Prunus amygdalus* Batsch درختی خزان کننده از خانواده Rosaceae و زیر خانواده Amygdaloideae است که بومی جنوب غربی آسیا می‌باشد. بادام از محبوب-ترین آجیل‌های درختی درجهان است که کاربردهای خوراکی و دارویی دارد. از کاربردهای خوراکی آن می‌توان به مصرف آجیلی، آرد بادام، نوشیدنی‌های غیر لبنی و یا کاربرد آن در شیرنی‌پزی اشاره نمود [۸]. این گیاه از قدیمی-ترین درختان میوه کشت شده در دنیا است به طوری که حدود ۵۰۰۰ سال پیش در مناطق حاصلخیز خاورمیانه اهلی شده و مورد کشت قرار گرفته است. ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد بادام به مناطق مدیترانه شرقی معرفی شد و انتشار جهانی آن ۱۳۰۰ سال قبل از میلاد آغاز گردید. بقراط در ۴۶۰ سال قبل از میلاد از کاربردهای دارویی بادام سخن گفته است [۱۶]. بر اساس آمار سالیانه بین المللی آجیل و میوه های خشک در سال ۲۰۱۹، بادام با داشتن سهم ۳۹٪ پر مصرف ترین آجیل در دنیاست که پس از آن گردو، بادام هندی و فندق قرار دارد [۳۴]. مناطق کاشت بادام در دنیا اغلب مناطق با آب و هوای خشک و گرم مدیترانه ای هستند. درخت بادام به دلیل نیاز سرمایی و نیاز گرمایی اندک، از زود گل ترین درختان خزان کننده است که این موضوع باعث افزایش آسیب پذیری به سرمازدگی بهاره می‌گردد [۴۴].

کشت جهانی بادام

بر اساس اطلاعات منتشر شده در سال ۲۰۲۰، سالانه بیش از ۳ میلیون تن میوه بادام در دنیا تولید می‌شود که این مقدار در زمینی به وسعت ۲ میلیون هکتار تولید می‌گردد. ۳ کشور اصلی تولید کننده بادام به ترتیب ایالات متحده با ۷۸٪، استرالیا با ۸٪ و اسپانیا با ۶٪ تولید جهانی می‌باشند ([۴۱].

صدها نوع متمایز بادام در سرتاسر دنیا وجود دارد که هرکدام ویژگی‌های مخصوص خود را دارند. در کالیفرنیا حدود ۳۰ واریته تجاری کشت می‌شود که مهم‌ترین این واریته‌ها شامل ۵ رقم Nonpareil (۴۱٪)، Monterey (۱۸٪)، Butte/Padre

(۱۲٪)، Independence (۶٪) و Carmel (۵٪) می‌باشد. مهم‌ترین ارقام کشت شده در اسپانیا شامل Marcona، Largueta، Ferragnes، Valencias و Guara است [۴۴]. جدول ۱ کشورهای اصلی تولید کننده بادام در دنیا تا سال ۲۰۱۹ را نشان می‌دهد [۱۳].

جدول ۱- کشورهای اصلی تولید کننده بادام در دنیا تا سال ۲۰۱۹ (تولید بر اساس تن)

کشور	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹
ایالات متحده	۱۵۴۵۵۰۰	۱۳۰۲۹۹۸	۱۳۷۶۳۳۷	۱۴۷۶۵۳۹	۱۸۷۲۵۰۰	۱۹۳۶۸۴۰
اسپانیا	۱۹۵۷۰۴	۲۱۱۰۸۴	۱۹۹۱۶۷	۲۵۵۵۰۳	۳۳۹۰۳۳	۳۴۰۴۲۰
استرالیا	۵۵۹۷۸	۶۳۳۳۱	۷۲۹۰۲	۷۵۳۷۳	۶۹۸۸۰	۱۴۶۴۱۰
مراکش	۱۰۱۰۲۶	۹۷۷۲۳	۱۱۲۶۸۱	۱۱۶۹۲۳	۱۱۷۲۷۰	۱۰۲۱۸۵
ایران	۱۳۶۳۳۸	۱۴۶۰۰۰	۱۱۱۸۴۵	۱۲۹۵۶۶	۱۳۹۰۲۹	۱۷۷۰۱۵
ایتالیا	۷۴۰۱۶	۷۰۳۹۹	۷۴۵۸۴	۷۹۵۹۹	۷۹۸۰۱	۷۷۳۰۰
ترکیه	۷۳۲۳۰	۸۰۰۰۰	۸۵۰۰۰	۹۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰

کشت بادام در ایران

منابع آب در ایران با محدودیت جدی روبروست. این محدودیت در مناطق مرکزی ایران بیشتر دیده می‌گردد. در طی دو دهه گذشته سیاست‌های دولت صرفا خودکفایی در محصولات استراتژیک بوده و اهمیت منبع محدود آب در کشور مورد توجه قرار نگرفته است. بنابراین کنترل مناسبی بر تولید، توسعه، کشت و صادرات و واردات محصولات کشاورزی بر اساس اهمیت آب پنهان وردپای اقتصادی آب وجود نداشته است. اخیرا این موضوع به صورت غیر مستقیم در برنامه ششم توسعه ایران مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس این برنامه، برداشت آب از منابع زیر زمینی به میزان ۱۱ میلیارد متر مکعب کاهش می‌یابد و اثرات سو اقتصادی این کار باید از طریق افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، افزایش عملکرد در واحد سطح، مدیریت تقاضای آب، استفاده از ارقام باغی مقاوم به تنش شوری و خشکی و بهینه سازی سطح زیر کشت بر اساس میزان آب در دسترس جبران گردد [۲]. ایران درحالی دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است که بیش از ۹۰٪ منابع آبی آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. شرایط خشکی در ایران به گونه ای است که بیش از ۳۸۸ سفره آب زیر زمینی در کشور در وضعیت بحرانی قرار دارد و بنابراین تولید محصولات کشاورزی و باغی در کشور با چالش‌های بزرگی روبروست [۲۹].

بر اساس آمار FAO، ایران در سال ۲۰۱۸ با تولید بیش از ۱۱۱۸۴۵ تن بادام در سال، چهارمین کشور تولید کننده بادام درجهان است [۱۳]. همچنین ایران با داشتن ۶٪ از سهم صادرات جهانی بادام، رتبه چهارم را دارد. باغ‌های بادام در ایران با سطح زیر کشت حدود ۱۵۵ هزار هکتار، ۲۳٪ از زمین‌های تحت کشت خشکبار را در برمی‌گیرد و پس از پسته، رتبه دوم صادرات خشکبار را دارد. بیش از ۵۱٪ این باغ‌های بادام، در مناطق خشک و نیمه خشک کشور قرار دارد که با آب‌های زیر زمینی آبیاری می‌گردند [۳۲].

بر اساس بررسی گزارش ۱۰ ساله بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ در ایران، سطح زیر کشت بادام در کشت تحت آبیاری ۵۳۶/۸ هکتار و در کشت دیم ۱۵۲۰ هکتار در سال افزوده شده است. با این وجود عملکرد تولید بادام روند کاهشی را نشان داده است، به طوری که در طی بازه مطالعاتی ۱۰ ساله عملکرد تولید دیم ۲/۴۱ کیلوگرم در هکتار در سال و عملکرد تولید تحت آبیاری ۲۷/۷ کیلوگرم در هکتار در سال کاهش داشته است [۲]. بر اساس گزارشات وزارت جهاد کشاورزی مهم‌ترین دلایل این کاهش عملکرد در حداقل دو دهه گذشته، خشکسالی‌های پی در پی، تغییرات آب و هوایی و سرمازدگی در ایران بوده است [۳۲].

در کشت دیم بیشترین سطح زیر کشت بادام در استان های فارس و خراسان رضوی است که در مجموع ۵۶/۶٪ سطح

زیر کشت دیم کشور را تشکیل می دهند. در کشت تحت آبیاری استان‌های چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی، کرمان و یزد با داشتن ۴۰٪، دارای بیشترین سطح زیر کشت بادام هستند. با این وجود بیش‌ترین عملکرد تولید بادام در کشت تحت آبیاری، در استان تهران با عملکرد ۳ تن در هکتار، و در کشت دیم در استان خوزستان با عملکرد ۱/۸ تن در هکتار مشاهده شده است. میانگین عملکرد تولید بادام در ایران، ۱/۵ تن در کشت تحت آبیاری و ۰/۴۲ تن در کشت دیم می‌باشد [۲].

آلودگی کربن و پسماند در بادام

میوه بادام از قسمت‌های پوسته نرم (hull) و پوسته سخت (shell) تشکیل شده است. پوسته نرم همان پوشش بیرونی است که به مزوکارپ میوه اشاره دارد و پوسته سخت پوشش درونی است که پوسته‌ی چوبی محافظ مغز بادام و از جنس لیگنوسلولوز است که در واقع اندوکارپ میوه است. قسمت پوسته نرم حدود ۵۲٪، پوسته سخت حدود ۳۲٪ و مغز بادام حدود ۱۵٪ وزن تر میوه بادام را تشکیل می‌دهد [۱۸]. میزان تولید زباله محصولات جانبی در جهان در سال ۲۰۱۸، بیش از ۰/۸ الی ۱/۷ میلیون تن پوسته سخت و بیش از ۶ میلیون تن پوسته نرم گزارش شده است [۲۵]. این میزان هدر رفت کربن و انرژی باعث نگرانی فزاینده‌ای شده است که برطرف کردن آن نیازمند راهکارهای جدید در پایداری اقتصادی و زیست محیطی در مقیاس بزرگ است. از نگرانی‌های تولید بادام می‌توان به دو موضوع مهم اشاره نمود؛ مدیریت آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای. تخمین زده می‌شود که تولید یک کیلوگرم بادام خام و محصولات جانبی آن، باعث انتشار ۱/۶ کیلوگرم دی اکسید کربن (CO_2) می‌شود [۲۲].

به منظور مدیریت این حجم از آلودگی کربن در تولید بادام، استفاده بهینه از محصولات جانبی پیشنهاد شده است. یکی از این کاربردها می‌تواند استفاده از پوسته سخت به عنوان منبع گرما و انرژی زیستی در مقیاس بزرگ و در بیوراکتورها باشد [۳۵]. امکان سنجی این کاربرد در سال ۲۰۲۰ مورد ارزیابی قرار گرفته است و نتایج نشان داده است که تثبیت کربن در بادام کارآمدی ۷۵٪ دارد [۲۱]. همچنین پوسته نرم به عنوان یک منبع بالقوه در تولید سوخت زیستی در نظر گرفته می‌شود که مفهوم پالایشگاه بادام برای آن تعریف می-گردد. در این مفهوم، قسمت پوسته نرم تحت عملیات هیدروترمال قرار می‌گیرد که نتیجه آن تولید همزمان سوخت زیستی و ترکیبات زیستی ارزشمند است [۳۷].

یک برنامه کابردی دیگر برای استفاده بهینه از محصولات جانبی بادام، تولید کربن فعال است. در این برنامه پوسته سخت برای تولید کربن فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد و نوعی مدیریت پسماند محسوب می‌گردد [۳۶]. در این روش CO_2 منتشر شده در طی تولید بادام، می‌تواند دوباره به چرخه تولید بازگردد. کربن فعال دارای خاصیت جاذب بودن است که با استفاده از آن می‌توان فلزات سنگین (مثل سرب، مس و غیره) و سایر آلاینده‌های فاضلاب صنعتی را به طور موثری حذف نمود [۴۲]. همچنین با توجه به ماهیت لیگنوسلولزی پوسته سخت، از این محصول جانبی می‌توان در جهت تولید منبع سلولز خالص و تولید نانوالیاف قابل استفاده در تولید کاغذهای نانو استفاده نمود [۴۵]. در جدول ۲ برخی کاربردهای بالقوه محصولات جانبی بادام گزارش شده است [۴۴].

بادام و تنش خشکی

آب یکی از مهم‌ترین مولفه‌های کشاورزی پایدار و اقتصادی است که به طور ویژه در مناطق مدیترانه ای اهمیت زیادی دارد. پدیده گرم شدن جهانی و خشکسالی، نیاز روزافزون را در نوآوری نوع آبیاری و شیوه‌های آن به وجود آورده است. تنش خشکی بزرگ‌ترین تنش در صنعت کشاورزی است و بهبود ویژگی‌های گیاهی برای مقابله با این تنش، از مهم‌ترین اهداف اصلاح گیاهان است [۷]. مناطق کشت بادام اغلب کشورهای مدیترانه‌ای هستند که مشکل کمبود و تنش آب در این کشورها پر رنگ‌تر است. بادام برای مقابله با این مشکل مکانیسم‌های سازگاری از خود نشان می‌دهد، این مکانیسم‌ها شامل تنظیم اسمزی، تغییر خاصیت الاستیسیته در سلول و بافت، ایجاد بریدگی‌هایی سطح برگ، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی و وجود سیستم ریشه ای عمیق است. همه‌ی این ویژگی‌ها موجب می‌شود درخت بادام در تنش‌های خشکی و شرایط کمبود آب عملکرد رشدی مناسبی داشته باشد [۴۰]. بدیهی است که پاسخ درخت بادام به شرایط خشکی، به عواملی بستگی دارد مثل ماهیت کمبود آب، پاسخ های فیزیولوژیکی به خشکی کوتاه مدت (خوگیری، Acclimation) و همچنین پدیده سازگاری (Adaptation) با شرایط خشکی. فرایند سازگاری موجب تحمل درخت بادام به شرایط خشکی طولانی مدت می‌گردد.

در نهایت می‌توان گفت درخت بادام در دسته‌ی گونه‌های مقاوم به شرایط خشکی دسته بندی می‌گردد [۳۹]. علاوه بر این، بادام گیاهی است که شرایط با بارندگی زیاد (۶۰۰ میلی متر در سال) را نیز تحمل می‌نماید. بدیهی است که ارقام مختلف پاسخ‌های متفاوتی به شرایط تنش خشکی نشان می‌دهند و شناخت پاسخ فیزیولوژیک ارقام مختلف به شرایط تنش خشکی متوسط و شدید، امکان شناسایی ارقام مقاوم برای اصلاح را فراهم می‌کند [۴۹].

جدول ۲- برخی کاربردهای بالقوه محصولات جانبی بادام

محصول جانبی	کاربرد	توضیح
پوسته سخت (Shell)	تولید انرژی	استفاده به عنوان مواد اولیه برای هضم بی هوازی و تولید گرما و بیوگاز
	پلاستیک زیستی	با روش تبدیل سلولز به استات سلولز، پلاستیک زیستی تولید می‌گردد
	غشا سرامیک	لیگنین، همی سلولز و سلولز در پودر پوست سخت در تکنولوژی microfiltration membranes کاربرد دارد.
	منبع آنتی اکسیدان	با روش بازیابی ترکیبات فنولی از عصاره های قلیایی همی سلولز
	منبع لیگنین	به عنوان مواد اولیه مواد تجزیه پذیر و بیوکامپوزیت های تقویت شده
	منبع xylooligosaccharides	به عنوان منبع پلیمریزه با درجه پایین xylooligosaccharides جهت اهداف prebiotic، آنتی اکسیدانی و شیرین کننده های کم کالری
پوسته نرم (Hull)	خوراک دام	به عنوان مکمل غذایی و فیبر
	تولید انرژی	به عنوان مواد اولیه هضم بی هوازی جهت تولید گرما و بیوگاز
	مواد بیوسولاریزاسیون	به عنوان مواد بیوسولاریزاسیون برای مبارزه با آفات خاک
	اصلاح کننده خاک	جلوگیری کننده از نشت نیتروژن به آب های زیر زمینی
	منبع آنتی اکسیدان	بازیابی ترکیبات فنولی از عصاره قلیایی همی سلولز
	منبع ترکیبات فعال زیستی	استخراج ترکیبات betulinic، oleanolic و ursolicacid به عنوان ترکیبات ضد سرطان و ضد HIV
	محیط رشد	جایگزینی برای پیت ماس برای پرورش قارچ
پوست مغز بادام	تولید انرژی	به عنوان مواد اولیه برای هضم بی هوازی جهت تولید گرما و بیوگاز
	نگهدارنده مواد غذایی و مکمل های غذایی	ترکیبات فنولی برای افزودن به غذاها، محصولات مراقبت شخصی و مکمل ها
	مکمل غذایی	برای افزایش فیبر، چربی، فنول و آنتی اکسیدان به مواد غذایی

صنعت بادام کالیفرنیا از دیرباز اهمیت صرفه جویی آب را تشخیص داده و میزان آب مصرفی را کاهش داده است؛ به طوری که بر اساس سیاست گذاری‌ها، میزان آب مصرفی به ازای هر پوند بادام (۴۵۴ گرم) در ۲۰ سال گذشته را از ۳۳٪ به ۱۳٪ در سال ۲۰۲۵ خواهد رسانید. برای این منظور از روش‌های نوآوری آبیاری استفاده می‌شود. از این روش‌ها می‌توان به شناسایی سطوح بهینه آبیاری اشاره کرد. در این روش با حداقل مصرف آب، حداکثر تولید را خواهیم داشت. امروز ۸۵٪ باغ‌های بادام در کالیفرنیا از آبیاری تحت فشار (microirrigation) استفاده می‌کنند. همچنین سایر روش‌های آبیاری مثل رژیم کم آبیاری (relative deficit irrigation, RDI) می‌تواند باعث افزایش راندمان مصرف آب گردد. هوش مصنوعی پتانسیل مناسبی برای کاهش آب مصرفی در کشاورزی را دارد. به عنوان مثال با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان داده‌های میدانی، داده‌های سنجش از دور، تصاویر هوایی و ماهواره ای، اطلاعات آب و هوا، میزان تبخیر و تعرق و رطوبت خاک را بررسی و مقدار مناسب آب را برای گیاهان اندازه گیری کرد [۴۴].

در تحقیقات مختلف بادام پاسخ مناسبی به RDI نشان داده است، اگرچه بهره‌وری آن کاهش می‌یابد. این کاهش بهره-وری در بازه ۴۲ الی ۵۵٪ است که بسته به ژنوتیپ متفاوت است [۴۰]. RDI یکی از روش‌های مدیریت آبیاری درختان هسته‌دار مثل بادام در مناطق خشک و نیمه خشک است. در این روش آبیاری کاهش مصرف آب به همراه عدم تاثیر منفی بر روی عملکرد انجام می‌گردد. دانستن مکانیسم مقاومت درختان به تنش خشکی، استراتژی کم آبیاری را روشن‌تر می‌کند. [۱۱].

ردپای آب در بادام

ردپای آب (water footprint) و یا آب پنهان (virtual water) به عنوان یک راه حل مدیریت آب در بسیاری از کشورهایی که با کمبود آب مواجه هستند پیشنهاد شده است [۹]. مفهوم ردپای آب، یک ابزار مفید در محاسبه مقدار آب واقعی مصرف شده در یک منطقه است که به کمک آن می‌توان برای کاشت، صادرات و یا واردات محصولات کشاورزی و کالا تصمیم گیری نمود. ردپای آب یک رویکرد جدید برای ارزیابی استفاده از منابع آب در تولیدات کشاورزی است و آنالیز آن به محققان کمک می‌کند تا موقعیت‌های مصرف آب را تعیین کرده و سپس مقادیر آب وارداتی و صادراتی را تخمین بزنند. مفهوم آب پنهان یا آب مجازی، آبی است که در فرایند تولید و زنجیره تامین در محصولات کشاورزی مصرف می‌گردد. تجارت آب پنهان، یک رویکرد علمی برای غلبه بر کمبود منابع آب در کشورهایی است که با کمبود آب مواجه هستند. این مفهوم ابزاری موثر برای مدیریت منابع آب در مناطق خشک است که به جای کشت داخلی یک محصول با مصرف آب زیاد، آن محصول وارد می‌شود [۴۶].

مفهوم ردپای آب تا به امروز کاربردهای زیادی در کشاورزی داشته است. از این کاربردها می‌توان به کاربرد آن در کشت برنج در شما چین، کره جنوبی و ایتالیا، ذرت در ایتالیا، زیتون در اسپانیا، سیب زمینی در آرژانتین، گندم در چین، کاکائو در کلمبیا، بادام در کالیفرنیا و غلات، زعفران، گوجه فرنگی و مرکبات در ایران اشاره کرد [۲]. در سال ۲۰۱۹ ردپای آب و ردپای آب اقتصادی در کالیفرنیا برای تولید بادام بررسی شد. نتایج نشان داد که میانگین شاخص ردپای آب ۱۰/۲۴ متر مکعب در کیلوگرم بادام، و شاخص ردپای آب اقتصادی ۲/۲۲ متر مکعب در دلار امریکا است. همچنین نتایج نشان داد که تولید بادام بالاترین شاخص ردپای آب اقتصادی را در بین توت‌ها و آجیل‌ها دارد [۱۷]. اما در ایران طی دهه‌های گذشته برنامه تولید محصولات کشاورزی صرفا بر اساس خودکفایی در محصولات استراتژیک بوده است [۳۱].

فرآوری بادام

فرآوری بادام شامل تیمارحرارتی بادام به صورت حرارت خشک و یا روغنی، خرد کردن بادام، خلال بادام و تولید طعم دهنده بادام است. آرد بادام محصولی است که می‌تواند جایگزینی بدون گلوتن برای آرد گندم شود. شیر بادام نیز از فراورده های بادام است که می‌تواند جایگزین لبنیات گردد. بادام نارس نیز مصرف خوراکی دارد و یکی از مواد غذایی لذیذ در بین مردم دنیاست [۱۶].

تیمار گرمایی بادام به دو روش حرارت مستقیم و استفاده از روغن داغ انجام می‌شود. در این روش اصطلاحا بادام بو داده شده تولید می‌گردد. بادام بو داده شده نسبت به بادام خام دارای ترکیبات فرار بیشتری است که تولید این مواد فرار از ساز و کارهایی مثل اکسیداسیون لیپید، تجزیه قندها و واکنش میلارد انجام می‌گردد. واکنش میلارد در بادام باعث تولید ترکیبات furfural، 2,5- dimethylpyrazine، 2- ethylpyrazine، 2- methylpyrazine، 2- acetylpyrrole و 2,3- methylbutanal می‌گردد که در ایجاد طعم و بوی بادام بو داده نقش دارند. Alkylpyrazines گروهی دیگر از ترکیباتی است که در اثر تیمار گرمایی تولید می‌شود. این ترکیب در دمای بالای ۱۰۰ درجه سانتی گراد در بادام، قهوه، شکلات، فندق، بادام زمینی و سیب زمینی تولید می‌شود و طعم و عطر این محصولات را بهتر می‌کند [۱۶].

البته تیمار گرمایی بادام می‌تواند معایبی نیز داشته باشد. یکی از این معایب تولید طعم نامطلوب ترش مانند است. این طعم ترشی به دلیل اکسیداسیون لیپیدها می‌باشد که در اصطلاح Oxidative rancidity نامیده می‌شود. این فرایند در نتیجه‌ی تجزیه اکسیداتیو اسیدهای چرب غیر اشباع است که در طی تیمار گرمایی و یا ذخیره‌سازی مواد غذایی رخ می-دهد. بنابراین مقادیر زیاد اسیدهای چرب غیر اشباع در لیپید بادام، باعث افزایش آسیب پذیری در واکنش Oxidative rancidity می‌گردد. ترکیب کلی لیپید در بادام شامل oleic acid (۶۲ الی ۸۰٪)، linoleic acid (۱۰ الی ۱۸ درصد)، palmitic acid (۰/۵ الی ۸٪) و stearic acid (۱ الی ۳٪) می-باشد [۱۶].

بادام و سلامتی

بادام دارای خواص تغذیه‌ای سرشاری است که مطالعات بسیاری اثرات مثبت بادام بر لیپید سرم، سلامت قلب، دیابت، کنترل وزن را ثابت کرده است. اولین مطالعه اثر بادام بر کاهش خطر بیماری‌های عروقی کرونر در سال ۱۹۹۸ منتشر شد. مطالعات زیادی ارتباط مستقیم مصرف بادام با بهبود نشانگرهای سلامت قلب و عروق مثل LDL خون را نشان داده است. در سال ۲۰۰۳ سازمان غذا و داروی امریکا (FDA) بیان کرد اگرچه شواهد علمی نشان می‌دهد مصرف بادام با کاهش خطر بیماری‌های قلبی همراه است، اما نمی-تواند این ادعا را کاملا تایید کند [۱۴]. در سال ۲۰۱۶ سازمان FDA بر اساس معیارهای به روز شده، بادام را در لیست غذاهای سالم از لحاظ محتوای لیپید قرار داد. در جدیدترین بررسی بالینی در سال ۲۰۲۱ گزارش شده است که مصرف روزانه ۴۲/۵ گرم بادام به طور معنی داری باعث کاهش کلسترول LDL و کاهش فشار خون دیاستولیک می‌گردد [۱۲]. مصرف روزانه ۴۲/۵ گرم بادام به عنوان یک راهکار مقرون به صرفه برای پیشگیری از بیماری های قلبی عروقی معرفی شده است [۴۷]. این مقدار بادام چیزی حدود مصرف ۳۲ بادام در روز است.

درشت مغذی ها

بادام دارای چربی اشباع اندک، فاقد کلسترول و سدیم، به راحتی قابل حمل و نسبتا فاسد نشدنی است. محتوای مواد مغذی یک وعده ۲۸ گرمی بادام بسیار غنی بوده به طوری که بیش از ۲۰٪ نیازهای غذایی روزانه را برطرف می‌نماید. این مقدار بادام ۵۰٪ ویتامین E، ٪۲۵ ریبوفلاوین، ۲۰٪ منیزیوم و ۱۳٪ فیبر در در روز تامین می‌نماید. بدیهی است که ترکیبات غذایی بادام تحت تاثیر ژنوتیپ، عوامل زراعی و محیطی و همچنین شرایط نگهداری است. خلاصه‌ای از خواص تغذیه‌ای بادام توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده گزارش شده است که در جدول ۳ نشان داده شده است[۴۴].

همانطور که در جدول ۳ اشاره شده است، بادام حاوی میانگین ۲۱٪ پروتئین است که با صرف روزانه ۳۰ گرم آن ۶/۳ گرم پروتئین روزانه بدن تامین می‌گردد. پروتئین بادام دارای مقادیر بالای آرژنین است به طوری که در ۱۰۰ گرم پروتئین آن ۲/۴۶۵ گرم آرژنین وجود دارد که قابلیت هضم بالایی نیز دارد. اگرچه مغز بادام به صورت میانگین از ۵۲/۳٪ چربی کل تشکیل شده است، اما بیشترین مقدار آن اسید چرب تک غیر اشباع است بنابراین پایداری اکسیداتیو بالایی دارد. بیشترین اسیدهای چرب غیر اشباع در مغز بادام شامل oleic acid (۸۱٪)، linoleic acid (۳۷٪)، linolenic acid (۱۱٪) و palmitoleic acid (۲٪/۵) و بیشترین اسید چرب اشباع در آن شامل palmitic acid (۱۶٪) می‌باشد. ایزومر اصلی اسید چرب بادام، امگا ۹ oleic acid (C18:1 ω-9) می‌باشد و امگا ۷ و امگا ۱۱ oleic acids آن کمتر از ۲٪ می‌باشد. بیشترین مقدار triacylglycerols بادام O-L-O (۲۸٪)، O-L-Ln (۲۷٪) و O-O-O (۱۳٪) می‌باشد. اگرچه بادام در برابر فاسد شدن نسبتا مقاوم است، اما گفتنی است تمام مواد غذایی پرچرب، مستعد اکسیداسیون و تشکیل طیف گسترده ای از اسیدها، الکل ها،آلدئیدها و کتون‌هایی می‌شود که بازارپسندی را کاهش می‌دهد [۱۶].

جدول ۳- ترکیبات درشت مغذی در بادام

درشت مغذی ها	محدوده (g/100 g)	میانگین (g/100 g)
رطوبت	۱/۶۸ الی ۶/۵۳	۴/۲۵
کربوهیدرات	۱۴ الی ۲۶/۶۳	۲۱
پروتئین	۱۰ الی ۲۹	۲۱
لیپید کل	۳۱/۷۲ الی ۶۶/۱	۵۲/۳
اسید چرب اشباع	۳/۲ الی ۱۱/۹۸	۷/۱
اسید چرب تک غیر اشباع (MUFAs)	۲۶/۶ الی ۸۲/۵۴	۵۵/۹
اسید چرب چند غیر اشباع (PUFAs)	۸/۳۵ الی ۲۹/۹۲	۱۵/۵۳
قند	۲/۱ الی ۶/۵	۴/۱

فیتواسترول‌ها الکل‌های استروئیدی چربی دوست هستند (sterols و stanols) که ساختاری مشابه کلسترول دارند. این ترکیبات با جلوگیری از بازجذب کلسترول موجب کاهش سطح کلسترول می‌گردد. ثابت شده است که دوز روزانه ۲ الی ۳ گرم فیتواسترول موجب کاهش کلسترول LDL به میزان ۵ الی ۱۵٪ می‌گردد [۲۸]. فیتواسترول‌های اصلی مغز بادام شامل β-sitosterol (۵۶ الی ۹۵ میلی گرم در کیلوگرم) و Δ5-avenasterol (۸/۵ الی ۲۸ میلی گرم در کیلوگرم) می‌باشد [۴۸].

یک وعده ۳۰ گرمی بادام دارای حدود ۶ گرم کربوهیدرات است که شامل قندهای محلول (۱/۳ گرم)، نشاسته (۰/۲ گرم) و پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای یا فیبر (۴ گرم) می‌باشد. ۹۰٪ قند اصلی در مغز بادام ساکارز می‌باشد. البته بدیهی است که همانند سایر ترکیبات، مقادیر کربوهیدرات نیز بستگی به رقم، شرایط رشدی، برداشت و نگهداری دارد. گزارش شده است که فیبر مغز و پوست بادام دارای اثرات prebiotic بر روی جمعیت میکروبی مفید روده (gut microbiota) دارد [۲۶].

پلی‌ساکاریدهای طبیعی دارای فعالیت‌های ضد سرطانی، آنتی اکسیدانی و ضد التهابی هستند. بنابراین تحقیقات برای یافتن منابع جدید پلی‌ساکاریدهای طبیعی درحال افزایش است [۱]. صمغ بادام به عنوان یک منبع پلی‌ساکارید طبیعی اخیرا مورد توجه قرار گرفته است. این ماده، ترشحی از شاخه‌ها، تنه‌ها و میوه‌های بادام است که می‌تواند پس از جمع آوری در صنایع غذایی و در مقیاس بزرگ مورد استفاده قرار گیرد. صمغ بادام ماده‌ای است تقریبا بی رنگ، بی بو و غیر سمی که ترکیبات آن شامل پروتئین (۲/۴۵٪) چربی (۰/۸۵٪) و کربوهیدرات (۹۲/۳۶٪) می‌باشد. کربوهیدارت‌های اصلی آن شامل arabinose (۴۶/۸۳٪)، galactose (۳۵/۴۹٪) و uronic acid (۵/۹۷٪) است و همچنین دارای مقادیر اندکی از rhamnose، mannose و glucose می‌باشد [۳۰]. همچنین گزارش شده است که صمغ بادام سرشار از مواد معدنی سدیم، پتاسیم، منیزیوم، کلسیم و آهن است [۳۸]. صمغ بادام نسبت به صمغ عربی خاصیت امولسیفایر بهتری دارد و اثبات شده است منبع غنی از ترکیبات آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی است که می‌تواند مواد غذایی و بهداشتی را غنی نماید [۶].

ریز مغذی ها

مواد معدنی و ویتامین‌ها از اجزای مهم مغز بادام هستند. بادام به عنوان یک منبع غذایی ارزشمند به لحاظ دارا بودن مواد معدنی شناخته می‌شود که منگنز و مس از مهم‌ترین این مواد هستند. مقادیر مواد معدنی در بادام بسته به رقم و ژنوتیپ، آب و کود مصرفی، موقعیت جغرافیایی و شیوه کشت متفاوت است. مهم ترین عناصر ریزمغذی مغز بادام در جدول ۴ گزارش شده است [۴۴].

جدول ۴- مهم ترین عناصر ریزمغذی مغز بادام

ریز مغذی ها	محدوده (mg/100 g)	میانگین (mg/100 g)
پتاسیم	۴۶۵ الی ۱۵۱۰	۸۳۱
کلسیم	۱۶۰ الی ۶۶۳	۲۷۱
منیزیوم	۱۵۹ الی ۴۰۴	۳۰۴
فسفر	۳۱۰ الی ۹۳۸	۵۹۷
مس	۰/۴۶۳ الی ۴/۷۶	۱/۷۶
منگنز	۱/۳۱ الی ۳/۹۷	۲/۶۶
آلفا توکوفرول	۱۳/۹۱ الی ۳۸	۲۵
ریبوفلاوین (ویتامین B_2)	۰/۴۶ الی ۲/۲۶	۱/۲۵

مغز بادام حاوی مقادیر بالای ویتامین E توکوفرول (α, β, γ, δ) و ریبوفلاوین (ویتامین B_2) است. در بین مغزهای آجیلی درختی، بیشترین سطح توکوفرول در مغز بادام گزارش شده است [۱۵] و در طی نگهداری مقدار آن به آرامی کاهش می‌یابد. α- توکوفرول ایزومر اصلی در مغز بادام است و سایر ایزومرها در مقادیر کمتر وجود دارند [۲۳]. توکوفرول ها آنتی اکسیدان‌های پایداری هستند که علاوه بر خواص غذایی، موجب پایداری روغن بادام می‌گردد. اگرچه مقدار توکوفرول در ارقام و شرایط کاشت مختلف متفاوت است، با این وجود گفته می‌شود مصرف حدود ۵۰ گرم بادام برای RDA ویتامین E کافی است [۵۰].

ترکیبات فنولی

این ترکیبات در اغلب قسمت‌های گیاهی خوراکی یافت می‌شود؛ از جمله مغزهای درختی. این ترکیبات در واقع متابولیت‌های ثانویه گیاهان هستند که از مسیرهای ساخت shikimic acid، pentose phosphate و phenylpropanoid تولید می‌شوند. ترکیبات فنولی در گیاهان نقش پلیمرساختاری (lignin)، جاذب گردافشان (anthocyanidins)، محافظ UV (flavonoids)، آنتی اکسیدانت (flavonoids)، ترکیبات سیگنال دهنده (flavonoids) و واکنش‌های دفاعی گیاهی (tannins) را ایفا می‌کنند. مطالعات اپیدمیولوژی اثرات مثبت ترکیبات فنولی را برای سلامتی انسان تایید می‌کند که مهم‌ترین تاثیر آن‌ها کاهش بیماری سرطان است [۱۰]. البته بیان این واقعیت لازم است که مکانیسم های هضم ماتریکس غذایی، تاثیرات آنتی اکسیدانی در شرایط آزمایشگاهی و شرایط داخل بدن انسان را متفاوت کرده و فراهمی زیستی را تغییر می‌دهد. از کاربردهای ترکیبات فنولی می‌توان به کاربرد در غذا، نوشیدنی، محصولات مراقبت پوستی مثل ضد آفتاب‌ها و مواد آرایشی اشاره نمود. تا به امروز ۱۳۰ ترکیب فنولی در بادام شناسایی شده است که بسیاری از آن‌ها به دلیل نبود استانداردهای معتبر، هنوز کمی سازی نشده است [۵].

فراوان ترین ترکیبات فنولی در میوه کامل بادام عبارت است از proanthocyanidins (۶۷/۱ الی ۲۵۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم)، hydrolyzable tannins (۷۲/۹ الی ۹۱/۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم) و flavonoids (۱۳ الی ۹۳/۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم) [۴]. ۷۰ الی ۱۰۰٪ مواد فنولی مغز بادام، در پوست مغز بادام وجود دارد که این ترکیبات در رنگ و قابض بودن پوست مغز بادام دخیل هستند. در جدول ۵ انواع ترکیبات فنولی گزارش شده در پوست بادام نشان داده شده است [۴۴].

گلیکوزیدهای سیانوژنیک

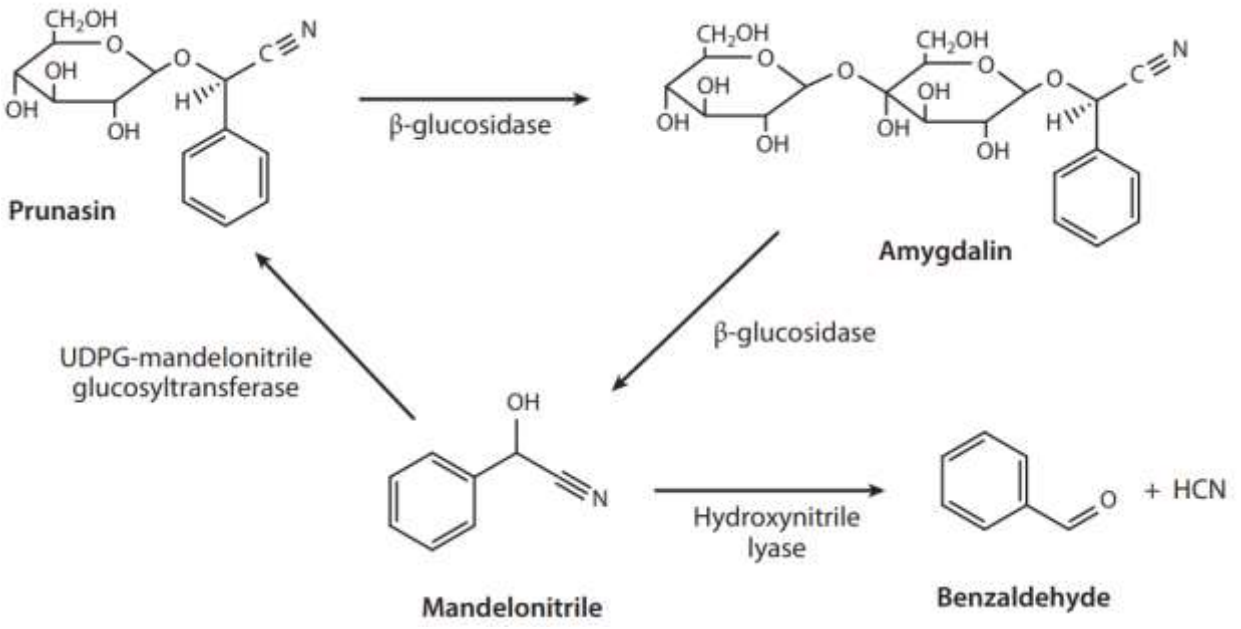
گلیکوزیدهای سیانوژنیک ترکیبات گلیکوزیدی α-hydroxynitriles (cyanohydrins) هستند که در گیاهان خانواده Rosaceae وجود دارد. نقش این ترکیبات برای گیاه، دفاع شیمیایی و تولید هیدروژن سیانید (HCN) در برابر پاتوژن‌ها و علف‌خواران می‌باشد. تا به امروز حدود ۶۰ نوع ترکیب گلیکوزید سیانوژنیک در گیاهان شناسایی شده است که مقادیر آن‌ها بسته به عوامل ژنتیکی و تنش‌های محیطی متفاوت است. محل ذخیره گلیکوزیدهای سیانوژنیک در واکوئل است. هنگامی که بافت گیاهی آسیب می‌بیند، این گلیکوزیدهای سیانوژنیک با آنزیم های β-glucosidases و hydroxynitrile lyase تماس پیدا می‌کند. هیدرولیز این ترکیب توسط β-glucosidases منجر به آزاد شدن قندها و یک سیانوهیدرین می‌گردد. سیانوهیدرین پایداری اندکی دارد و به صورت خود به خود در pH کمتر از ۶ و یا توسط hydroxynitrile lyase تجزیه شده و به HCN، آلدئید و یا کتون تبدیل می‌شود [۴۳].

گفتنی است که آنزیم β-Glucosidase در روده کوچک انسان نیز وجود دارد و وجود آن‌ها باعث افزایش فراهمی زیستی ترکیبات فلاونوئیدی می‌گردد. در بادام گلیکوزیدهای سیانوژنیک اصلی amygdalin و prunasin است (شکل ۱). این دو ترکیب دارای یک گروه نیتریل هستند که باعث می‌شود تلخ باشند. سطح amygdalin در بادام شیرین نسبت به بادام تلخ اندک است؛ به طوری که مقدار آن در بادام شیرین ۰/۰۶۳۱ میلی گرم در گرم و در بادام تلخ ۴۰/۰۶ میلی گرم در گرم می‌باشد [۲۷].

ترکیب amygdalin یک ترکیب دارویی جالب توجه است که فعالیت ضد باکتریایی، antiatherosclerotic، ضد آسم و ضد سرطان را در مطالعات کشت سلولی آزمایشگاهی نشان می‌دهد. با این حال به دلیل تولید HCN، یک ترکیب سمی تلقی می‌گردد. به همین دلیل مصرف خوراکی بادام تلخ توصیه نمی‌گردد. میزان HCN در انسان در دوز بین ۰/۵ الی ۳/۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن اثر سمیت دارد. مقدار amygdalin در بادام‌های شیرین بسیار پایین‌تر از این مقدار بوده و هیچ گونه نگرانی بهداشتی ندارد [۲۴].

جدول ۵- انواع ترکیبات فنولی گزارش شده در پوست مغز بادام

دسته ترکیب فنولی	ترکیب	میانگین (µg/ g)
بنزوئیک اسید	p-Hydroxybenzoic	۷
	Vanillic	۲۴
	Protocatechuic	۲۵/۳
سینامیک اسید	Chlorogenic	۹۵/۷
	p-Courmaric	۳/۷
فلاونوئید	Catechin	۱۱۰/۴
	Epicatchin	۱۲۴/۷
	Quercetin	۱/۲۳
	Quercetin-3-O-glucoside	۳۳/۸
	Quercetin-3-O-galactoside	۱۱/۹
	Quercetin-3-O-rhamnoside	۱۷/۵
	Kaempferol-3-O-rutinoside	۱۲۸/۱
	Kaempferol-3-O-glucoside	۳۰/۱
	Isorhamnetin	۱۹/۳
	Isorhamnetin-3-O-glucoside	۶۷/۶
	Isorhamnetin-3-O-rutinoside	۴۸۵/۱



شکل ۱- گلیکوزیدهای سیانوژنیک اصلی در بادام [۲۷]

مطالعات بسیاری به اثرات درمانی بادام اشاره کرده و اثرات ضد میکروبی عصاره‌های غنی از پلی‌فنول بادام اثبات شده است. گزارش شده است پوست مغز بادام دارای اثرات درمانی بر روی میکروب‌های *Listeria monocytogenes*، *Staphylococcus aureus*، *Salmonella enterica* و *Helicobacter pylori* می‌باشد [۳]. همچنین گزارش شده است پوست مغز بادام دارای فعالیت ضد میکروبی با حداقل غلظت بازدارنده ۰/۳۱ الی ۱/۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و فعالیت ضد ویروسی علیه *Staphylococcus aureus* (با روش کاهش تیتر ویروس) و HSV-1 (با روش کاهش تجمع DNA ویروس) در روش مصرف موضعی دارد. این نتایج می‌تواند برای توسعه محصولات جدید دارویی و کاربرد موضعی آن ها مورد توجه قرار گیرد [۳۳].

آلرژی زایی بادام

آلرژی‌ها به دلیل پاسخ ایمنی خاص بدن به یک ماده آلرژن ایجاد می‌گردد. امروزه در دنیا آلرژی به مواد غذایی در حال افزایش است که یکی از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت آن، آگاهی بخشی مواد غذایی مستعد آلرژی است [۲۰]. بادام در بین آجیل‌های درختی کمترین میزان آلرژی زایی را دارد. با این وجود در ایالات متحده و اروپا برچسب آلرژی‌زا بودن را دریافت کرده است. آلرژن‌های غذایی معمولا از جنس پروتئین هستند و هر آلرژن شناسایی شده توسط سازمان بهداشت جهانی نام مشخصی دارد. نام گذاری به این صورت است که حرف اول جنس، حرف دوم گونه و یک عدد که مشخص کننده ترتیب شناسایی آلرژن در گونه است نام گذاری می‌شود. تا به امروز ۶ ترکیب آلرژن در بادام شناسایی شده است که شامل PR-10 (Pru du 1)، TLP (Pru du 2)، prolamins (Pru du 2S albumin, Pru du 3)، profilins (Pru du 4)، sRP۶۰ (Pru du 5) و cupin (Pru du 6, Pru du γ-conglutin) می‌باشد. البته آلرژی زایی آن‌ها بسیار نادر است و نرخ آلرژی زایی ۰/۷٪ دارد [۱۹].

طعم بادام

این اصطلاح یک برداشت حسی است که تلفیقی از سه عامل است؛ ترکیبات غیر فرار، ترکیبات فرار و عطری و همچنین تفسیر ذهنی فردی. طعم بادام شیرین عمدتا تحت تاثیر ترکیبات غیر فرار قرار دارد که این ترکیبات مستقیما توسط گیرنده‌های چشایی و لمسی زبان و دهان احساس می‌گردد. مطالعات نشان می‌دهد که ترکیبات اصلی بادام در تمام واریته‌های دنیا، از سه ترکیب اصلی درشت مغذی تشکیل شده است: چربی (۴۴ الی ۶۱ درصد)، پروتئین (۱۶ الی ۲۳ درصد) و فیبر (۱۱ الی ۱۴ درصد). بادام همچنین دارای مقادیر اندکی از قند محلول می‌باشد که شامل ساکارز (۳٪/۹۵)، گلوکز (۰/۱۷٪) و فروکتوز (۰/۱۱٪) می‌باشد. قابض بودن در بادام شیرین به دلیل وجود ترکیبات فنولی در پوست بادام است. فراوان‌ترین این ترکیبات فنولی شامل مونومرها (epicatechin و catechin) و الیگومرها (proanthocyanidins) می‌باشد. هرچه میزان ترکیبات الیگومری بیشتر باشد، مغز بادام در دهان بیشتر قابض می-شود [۱۶]. سایر ترکیبات فنولی موجود در پوست بادام شامل کورستین گلیکوزیله شده به گلوکز، گالاکتوز و رامنوز، کامفرول، نارینژنین، کاتچین، پروتوکاتچوئیک اسید، وانیلیک اسید و مشتقات بنزوئیک اسید می باشد که در طعم بادام نقش دارند [۵۱]. بافت بادام نیز از عوامل موثر در کیفیت محصول است. بادام خام به دلیل وجود مقادیر آب بیشتر، تردی کمتری دارد درحالی که بررسی‌ها نشان می‌دهد مصرف کنندگان بادام خشک‌تر و تردتر را می‌پسندند. به همین دلیل است که تیمار حرارتی یک روش متداول در فرآوری بادام می‌باشد [۱۶].

از آنجا که ویژگی‌های اصلی طعم بادام شیرین محدود به شیرین بودن، قابض بودن و ویژگی‌های فیزیکی بافت است، می‌توان گفت که بیشترین منبع تنوع در طعم بادام شیرین مربوط به ترکیبات فرار و بو می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تیمار حرارتی بادام شیرین باعث افزایش مقدار ترکیبات فرار و بو می‌گردد. این تغییر احتمالا به دلیل تجزیه قند در طی حرارت و یا واکنش‌های میلارد رخ می‌دهد. ترکیبات فرار شناسایی شده در بادام خام شامل الکل‌های ۱ الی ۹ کربنه، آلدئیدهای ۴ الی ۱۰ کربنه، benzaldehyde، اسیدهای آلی، و در برخی موارد pyrazines، terpenes و ترکیبات گوگردی می‌باشد [۱۶].

نتیجه گیری

ایران در دسته کشور های خشک و نیمه خشک است که در این شرایط مدیریت مصرف منابع آب امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. یکی از راهکارهای مدیریت بهینه آب، کاربرد مفاهیم ردپای آب و آب پنهان است که تابحال در کشور مورد استفاده قرار نگرفته است. بادام درختی است که سازگار

به شرایط کم آبی است و به لحاظ خواص تغذیه ای کم آلرژی ترین آجیل درختی است، گلیکوزیدهای سیانوژن اندکی دارد و حاوی مقادیر زیادی گلیکوزید است، مواد مغذی و فیتوکمیکال های ارزشمندی دارد به طوری که مطالعات مختلف ارتباط بین مصرف بادام و افزایش چربی های سالم در سرم، کاهش بیماری های قلبی و عروقی و بهبود سلامت عروق و همچنین مدیریت وزن را اثبات کرده است. پایداری در تولید بادام شامل بهبود روش های آبیاری و افزایش راندمان مصرف آب، تولید زباله صفر و استفاده از محصولات جانبی است که نتیجه آن کاهش انتشار کربن است. از مزایای کشت بادام ایجاد یک سیستم اقتصادی دایره ای است که با استفاده از زیست توده آن، سوخت زیستی، ترکیبات زیستی فعال و محصولات جانبی ارزشمند تهیه می-گردد. شناسایی و استفاده از کاربردهای جدید محصولات جانبی بادام می‌تواند باعث افزایش ارزش گذاری محصول و کاهش انتشار کربن گردد.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی در این مطالعه وجود ندارد.

منابع

1. Ananthi S, Raghavendran HRB, Sunil AG, Gayathri V, Ramakrishnan G, Vasanthi HR (2010). In vitro antioxidant and in vivo anti-inflammatory potential of crude polysaccharide from *Turbinaria ornata* (Marine Brown Alga). Food Chem Toxicol, 48: 187–192. https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.09.036
2. Bazrafshan O, Vafaei K, Ramezani Etedali H, Zamani H, Hashemi M (2023). Economic analysis of water footprint for water management of rain-fed and irrigated almonds in Iran. Irrig Sci 42, 115–133. https://doi.org/10.1007/s00271-023-00861-y
3. Bisignano C, Filocamo A, La Camera E, Zummo S, Fera MT, Mandalari G (2013). Antibacterial activities of almond skins on cagA-positive and-negative clinical isolates of Helicobacter pylori. BMC Microbiol, 13, 103. https://doi.org/10.1186/1471-2180-13-103
4. Bolling BW (2017). Almond polyphenols: methods of analysis, contribution to food quality, and health promotion. Compr. Rev Food Sci Food Saf, 16(3):346–68. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12260
5. Bolling BW, Dolnikowski G, Blumberg JB, Chen CYO (2010). Polyphenol content and antioxidant activity of California almonds depend on cultivar and harvest year. Food Chem, 122(3):819–25. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.068
6. Bouaziz F, Koubaa M, Helbert CB, Kallel F, Driss D, Kacem I et al (2015). Purification, structural data and biological properties of polysaccharide from *Prunus amygdalus* gum. Int J Food Sci Technol, 50: 578–584. https://doi.org/10.1111/ijfs.12687
7. Cattivelli L, Fulvia R, Franz W, Mazzucotelli E, Mastrangelo A, Francia E, Tondelli A, Stanca A (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. Field Crops Res, 105, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.07.004
8. Chang SK, Alasalvar C, Bolling BW, Shahidi F (2016). Nuts and their co-products: The impact of processing (roasting) on phenolics, bioavailability, and health benefits – A comprehensive review. J Functional Food, 26:88–122. http://doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.029
9. Crovella T, Paiano A, Lagioia G (2022). A meso-level water use assessment in the Mediterranean agriculture. Multiple applications of water footprint for some traditional crops. J Clean Prod, 330:129886. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129886
10. Del Rio D, Rodriguez-Mateos A, Spencer JPE, Tognolini M, Borges G, Crozier A (2013). Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. Antioxid Redox Signal, 18(14):1818–92. https://doi.org/10.1089/ars.2012.4581
11. Domingo R, Ruiz-Sánchez MC, Sánchez-Blanco MJ, Torrecillas A (1996). Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. Irrig Sci, 16, 115–123. https://doi.org/10.1007/BF02215619
12. Dreher ML (2021). A comprehensive review of almond clinical trials on weight measures, metabolic health biomarkers and outcomes, and the gut microbiota. Nutrients, 13(6):1968. https://doi.org/10.3390/nu13061968
13. FAO (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: http://www.faostat.fao.org. Accessed 20 April 2021.
14. FDA (2003). Qualified Health Claims: Letter of Enforcement Discretion: Nuts and Coronary Heart Disease (Docket No 02P-0505). Available at: http://wayback.archive-it.org/7993/20171114183724/https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/LabelingNutrition/ucm072926.htm. Accessed 2 April 2024.
15. Fernandes GD, Gómez-Coca RB, Pérez-Camino MDC, Moreda W, Barrera-Arellano D (2017). Chemical characterization of major and minor compounds of nut oils: almond, hazelnut, and pecan nut. J Chem, 2017:5–7. https://doi.org/10.1155/2017/2609549
16. Franklin LM, Mitchell AE (2019). Review of the Sensory and Chemical Characteristics of Almond (*Prunus dulcis*) Flavor. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67(10), 2743–2753. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06606
17. Fulton J, Norton M, Shilling F (2019). Water-indexed benefits and impacts of California almonds. Ecol Ind 96:711–717. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.063
18. Godini A (1984). Hull, shell and kernel relationships in almond fresh fruits. CIHEAM, 53–56. http://om.ciheam.org/om/pdf/s08/CI010788.pdf
19. Gupta RS (2019). The public health impact of parent-reported childhood food allergies in the United States. Pediatrics, 144(6): S28. https://doi.org/10.1542/peds.2018-1235

20. Gupta RS, Warren CM, Smith BM, Jiang J, Blumenstock JA et al (2019). Prevalence and severity of food allergies among US adults. JAMA Netw Open, 2(1): e185630. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.5630

21. Kaur M, Kumar M, Sachdeva S, Puri SK (2020). An efficient multiphase bioprocess for enhancing the renewable energy production from almond shells. Energy Convers Manag, 203(5): 112235. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112235

22. Kendall A, Marvinney E, Brodt S, Zhu W (2015). Life Cycle–based Assessment of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Almond Production, Part I: Analytical Framework and Baseline Results. Journal of Industrial Ecology, 19: 1008-1018. https://doi.org/10.1111/jiec.12332

23. Kodad O, Socias I Company R, Alonso JM (2018). Genotypic and environmental effects on tocopherol content in almond. Antioxidants 7(1):6. https://doi.org/10.3390/antiox7010006

24. Lee J, Zhang G, Wood E, Rogel Castillo C, Mitchell AE (2013). Quantification of amygdalin in nonbitter, semibitter, and bitter almonds (*Prunus dulcis*) by UHPLC-(ESI) QqQ MS/MS. J Agric Food Chem, 61(32):7754–59. https://doi.org/10.1021/jf402295u

25. Li X, Liu Y, Hao J, Wang W (2018). Study of almond shell characteristics. Materials, 11, 1782. https://doi.org/10.3390/ma11091782

26. Liu Z, Lin X, Huang G, Zhang W, Rao P, Ni L (2014). Prebiotic effects of almonds and almond skins on intestinal microbiota in healthy adult humans. Anaerobe 26:1–6. https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2013.11.007

27. Luo KK, Kim DA, Mitchell-Silbaugh KC, Huang G, Mitchell AE (2018). Comparison of amygdalin and benzaldehyde levels in California almond (*Prunus dulcis*) varietals. Acta Hortic, 1219:1–8. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1219.1

28. MacKay DS, Jones PJH (2011). Phytosterols in human nutrition: type, formulation, delivery, and physiological function. Eur J Lipid Sci Technol, 113(12):1427–32. https://doi.org/10.1002/ejlt.201100100

29. Madani K (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. J Environ Stud Sci, 4(4):315–328. https://doi.org/10.1007/s13412-014-0182-z

30. Mahfoudhi N, Chouaibi M, Donsì F, Ferrari G, Hamdi S (2012). Chemical composition and functional properties of gum exudates from the trunk of the almond tree (*Prunus dulcis*) Food Sci Technol Int, 18: 241–250. https://doi.org/10.1177/1082013211415173

31. Maroufpoor S, Bozorg-Haddad O, Maroufpoor E, Gerbens-Leenes PW, Loáiciga HA, Savic D, Singh VP (2021). Optimal virtual water flows for improved food security in water-scarce countries. Sci Rep, 11(1):1–18. https://doi.org/10.1038/s41598-021-00500-6

32. Ministry of Agriculture- Jihad (2018). Available at: http://www.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx?CategoryID=c5c8bb7b-ad9f-43dd-8502-cbb9e37fa2ce. Accessed 12 Feb 2022.

33. Musarra-Pizzo M, Ginestra G, Smeriglio A, Pennisi R, Sciortino MT, Mandalari G (2019). The Antimicrobial and Antiviral Activity of Polyphenols from Almond (*Prunus dulcis* L.) Skin Nutrients, 11(10), 1–11. https://doi.org/10.3390/nu11102355

34. Nuts Dried Fruits Statistical Yearbook; INC (2019). International Nut and Dried Fruit Council Foundation: Reus Spain. Available at: https://inc.nutfruit.org/wp-content/uploads/2021/09/1594640174_INC_Statistical_Yearbook_2019-2020.pdf. Accessed 2 April 2024.

35. Olatunji OO, Akinlabi S, Madushele N, Adedeji PA, Ndolomingo MJ, Meshack T (2020). Blended tropical almond residue for fuel production: Characteristics, energy benefits, and emission reduction potential. Journal of Cleaner Production, 267, 0959-6526. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122013

36. Omri A, Benzina M, Ammar N (2013). Preparation, modification and industrial application of activated carbon from almond shell. J Ind Eng Chem, 19, 2092–2099. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.03.025

37. Remón J, Latorre-Viu J, Matharu AS, Pinilla JL, Suelves I (2021). Analysis and optimisation of a novel 'almond-refinery' concept: Simultaneous production of biofuels and value-added chemicals by hydrothermal treatment of almond hulls. Sci Total Environ, 765, 142671. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142671

38. Rezaei A, Nasirpour A, Tavanai H (2016). Fractionation and some physicochemical properties of almond gum (*Amygdalus communis* L.) exudates. Food Hydrocoll, 60: 461–469. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.027

39. Rieger M, Duemmel M (1992). Comparison of drought resistance among *Prunus* species from divergent habitats. Tree Physiol, 11, 369–380. https://doi.org/10.1093/treephys/11.4.369

40. Romero P, Botia P, Garcia F (2004). Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative development and yield of mature almond trees. Plant Soil, 260: 169-181. https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000030193.23588.99

41. Sottile F, Massaglia S, Peano C (2020). Ecological and economic indicators for the evaluation of almond (*Prunus dulcis* L.) orchard renewal in sicily. Agriculture, 10 (7), 301. https://doi.org/10.3390/agriculture10070301

42. Thitame PV, Shukla SR (2017). Removal of lead (II) from synthetic solution and industry wastewater using almond shell activated carbon. Environ Prog Sustain Energy, 36, 1628–1633. https://doi.org/10.1002/ep.12616

43. Thodberg S, Del Cueto J, Mazzeo R, Pavan S, Lotti C et al (2018). Elucidation of the amygdalin pathway reveals the metabolic basis of bitter and sweet almonds (*Prunus dulcis*). Plant Physiol, 178(3):1096–111. https://doi.org/10.1104/pp.18.00922

44. Tomishima H, Luo K, Mitchell AE (2022). The Almond (*Prunus dulcis*): Chemical Properties, Utilization, and Valorization of Coproducts. Annual Review of Food Science and Technology, 13(Usda 2021), 145–166. https://doi.org/10.1146/annurev-food-052720-111942

45. Urruzola I, Robles E, Serrano L, Labidi J (2014). Nanopaper from almond (*Prunus dulcis*) shell. Cellulose, 21, 1619–1629. https://doi.org/10.1007/s10570-014-0238-y

46. Wahba SM, Scott K, Steinberger JK (2018). Analyzing Egypt's water footprint based on trade balance and expenditure inequality. J Clean Prod, 198:1526–1535. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.266

47. Wang J, Lee Bravatti MA, Johnson EJ, Raman G (2020). Daily almond consumption in cardiovascular disease prevention via LDL-C change in the U.S. population: a cost-effectiveness analysis. BMC Public Health, 20:558. https://doi.org/10.1186/s12889-020-08642-4

48. Yada S, Huang G, Lapsley K (2013). Natural variability in the nutrient composition of California-grown almonds. J Food Compos Anal, 30(2):80–85.

49. Yadollahi A, Arzani K, Ebadi A, Wirthensohn M, Karimi S (2011). The response of different almond genotypes to moderate and severe water stress in order to screen for drought tolerance. Scientia Hortic, 129 (3), 403–413. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.007

50. Zamany AJ, Samadi GR, Kim DH, Keum YS, Saini RK (2017). Comparative study of tocopherol contents and fatty acids composition in twenty almond cultivars of Afghanistan. J Am Oil Chem Soc, 94(6):805–17. https://doi.org/10.1007/s11746-017-2989-8

51. Esfahlan AJ, Jamei R, Esfahlan RJ (2010). The importance of almond (*Prunus amygdalus* L.) and its by-products. Food chemistry, 120(2), pp.349-360.

A glance at the value and edible properties of almonds

Fazli M.

Department of Horticultural Sciences and Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

Almonds represent the most widely consumed tree nut globally, valued both for their nutritional and medicinal properties. Extensive research has demonstrated the beneficial effects of almond consumption on serum lipid levels, cardiovascular health, diabetes management, and weight control. Almonds are characterized by their low saturated fat content, lack of cholesterol and sodium, and relatively long shelf life. Among tree nuts, almonds contain the highest concentration of tocopherols—stable antioxidants that, alongside their nutritional value, contribute to the preservation of almond oil. The leading almond-producing countries are the United States, Australia, and Spain, with Iran following closely. However, Iran faces significant water resource challenges, as over 90% of its water is allocated to agriculture despite its predominantly dry and semi-arid climate. Improving water-use efficiency in almond cultivation is crucial, with promising solutions including advanced microirrigation techniques, relative-deficit irrigation, artificial intelligence-driven irrigation systems, and the application of virtual water concepts. Globally, almond cultivation generates over 7 million tons of waste annually, reflecting inefficiencies in the use of water, carbon, and energy resources. Recent efforts to repurpose almond by-products aim to enhance resource efficiency. These efforts include the production of biofuels, activated carbon, pure cellulose, and nanofibers, as well as the prevention of nitrogen leakage into groundwater and the use of biosolarization materials for soil pest control.

Keywords: *Prunus dulcis*, tree nuts, waste management, water footprint