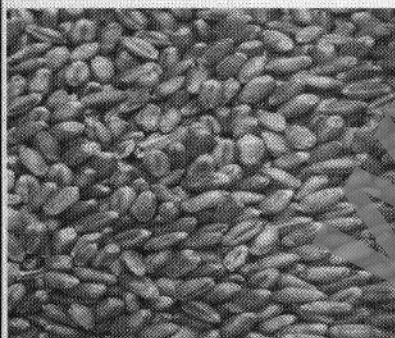
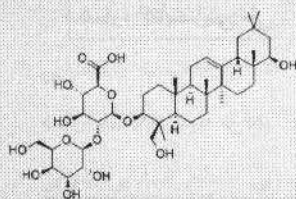
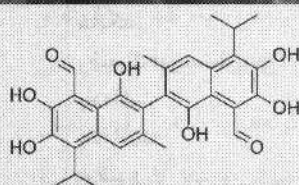


قال:

ہاریندر پی. اس. ماکار

پی سیدار و جو

کلاوس بکر

ترجمہ:

محمد رضا قربانی

## مرتضى چاچي

طاہرہ محمد آبادی

دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

|                     |                                                                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | ماکار، هاریندر پی. اس. : Makkar, Harinder P. S.                                                                                         |
| عنوان و نام پدیدآور | متابولیت‌های ثانویه گیاهی / تألیف هاریندر پی. اس. ماکار، پرومال سیداروجو، کلاوس بکر: ترجمه محمدرضا قربانی، مرتضی چاجی، طاهره محمدآبادی. |
| مشخصات نشر          | تهران: نوربخش، ۱۳۹۳.                                                                                                                    |
| مشخصات ظاهری        | ۱۶۰ ص.: نمودار.                                                                                                                         |
| شابک                | ۹۷۸-۶۰۰-۷۳۰۹-۰۹-۴                                                                                                                       |
| وضعیت فهرست‌نویسی   | فیپا                                                                                                                                    |
| یادداشت             | عنوان اصلی: Plant secondary metabolites, 2007.                                                                                          |
| یادداشت             | کتابنامه.                                                                                                                               |
| موضوع               | متابولیت‌های گیاهی.                                                                                                                     |
| موضوع               | متابولیسم ثانویه.                                                                                                                       |
| موضوع               | حیوان‌ها -- تغذیه.                                                                                                                      |
| شناسه افزوده        | Siddhuraju, P. (Perumat) سیدهوراجو، پرومال                                                                                              |
| شناسه افزوده        | بکر، کلاوس Becker, Klaus                                                                                                                |
| شناسه افزوده        | قربانی، محمدرضا، ۱۳۵۸- مترجم                                                                                                            |
| شناسه افزوده        | چاجی، مرتضی، ۱۳۵۷- مترجم                                                                                                                |
| شناسه افزوده        | محمدآبادی، طاهره، ۱۳۵۸- مترجم                                                                                                           |
| رده‌بندی کنگره      | ۳۹۳ م۲ / م۲ ۸۸۱ QK                                                                                                                      |
| رده‌بندی دیویی      | ۵۷۲ / ۴۲                                                                                                                                |
| شماره کتابشناسی ملی | ۳۶۰۰۹۳۲                                                                                                                                 |



### متابولیت‌های ثانویه گیاهی

تألیف: هاریندر پی. اس. ماکار، پرومال سیداروجو، کلاوس بکر

ترجمه: محمدرضا قربانی، مرتضی چاجی، طاهره محمدآبادی

ناشر: انتشارات نوربخش

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۳

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۸۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۳۰۹-۰۹-۴

تهران: خیابان انقلاب - خیابان وصال شیرازی - بن‌بست قاجار - پلاک ۴ - واحد ۲

تلفن: ۶۶۹۷۸۸۲۹ تلفکس: ۶۶۹۷۸۸۳۰

## پیش‌گفتار مترجمین

متابولیت‌های ثانویه گیاهی ترکیبات گسترده‌ای هستند که در رشد و تولیدمثل گیاه نقش نداشته و غالباً برای سازش گیاه با محیط زیست کاربرد دارند. این ترکیبات در دفاع از گیاه در برابر گیاه‌خواران و عوامل بیماری‌زا، تنظیم همزیستی، کنترل جوانه‌زنی دانه و مهار شیمیایی گونه‌های گیاهی رقیب نقش داشته و بنابراین بخش جدایی‌ناپذیر اثرات متقابل گونه‌های گیاهی و روابط حیوانی و سازگاری گیاه با محیط زیست‌شان محسوب می‌شوند. در تحقیقات اخیر مشخص شده است که در کنار اثرات مسمومیتی، این ترکیبات گیاهی اثرات مفیدی (نظیر آنتی‌اکسیدانی، ضدویروسی، ضدباکتریایی و ضدسرطانی) بر سلامتی انسان یا حیوان استفاده‌کننده نیز دارند که احتمالاً به میزان مصرف و ساختار آن‌ها بستگی دارد. بسیاری از منابع گیاهی مناطق گرمسیری، غنی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و عدم وجود اطلاعات کافی در مورد روش‌های مناسب تعیین آن‌ها مانع درک بهتر اثرات مفید این ترکیبات فیتوشیمیایی می‌شود. این کتاب مشتمل بر ۱۸ فصل، حاصل یک دهه از تجربیات بزرگ‌ترین دانشمندان در زمینه ترکیبات ثانویه گیاهی و نقش آن‌ها در دامپروری است و در راستای سنجش متابولیت‌های ثانویه گیاهی با وسایل ساده آزمایشگاهی به نگارش درآمده است. در این کتاب ماهیت شیمیایی متابولیت‌های ثانویه گیاهی، اثرات شناخته‌شده فیزیولوژیکی و مکانیسم اثر آن‌ها به طور خلاصه ارائه شده است. روش‌های قابل اعتماد ارائه‌شده در این کتاب برای استفاده در ارزیابی منابع غذایی بومی موجود و درک بهتر اثرات متقابل گیاه و مصرف‌کننده و معرفی ارزش افزوده پزشکی گیاهی کارآمد می‌باشد.

در پایان از زحمات آقای حمید شهدادی جهرمی جهت یاری و مساعدت در امر انشا و ویرایش متن این کتاب تقدیر و تشکر می‌گردد. باید اذعان نمود که این اثر خالی از نقص و ایراد نیست، لذا از کلیه محققین و صاحب‌نظران عزیز صمیمانه خواهشمند است نظرات و پیشنهادات اصلاحی خود را به اطلاع مترجمین برسانند.

محمدرضا قربانی، مرتضی چاجی و طاهره محمدآبادی

ghorbani.mr2010@gmail.com

## پیش‌گفتار محققین

متابولیت‌های ثانویه گیاهی گروه وسیعی از ملکول‌ها هستند که در رشد سلول و تولید مثل گیاه نقش نداشته و غالباً در راستای سازش گیاه با محیط زیست کاربرد دارند. واژه‌های ترکیبات ثانویه گیاهی، مواد شیمیایی گیاهی<sup>۱</sup>، عوامل ضدتغذیه‌ای و زنبویوتیک‌های گیاهی<sup>۲</sup> (مترجم؛ زنبویوتیک‌ها، ترکیبات شیمیایی بوده که حاصل تولید عادی یک موجود زنده نمی‌باشند) که در کتب و مقالات مختلف مورد استفاده قرار گرفته، عموماً به این گروه از ترکیبات اطلاق می‌شوند؛ ترکیباتی با بیش از ۲۴۰۰۰ ساختار مختلف که ممکن است در پستانداران اثرات ضدتغذیه‌ای و مسمومیتی داشته باشند. ترکیباتی نظیر پلی‌فنل‌های الیگومری (پروآنتوسیانیدین‌ها و تانن‌های قابل هیدرولیز) که اخیراً به صورت دقیق توصیف شده و تعداد را تا چند هزار افزایش خواهند داد، در گروه فوق قرار نگرفته‌اند. برخی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی یا مواد شیمیایی گیاهی اصلی که در گیاهان وجود دارند شامل ممانعت‌کننده‌های پروتئاز، لکترین‌ها، آلکالوئیدها، اسیدهای آمینه غیرپروتئینی، گلیکوزیدهای سیانوژنیک، ساپونین‌ها و تانن‌ها هستند. این ترکیبات در دفاع از گیاه در برابر گیاه‌خواران و عوامل بیماری‌زا، تنظیم همزیستی، کنترل جوانه‌زنی دانه و مهار شیمیایی گونه‌های گیاهی رقیب<sup>۳</sup> (آلوپاتی<sup>۴</sup>) نقش داشته و بنابراین بخش جدایی‌ناپذیر اثرات متقابل گونه‌های گیاهی و روابط حیوانی و سازگاری گیاه با محیط زیست‌شان هستند.

تمرکز بیش‌تر تحقیقات انجام‌شده بر روی متابولیت‌های ثانویه گیاهی در رابطه با اثرات ضد تغذیه‌ای و سستی آن‌ها بر حیوانات اهلی می‌باشد. متابولیت‌های ثانویه گیاهی سستی در غلظت‌های پایین در گیاهان وجود دارند (عموماً کم‌تر از ۲ درصد ماده خشک) و هنگامی که جذب شوند اثرات فیزیولوژیک منفی نظیر مشکلات عصبی، مشکلات تولیدمثل، گواتر، قانقاریا<sup>۵</sup> (مترجم؛ قانقاریا، فساد عضو در اثر نرسیدن خون) و مرگ را به همراه خواهند داشت. آلکالوئیدها، گلوکوزیدهای سیانوژنیک، آمینواسیدهای سستی،

---

1. phytochemicals

2. plant xenobiotics

3. Chemical inhibition of competing plant species

4. Allelopathy

5. Gangrene

ساپونین‌ها و بسیاری دیگر، مثال‌هایی از این مواد هستند. مواد شیمیایی گیاهی غیرسمی با کاهش قابلیت هضم مواد مغذی و تأثیرگذاری بر خوش‌خوراکی نیز وجود دارند. غلظت‌های بالاتری از این ترکیبات (بیش‌تر از ۲ درصد ماده خشک) برای نشان دادن اثرات منفی لازم بوده و محل اولیه فعالیت آن‌ها در دستگاه گوارش و یا ارگان‌های حسی دخیل با رفتارهای تغذیه‌ای است. این ترکیبات ثانویه گیاهی نظیر تانن‌ها، ممانعت‌کننده‌های پروتئاز و آمیلاز هستند. ترکیباتی که با نقش ساختاری در گیاهان (همانند لیگنین، سیلیس بیوژنیک<sup>۱</sup> و کوتین<sup>۲</sup>) وسعت هضم میکروبی پلی‌ساکاریدهای گیاهی دیواره سلول را کم می‌کنند.

تقسیم‌بندی بین گروه‌های مختلف متابولیت‌های ثانویه گیاهی منحصربه‌فرد نیست. به عنوان مثال، تانن‌های قابل هیدرولیز به طور بالقوه برای نشخوارکنندگان سمی هستند و عوارض عمده‌ای همانند عفونت‌های هموراژیک دستگاه گوارش، نکروز کبدی، صدمات کلیوی با نکروز توبولی پروگزیمال را باعث می‌شوند. مصرف بیش از اندازه و سریع بلوط و یا سایر گونه‌های درختی که حاوی بیش از ۵ درصد تانن قابل هیدرولیز باشند باعث عوارض زیاد و تلفات در گاو و گوسفند می‌شود.

علاوه بر این، متابولیت‌های ثانویه گیاهی ممکن است با بهبود ارزش تغذیه‌ای مواد خوراکی اثرات ارزشمندی بر سلامتی حیوان داشته باشند. در مقالات در ارتباط با تغذیه حیوانی، از پروآنتوسیانیدین‌ها، به عنوان تانن متراکم [در علوفه‌های لگومی نظیر اسپرس<sup>۳</sup>، شبدر<sup>۴</sup> و لوتوس پدانکولاتوس<sup>۵</sup> وجود دارد] با اثر بهبود هضم و متابولیسم پروتئین در نشخوارکنندگان و نشخوارکنندگان محافظت‌شده در برابر نفخ لگومی، بسیار یاد شده است. تانن‌ها نیز ممکن است در برابر کرم‌های روده‌ای، از نشخوارکنندگان محافظت کنند. علاقه روزافزون در رابطه با پتانسیل اثرات سلامتی ترکیبات ثانویه گیاهی در تغذیه انسانی باعث ایجاد تحقیقات در رابطه با پتانسیل استفاده از آن‌ها در جلوگیری یا درمان سرطان، بیماری‌های گردش خون و عفونت‌های ویروسی شده است. مکانیسم‌هایی که به واسطه آن‌ها این ترکیبات اثرات مفیدشان را بر سلامتی می‌گذارند ممکن است با اثرات سمی آن‌ها در ارتباط باشد و تفاوت بین اثرات مسمومیتی و مفید احتمالاً به غلظت مصرف و ساختار آن‌ها بستگی دارد. با این حال، مکانیسم‌های مسمومیتی و بهبود سلامتی بیش‌تر ترکیبات ثانویه گیاهی موجود در جیره‌های انسانی و

1. biogenic silica
2. cutin
3. *Onobrychis viciaefolia*
4. *Lotus corniculatus*
5. *Lotus pedunculatus*

حیوانی به خوبی مشخص نشده است.

در سال‌های اخیر علاقه به متابولیت‌های ثانویه گیاهی در بین زیست‌شناسان مولکولی گیاهی و اصلاح‌نژادکنندگان گیاهی، به دلیل اثرات گوناگون آن‌ها، علاوه بر موارد ذکر شده در بالا، نظیر آنتی‌اکسیدانی، ضدویروسی، ضدباکتریایی و ضدسرطانی، به طور چشم‌گیری افزایش یافته است. در راستای تحولات اخیر، زیست‌شناسان مولکولی تغییرات ژنتیکی را در بیوسنتز پروانتوسیانیدین در گیاهان علوفه‌ای با هدف حذف نفع، بهبود بازده تبدیل پروتئین گیاهی به پروتئین حیوانی (بهبود عدم تجزیه پروتئین در شکمبه و افزایش دسترسی پروتئین در مراحل بعد از شکمبه)، کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش انگل‌های مربوط به دستگاه گوارش ایجاد کرده‌اند؛ و اصلاح‌نژادکنندگان گیاه، گیاهانی نظیر کلزا (کانولا) با گلوکوزینولات‌ها و اسید اروسیک پایین و پنبه دانه‌ای با گوسپول کم را معرفی و تجاری‌سازی کرده‌اند. برنج اصلاح‌شده ژنتیکی نیز تولید شده است. ژنتیک مولکولی نوظهور دارای پتانسیل فوق‌العاده‌ای برای باز کردن ژن‌های تنظیم‌کننده‌ای که بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه گیاهی را کنترل می‌کنند می‌باشد. این اطلاعات همراه با افزایش دانش از آنزیم‌های اختصاصی مسیرها، مهندسی ژنتیک گیاهی را تسهیل می‌کند.

بسیاری از منابع گیاهی، به‌خصوص گیاهان مناطق گرمسیری، غنی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و عدم وجود اطلاعات در مورد روش‌های مناسب تعیین آن‌ها، مشکل اصلی در درک بهتر آنزیم‌ها و مسیرهای بیوشیمیایی مؤثر در سنتز آن‌ها، ژن‌های کنترل‌کننده فرایندهای بیوشیمیایی اصلی و اهمیت فیزیولوژیکی متابولیت‌های ثانویه گیاهی در بهره‌برداری از اثرات مفید این ترکیبات فیتوشیمیایی محسوب می‌شود.

در مقالات مختلف، روش‌هایی برای اندازه‌گیری متابولیت‌های ثانویه گیاهی وجود دارد. این کتاب تمام روش‌های موجود را شامل نمی‌شود؛ بلکه حاصل بیش از یک دهه تجربیات ما در تعیین متابولیت‌های ثانویه گیاهی بوده و شامل روش‌هایی برای آنالیز برخی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی مهم که به دست ما و در آزمایشگاه‌های مجهز به وسایل اولیه انجام شده است. روش‌ها بر اساس فرمت قابل استفاده مستقیم در آزمایشگاه نوشته شده است. در این کتاب ماهیت شیمیایی متابولیت‌های ثانویه گیاهی، اثرات شناخته‌شده فیزیولوژیکی و مکانیسم اثر آن‌ها به طور خلاصه ارائه شده است. این کار در نتیجه درخواست‌های متعدد، به‌خصوص از جانب محققین کشورهای در حال توسعه برای روش‌های مناسب جهت تعیین کمیت متابولیت‌های ثانویه گیاهی سرچشمه گرفته است.

امید است روش‌های قابل اعتماد ارائه‌شده در این کتاب برای استفاده در مورد منابع غذایی بومی

موجود ایمن و کارآمد باشد و محققین را در برخورد با چالش‌های بی‌سابقه منتج از تقاضای زیاد برای غذا که ناشی از افزایش تقاضا برای پروتئین حیوانی در کشورهای در حال توسعه است، یاری رساند. این کتاب هم‌چنین به درک بهتر روابط متقابل حیوان - گیاه کمک خواهد کرد که نه تنها برای کشاورزی حیوانی اهمیت دارد بلکه برای تفنّن و شکار نیز مهم است. روش‌های ارائه‌شده در این کتاب برای تعیین متابولیت‌های ثانویه گیاهی در خوراک انسانی، و مطالعه اثرات مصرف آن‌ها بر سلامت و رفتار انسان، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این کتاب هم‌چنین به محققین ژنتیک ملکولی در مهندسی ژنتیک گیاهی برای معرفی ارزش افزوده پزشکی گیاهی<sup>۱</sup> و ویژگی کیفی خوراک و علوفه کمک خواهد کرد.

هاریندر پی. اس. ماکار

پی. سیدهوراجی

کلاوس بیکر



## فهرست مطالب

|     |                                                  |
|-----|--------------------------------------------------|
| ۹   | فصل اول : ممانعت کننده تریپسین                   |
| ۱۷  | فصل دوم : بازدارنده کیموتریپسین                  |
| ۲۱  | فصل سوم : بازدارنده آلفا آمیلاز                  |
| ۲۷  | فصل چهارم : فیتوهمگلوتین / لکتین گیاهی           |
| ۳۷  | فصل پنجم : اسید فایتیک                           |
| ۴۵  | فصل ششم : اسید اگزالیک                           |
| ۵۱  | فصل هفتم : نیترات و نیتريت                       |
| ۶۱  | فصل هشتم : آل - میموزین                          |
| ۶۹  | فصل نهم : کاناوانین                              |
| ۷۳  | فصل دهم : آل - دوبا                              |
| ۷۷  | فصل یازدهم : گلوکوزینولات ها                     |
| ۸۵  | فصل دوازدهم : گلوکوزیدهای سیانوژنیک / سیانوژن ها |
| ۹۱  | فصل سیزدهم : تانن ها                             |
| ۱۱۱ | فصل چهاردهم : گوسیپول                            |
| ۱۲۱ | فصل پانزدهم : اسید کلروژنیک                      |
| ۱۲۵ | فصل شانزدهم : ساپونین ها                         |
| ۱۳۷ | فصل هفدهم : استرهای فوربول                       |
| ۱۴۳ | فصل هجدهم : آلکالوئیدها                          |
| ۱۴۹ | ضمیمه                                            |