

## شناسایی ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره اتانولی چوب درون اقاچیا به روش کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی

سید خلیل حسینی هاشمی<sup>1\*</sup>، علی باقری<sup>2</sup>، وحیدرضا صفدری<sup>3</sup>، حسن صادقی فر<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 90/4/15 تاریخ پذیرش: 90/6/26

### چکیده

چوب گونه اقاچیا<sup>5</sup> یکی از چوب‌های بسیار با دوام به‌شمار می‌رود، به‌طوری‌که درخت آن به‌صورت پراکنده به‌عنوان یکی از گونه‌های دست‌کاشت در اکثر نقاط کشور به‌خصوص در نواحی نیمه‌خشک و خشک (کرج) به‌منظور ایجاد فضای سبز و تثبیت نیتروژن خاک کاشته شده‌است. مواد استخراجی این گونه با استفاده از حلال اتانول و به‌روش خیساندن در حلال در مدت زمان 15 روز انجام شد. میانگین درصد مواد استخراجی اتانولی چوب درون اقاچیا 16/6 درصد تعیین گردید. شناسایی ترکیبات شیمیایی در نمونه‌های استخراج‌شده با استفاده از دستگاه GC/MS صورت گرفت. در مجموع 15 ترکیب شناسایی شد که با درصد‌های متفاوتی در چوب درون وجود دارند. فراوان‌ترین ترکیب موجود در عصاره اتانولی چوب درون اقاچیا، (23S) - اتیل کولست-5-ای-ان-3. بتا-آل از دسته استرول‌ها و نوعی از ایزومر سیتوسترول بوده که به میزان 18/33 درصد مشاهده شد. مهم‌ترین اسیدهای چرب اشباع‌شده و اشباع‌نشده شناسایی‌شده در چوب درون این گونه به‌ترتیب شامل هگزا دکانوییک اسید (0/31 درصد) و 9، 12- اکتا دکا دی‌انوییک اسید (Z,Z) - (0/47 درصد) است. استرول‌های مهم دیگر شناسایی‌شده در چوب درون این گونه که در بیشتر گونه‌های گیاهی وجود دارد، استیگماسترول (13/75 درصد) و کامپسترول (3/53 درصد) بود.

**واژه‌های کلیدی:** اقاچیا، مواد، استخراجی اتانولی، ترکیبات شیمیایی، کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی

1، 2 و 3- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، کرج، ایران

\* نویسنده مسوول hashemi@kiau.ac.ir

4- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، گروه شیمی، قائمشهر، ایران

## مقدمه

حلال‌های قطبی و غیرقطبی از چوب خارج کرد [14]. لیکس<sup>6</sup> در سال 1991 [18] و آجونگ و بریسی<sup>7</sup>، در سال 1998 [6] اظهار داشته‌اند که اتانول یک عامل حجیم‌ساز<sup>8</sup> خوب بوده، به طوری که می‌تواند ساختار چوب را تا 83 درصد بیشتر از آب واکشیده کند. در نتیجه اتانول قادر به خارج‌سازی مواد استخراجی موجود در دیواره سلولی از جمله تانن‌های متراکم (کندانه)<sup>9</sup>، فلاونوئیدها و فنول‌ها خواهد بود [18]. لاتومسکی و سارمینسکی<sup>10</sup> در سال 1965 به این نتیجه رسیدند که ترکیبات عهده‌دار تابناکی<sup>11</sup> و دوام بسیار بالای چوب اقاچیا در برابر تخریب قارچی، توسط حلال اتانول قابل استخراج می‌باشند [19]. شوستروم و آلن<sup>12</sup> در سال 1999 روش‌های کروماتوگرافی را تکنیک مناسبی برای جداسازی و تشخیص ترکیبات اختصاصی در مواد استخراجی معرفی می‌کنند. چون مواد استخراجی، عمدتاً از ترکیباتی با جرم مولکولی پایین تشکیل شده، کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC/MS) یک تکنیک ایده‌آل به‌شمار می‌آید. قدرت تفکیک بالای ستون‌های موئین در سیستم کروماتوگرافی گازی، این روش را به روشی بسیار موثر و کارآمد در آنالیز و تعیین مقدار نسبی ترکیبات پیچیده مواد استخراجی تبدیل کرده است [3].

چوب درخت اقاچیا در حالت طبیعی (بدون هیچ‌گونه تیمار حفاظتی) یکی از بادوام‌ترین گونه‌های چوبی به‌شمار می‌رود، به طوری که علت این دوام استثنایی را باید در نوع ترکیبات مواد استخراجی آن جویا شد [26].

آنالیز ترکیبات مواد استخراجی چوب درختان با دوام این امکان را به وجود می‌آورد تا مواد حفاظتی مقاوم به عوامل مخرب در چوب شناسایی و سپس آن را به صورت مصنوعی در صنعت تولید نمود.

رادمن<sup>1</sup> در سال 1963 چنین گزارش داده است که دوام استثنایی چوب درون اقاچیا در برابر تخریب بیولوژیک ناشی از وجود دو ترکیب شیمیایی روئینتین<sup>2</sup> و دی‌هیدروروئینتین<sup>3</sup> در مواد استخراجی آن می‌باشد [26].

پانشین و دزو<sup>4</sup> در سال 1980 مواد استخراجی را ترکیبات شیمیایی طبیعی یافته شده در گیاهان چوبی معرفی می‌کند [23]. هیلیس<sup>5</sup> در سال 1970 گزارش داد که مواد استخراجی به عنوان ترکیبات غیرساختاری گیاهان هستند، به طوری که این ترکیبات دارای جرم مولکولی کمتر نسبت به سایر ترکیبات پلیمری چوب می‌باشند و در داخل حفره سلولی و سایر بافت‌های ویژه گیاهان انتشار یافته‌اند [13]. واژه مواد استخراجی تعداد زیادی از ترکیبات طبقات مختلف را در برمی‌گیرد، به طوری که می‌توان آنها را توسط

<sup>6</sup> Laks

<sup>7</sup> Ajuong and Breese

<sup>8</sup> Bulking agent

<sup>9</sup> Condensed tannins

<sup>10</sup> Lutomski and Surminski

<sup>11</sup> Luminescence در علم فیزیک، پدیده نور افشانی جسمی

پس از قرار گرفتن در معرض تابش نور را تابناکی گویند.

<sup>12</sup> Sjöström and Alén

<sup>1</sup> Rudman

<sup>2</sup> Robinetin

<sup>3</sup> Dihydrorobinetin

<sup>4</sup> Panshin and De Zeeuw

<sup>5</sup> Hillis

تریس (تری متیل سایلوکسی) (گالیک اسید) بود که به میزان 44/57 درصد مشاهده شد. مهمترین اسیدهای آلی شناسایی شده دیگر در چوب درون این گونه شامل پروپانویک اسید، 2- (تری متیل سایلوکسی) تری متیل، (1/07 درصد)، بنزویک اسید، 3، 4- بیس (تری متیل سایلوکسی)، (2/06 درصد) است. سمی ترین ترکیبات شناسایی شده، ژوگلون (5/15 درصد) و 2، 7- دی متیل فناترن (5/81 درصد) بوده است [1].

خضرای و میرشکرایی در 1384 مواد- استخراجی چوب و پوست گونه راش جنگل‌های شمال ایران را مورد آنالیز شیمیایی قرار داده و دریافتند که به طور کلی از 24 ترکیب شناسایی- شده، 10 ترکیب به طور مشترک در چوب و پوست این گونه با درصد‌های متفاوت وجود دارند و فراوان ترین ترکیب موجود در مخلوط، پروپیل هیدروسینامات بود که در چوب به میزان 32/38 درصد و در پوست 19/39 درصد مشاهده شد. این ترکیب در بیوستنز سیناپیل الکل که پیش ترکیب اصلی لیگنین پهن برگان می باشد، نقش مهمی را بر عهده دارد [2].

همچنین، مهمترین اسیدهای شناسایی شده در چوب و پوست درخت راش، پالمیتیک اسید (1/28 درصد در چوب و 0/78 درصد در پوست)، لیگنوسریک اسید (2/39 درصد در چوب)، استتاریک اسید (0/31 درصد در پوست) و 4 و 5- دی هیدروکسی، 6 و 7- دی متوکسی فلاون که از ترکیبات فنولی است (0/59 درصد فقط در پوست)، مشاهده شد [2].

به منظور اطمینان از اندازه گیری های کمی، مشتق سازی ترکیبات در روش کروماتوگرافی- گازی الزامی است. بدین منظور از واکنشگرهای سایلیل دار کننده نظیر N، O- بیس (تری متیل سایلیل) برای سایلیل دار کردن کامل الکل‌های- تریپنی، استرول‌ها و فنول‌ها استفاده می شود [3].

اسیدهای رزینی و اسیدهای چرب موجود در مواد استخراجی چوب با سرعت مناسب با واکنشگرهای مذکور سایلیل دار شده و به خوبی به استرهای سایلیل دار شده تبدیل و در دستگاه کروماتوگرافی گازی از هم جدا می شوند. به دلیل پایداری اندک ترکیبات سایلیل دار شده، ضروری است که عمل سایلیل دار کردن، 24 ساعت قبل از آنالیز توسط دستگاه GC/MS صورت گیرد [32].

در کشورهای خارجی در رابطه با تجزیه- شیمیایی چوب، پوست، میوه و برگ درختان، مطالعات متعددی انجام شده است که به طور مختصر به بعضی از این مطالعات، در ذیل اشاره خواهد شد. طبق مطالعات انجام شده، تجزیه- شیمیایی چوب گونه‌های چوبی از جمله آقاقیا [28] در ایران کمتر مورد توجه محققین بوده است.

حسینی هاشمی و همکاران در 1385 مواد- استخراجی چوب درون گونه گردو جنگل‌های شمال ایران (رامسر) را مورد آنالیز شیمیایی قرار- داده و دریافتند که در مجموع 13 ترکیب با درصد‌های متفاوتی در چوب درون این گونه وجود دارند. فراوان ترین ترکیب موجود در چوب درون گردو، بنزویک اسید، 3، 4، 5-

هدف از این تحقیق، شناسایی ترکیبات شیمیایی موجود در مواد استخراجی چوب‌درون اقاچیا بوده که توسط حلال اتانول و به روش خیساندن در حلال استخراج شده‌است.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق، به منظور شناسایی ترکیبات شیمیایی موجود در مواد استخراجی گونه اقاچیا، یک پایه از درخت اقاچیا از بخش مرکزی ایران واقع در منطقه کیانمهر کرج تهیه گردید. سپس از ارتفاع برابر سینه درخت، یک دیسک 20 سانتی-متری تهیه گردید و مقطع دیسک توسط پارافین اندود شد تا رطوبت از مقاطع دیسک خارج نشود. پس از انتقال دیسک به کارگاه چوب‌بری، در حالت کاملاً تازه و حاوی رطوبت بالا توسط دستگاه اره نواری چهار تراش گردید تا این که بخش چوب‌برون به طور کامل از بخش چوب-درون جدا گردد. از چهار تراش حاوی چوب-درون نمونه‌هایی، به ضخامت 5 سانتی‌متر جدا گردید و سپس به قطعات چوب کبریتی تبدیل شد. به منظور تهیه آرد چوب از قطعات چوب کبریتی، از دستگاه آسیاب دیسکی استفاده گردید. آرد چوب مورد نظر توسط دستگاه الک لرزان، مش‌بندی شد، به طوری که آرد چوب از الک با مش 40 عبور داده شد و آرد چوب با مش 60 به-منظور اجرای تحقیق جمع‌آوری گردید. در نهایت عملیات ذیل بر روی آرد چوب با مش 60 انجام-گرفت.

رو و کانر<sup>1</sup> در سال 1979 تعدادی از ترکیبات مواد استخراجی نظیر تانن‌ها، فلاونوئیدها (مانند رابتین<sup>2</sup>، بوتین<sup>3</sup> و غیره)، فلاوانون‌ها، فلاوانونول‌ها (مانند دی‌هیدرورویبیتین)، فلاونول‌ها (مانند رویبیتین)، استیگماسترول<sup>4</sup>، کولین<sup>5</sup>، سیرینجین<sup>6</sup>، نشاسته، قندهای ساده، پروتئین‌های محلول در آب و متابولیت‌های مرتبط را در چوب اقاچیا شناسایی کرده‌اند [28].

روکس و پائولوس<sup>7</sup> در سال 1962، 14 فلاونوئید حاصل از عصاره متانولی چوب‌درون اقاچیا را با استفاده از کروماتوگرافی کاغذی مورد شناسایی قرار دادند که به طور بسیار برجسته شامل رویبیتین و دی‌هیدرورویبیتین بوده‌اند [27]. همچنین اسمیت<sup>8</sup> و همکاران در سال 1989 و دوک در سال 2000 ادعا کرده‌اند که دوام قابل-ملاحظه چوب‌درون اقاچیا در برابر پوسیدگی-قارچی ناشی از غلظت بالای فلاونوئید (6 درصد وزن خشک چوب)، به ویژه مواد سازنده رابتین (15000 ppm<sup>9</sup>)، رویبیتین (80000-20000 ppm)، دی‌هیدرورویبیتین (176000-53000 ppm) و فلاونوئیدهای دیگر موجود در چوب درون، بوتین<sup>10</sup>، بوتین، فیسیتین<sup>11</sup>، فوستین<sup>12</sup> و لیکوایریتیجین<sup>13</sup> می‌باشد [10 و 29].

<sup>1</sup> Rowe and Conner

<sup>2</sup> Robtin

<sup>3</sup> Butin

<sup>4</sup> Stigmasterol

<sup>5</sup> Choline

<sup>6</sup> Syringenin

<sup>7</sup> Roux and Paulus

<sup>8</sup> Smith

<sup>9</sup> Parts per million

<sup>10</sup> Butein

<sup>11</sup> Fisetin

<sup>12</sup> Fustin

<sup>13</sup> Liquiritigenin

## ۱- استخراج

از آنجایی که درجه حرارت زیاد می‌تواند بعضی از مولکول‌های مواد استخراجی را تخریب کند [30]، در نتیجه به‌منظور اجتناب از تغییر بعضی از مواد در حین استخراج که به حرارت حساس هستند [31]، استخراج مواد استخراجی از 10 گرم آرد چوب با مش 40 به 60 توسط 150 میلی‌لیتر حلال اتانول با روش خیساندن در حلال<sup>1</sup> و در درجه حرارت محیط آزمایشگاه انجام گرفته است. در این تحقیق بر طبق نظریه لیکس<sup>2</sup> در سال 1991، و لاتومسکی و سارمینسکی<sup>3</sup> در سال 1965، فرض بر این است که ترکیبات فنولی موجود در چوب درون گونه آقیا توسط حلال اتانول استخراج شود [18 و 19].

در این مطالعه، عمل استخراج به مدت 15 روز انجام گرفت و پس از انحلال کامل مواد- استخراجی در حلال اتانول، پودر چوبی مورد نظر بر روی یک کاغذ صافی در داخل قیف بوخنر ریخته شد و سپس توسط دستگاه پمپ خلاء، محلول مواد استخراجی جمع‌آوری شد. به‌منظور شستشوی کامل مواد استخراجی، پودر حاصل توسط 100 سی‌سی اتانول اضافی شستشو داده- شد. پس از صاف‌سازی، محلول به‌دست آمده توسط دستگاه تبخیرکننده چرخان<sup>4</sup> تحت شرایط خلاء و دمای 40 درجه سانتی‌گراد حلال‌گیری شد. مواد باقی‌مانده موجود در ته بالن به ظرف

نمونه منتقل شده و سپس توسط گاز بی‌اثر ازت، بقیه حلال تبخیر گردید.

## ۲- آنالیز و شناسایی ترکیبات

برای شناسایی مواد استخراجی، حدود 1 میلی‌گرم از عصاره به‌دست آمده به‌همراه 30 میکرولیتر واکنشگر BSTFA<sup>5</sup>، 10 میکرولیتر TMCS<sup>6</sup> یک درصد و حدود 30 میکرولیتر پیریدین مخلوط شد و در لوله آزمایش در بسته به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری با درجه حرارت 70 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. لازم- به توضیح است که قبل از عمل سایلنیل‌دار کردن به- منظور حذف هرگونه رطوبت و آب در عصاره اتانولی استخراج شده و انجام بهتر عمل سایلنیل- دار کردن، عصاره توسط ماده سولفات سدیم خشک رطوبت‌گیری شد.

پس از سرد شدن نمونه سایلنیل‌دار شده، نمونه به دستگاه GC/MS<sup>7</sup> با مشخصات زیر تزریق گردید [3].

- کروماتوگراف گازی Hewlett-Packard GC-6890N کوپل شده با طیف‌سنج جرمی Agilent 19091J-133  
- نوع ستون 5% Phenyl Methyl Siloxane HP-Siloxane به طول 30 متر و قطر داخلی 0/25 میلی‌متر  
- نوع گاز حامل، هلیوم با سرعت 1 میلی‌لیتر در دقیقه  
- برنامه دمایی بین 50 تا 250 درجه سانتی‌گراد، به ازای هر دقیقه، 5 درجه سانتی‌گراد افزایش دما  
شناسایی طیف‌های جرمی از طریق مقایسه با طیف‌های پایه موجود در بانک اطلاعاتی رایانه

<sup>1</sup> Maceration<sup>2</sup> Laks<sup>3</sup> Lutomski and Surminski<sup>4</sup> Rotavapor<sup>5</sup> N,O- bis (trimethylsilyl) trifluoroacetamide<sup>6</sup> Trimethylchlorosilane<sup>7</sup> Gas Chromatography- Mass Spectrometry

$C_N$  و  $C_n$  تعداد کربن‌ها در آلکان نرمال فرار بلافاصله قبل و بعد از ترکیب مورد نظر  
 $N$  و  $n$  تعداد اتم‌های کربن آلکان نرمال فرار بلافاصله قبل و بعد از ترکیب مورد نظر

### نتایج

ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در عصاره

اتانولی چوب درون افاقیا

شکل 1، کروماتوگرام GC/MS نمونه استخراج شده از چوب درون درخت افاقیا را نشان می‌دهد. همچنین، در جدول 1، اطلاعات به دست آمده در مورد ترکیبات موجود در این عصاره گردآوری شده است.

دستگاه کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنج جرمی (GC/MS) و منابع کتابخانه‌ای که به صورت الکترونیکی و یا به صورت چاپ شده روی کاغذ قابل دسترس هستند [16].

شناسایی ترکیبات شیمیایی براساس مقایسه شاخص‌های جذب آنها و طیف‌جرمی با ترکیباتی که در منبع داده شده است [4، 5 و 15]، انجام گرفت. شاخص جذب<sup>1</sup> یا کواتس<sup>2</sup> (RI یا KI) توسط منابع و با یک سری از هومولوگ‌های آلکان نرمال و با استفاده از معادله (1) تعیین گردید [17].

$$RI = 100 [(n + (N-n) \times \log t_R^1(x) - \log t_R^1(C_N)) / (\log t_R^1(C_N) - \log t_R^1(C_n))] \quad (1)$$

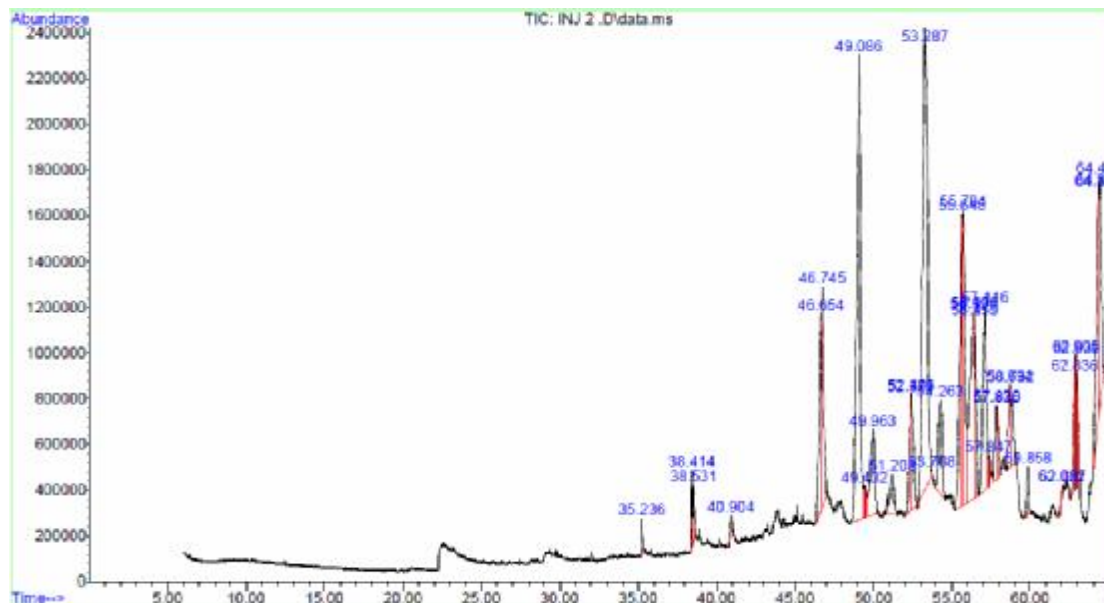
به طوری که:

RI، شاخص جذب ترکیب مورد نظر

$t_R^1$ ، زمان جذب خالص =  $(t_R - t_0)$

$t_0$ ، زمان جذب حلال (زمان مرده)

$t_R$ ، زمان جذب ترکیب مورد نظر



شکل 1- نمودار کروماتوگرام گازی نمونه استخراج شده از چوب درون افاقیا

<sup>1</sup> Retention index

<sup>2</sup> Kovats index

جدول 1- ترکیبات شناسایی شده در عصاره اتانولی چوب درون درخت اقاچیا (به صورت مشتقات سایلبل دار شده)

ردیف	زمان بازداری (دقیقه)	شاخص کواتس	نام ترکیبات	سطح زیر پیک (%)
1	35/234	1972	هگزادکانوئیک اسید	0/31
2	38/417	2045	9، 12- اکتادکانوئیک اسید (Z,Z)-	0/47
3	38/533	2151	(Z,Z)- 6، 9- سیس 3، 4- اپوکسی - نونا دکا دیان	0/62
4	46/652	2644	کامپسترویل	3/53
5	46/742	2649	ارگوست - 5- ایان - 3- آل، (3.بتا.)-	4/54
6	49/084	2762	استیگماسترویل	13/75
7	49/989	2800	سایلان، [(3.بتا، 24R)- ارگوست - 5- ایان - 3- ایل] [اکسی] تری متیل -	2/88
8	52/376	2884	استیگماسترویل تری متیل سایلبل اتر	4
9	53/288	2915	(23S)- اتیل کولست - 5- ایان - 3- بتا - آل	18/33
10	55/701	2979	9، 19- سایکلو ارگوست - 24(28)- ایان - 3- آل، 4، 14- دی متیل -، (3.بتا، 4.آلفا، 5.آلفا.)-	6/22
11	56/393	2998	لوپ - 20(29)- ایان - 3- آن	7/11
12	57/118	3014	سایلان، تری متیل [(3.بتا.)- استیگماست - 5- ایان - 3- ایل] [اکسی] -	5/86
13	58/735	3049	9، 19- سایکلو لانوست - 24- ایان - 3- آل، (3.بتا.)-	3/16
14	59/861	3073	استیگماستان - 3، 5- دیان	0/86
15	64/350	3100	9، 19- سایکلو لانوستان - 3- آل، 24- متیلن -، (3.بتا.)-	9/35

در جدول 1، بالاترین میزان ترکیبات مربوط به استرول‌های آزاد، فیتوسترول‌ها و مشتقات آن از نوع (23S)- اتیل کولست - 5- ایان - 3.بتا. - آل (18/33%) می‌باشد و کمترین میزان آن مربوط به اسیدهای چرب اشباع شده از نوع هگزادکانوئیک اسید (0/31%) می‌باشد. استرول‌ها، اسیدهای چرب، الکل‌های آلیفاتیک با زنجیر طویل و ترکیبات حلقوی، مهمترین خانواده ترکیبات یافته شده در عصاره اتانولی چوب درون گونه اقاچیا هستند. گلیکوزیدهای استرول نظیر استیگماسترویل و کامپسترویل [20]. و استرول‌هایی

نظیر (23S)- اتیل کولست - 5- ایان - 3.بتا. - آل، تعدادی از ترکیبات لیپوفیلیک عمده مواد استخراجی چربی دوست چوب درون اقاچیا هستند که با مقادیر معنی داری یافته شده‌اند، به طوری که ترکیبات ایزومری مشابهی توسط آرتاد<sup>1</sup> و همکاران در سال 1984، کومبات<sup>2</sup> در سال 1986 در عصاره چوب آکاسیا (Acacia mangium) و پیتارین<sup>3</sup> و همکاران در سال 2003 در گونه‌های آکاسیا یافته شده است [8، 9 و

<sup>1</sup> Artaud

<sup>2</sup> Combaut

<sup>3</sup> Pietarinen

ایزوپروپانول، دریافتند که هر حلال قادر به استخراج بیش از 95 درصد این سه دسته چربی استرول<sup>3</sup> می‌باشد [21] و با افزایش قطبیت حلال درصد استخراج این دسته از مواد بیشتر می‌شود- [12]. در این تحقیق ترکیبات یادشده توسط حلال اتانول استخراج شده‌اند. از استرول‌های دیگر شناسایی شده در چوب‌درون اقاچیا، کامپسترول و استیگماسترول می‌باشد که در بیشتر گونه‌های گیاهی یافت می‌شوند [22] (شکل 2).

[24]. همچنین کتون‌های استروئید مانند لوپ-20(29)- ای-ان-3- آن و هیدروکربن‌های استروئید مانند استیگماستان-3، 5- دی‌ان نیز در چوب‌درون این گونه یافت شده‌است [20]. همان-طوری که در جدول 1 نشان داده شده‌است، به‌طور کلی میانگین درصد مواد استخراجی اتانولی چوب‌درون اقاچیا، 16/6 درصد تعیین گردید و مجموع درصد سطح زیر پیک ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در مواد استخراجی اقاچیا در حدود 80/99 درصد بوده است.

### بحث

در این تحقیق، از ترکیبات شناسایی شده چوب‌درون اقاچیا بخشی جزو استرول‌ها، بخشی جزو اسیدهای چرب، بخشی جزو الکل‌های آلیفاتیک، بخشی جزو کتون‌های استروئید و بخشی هم جزء هیدروکربن‌های استروئید هستند. در مجموع 15 ترکیب در چوب‌درون این گونه مشاهده شده‌است.

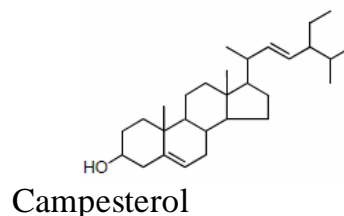
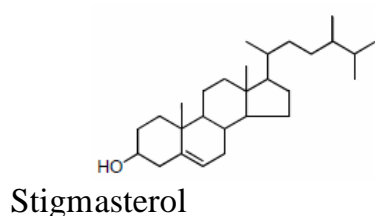
عمده‌ترین ترکیب شناسایی شده، (23S)- اتیل کولست-5- ای-ان-3. بتا- ال از دسته استرول‌ها و نوعی از ایزومر سیتوسترول بوده که به‌راحتی در حلال‌های غیرقطبی مانند دی-کلرومتان حل می‌شود [11]. موراً<sup>1</sup> و همکاران در سال 1996 در مقایسه استخراج فیتوسترول‌های آزاد، استر اسیدهای چرب فیتوسترول و استرهای فیتوسترول فرولیت<sup>2</sup> از فیبر ذرت توسط چهار حلال مختلف هگزان، متیلن کلراید، اتانول و

<sup>1</sup> Moreau

<sup>2</sup> Ferulate

<sup>3</sup> Sterol lipid





شکل 2- ساختار استروئول‌های گیاهی مشترک یافته شده در چوب درون گونه افاقیا [22]

صرفاً مواد استخراجی موجود در حفره سلولی را خارج می‌سازند [6] و این موادی شامل اسیدهای چرب با زنجیر طویل، چربی‌ها، رزین‌ها، موم‌ها، ترپن‌ها و فیتوستروئول‌ها می‌باشند [7 و 18]. در این تحقیق استخراج تانن‌های متراکم (کندانسه)<sup>2</sup>، فلاونوئیدها و فنول‌ها که از ترکیبات موجود در دیواره سلولی می‌باشند [18]، توسط حلال اتانول ناموفق بوده است.

اسیدهای چرب اشباع شده و اشباع‌نشده شناسایی شده در چوب درون افاقیا، به ترتیب شامل هگزا دکانویک اسید (0/31 درصد) و 9، 12- اکتا دکا دی‌انویک اسید (Z,Z) - (0/47 درصد) هستند. اکثر ترکیبات به دست آمده جزو مواد- استخراجی چربی دوست (لیپوفیلیک)<sup>1</sup> و ترکیبات غیرقطبی بوده، که به نظر می‌رسد حلال اتانول به- تنهایی نتوانسته است مواد استخراجی موجود در دیواره سلولی را خارج سازد. مطالعات قبلی دانشمندان نشان داده است که حلال‌های غیرقطبی

<sup>2</sup> Condensed tannins

<sup>1</sup> Lipophilic

4. Adams, R.P. 1995. Identification of Essential oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, 1st Edn., Allured Publishing Co., Illinois, USA., ISBN, 0-931710-42-1.

5. Adams, R.P. 2001. Identification of Essential oils Components by Gas Chromatography Quadrupole Mass Spectrometry, 1st Edn., Allured Publishing Co., Illinois, USA., ISBN, 0-931710-42-1.

6. Ajuong, E-M.A., and Breese, C.M. 1998. The role of extractives on short term creep in compression parallel to grain of Pai wood (*Azelia Africana* Smith). *Wood Fiber Sci.* 29 (2): 161-170.

7. Anon, 1999. American Wood Handbook, Wood as an engineering material, Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Forest Prod. Lab. USDA Forest Serv. Madison, WI. 436 pp.

8. Artaud, J., Iatrides, M-C., and Gaydou, E.M. 1984. Co-occurrence of  $\Delta^5$ - and  $\Delta^7$ - sterols in two *Gleditsia* species, A reassessment of the sterol composition in oils rich in  $\Delta^7$  sterols, *Phytochem.* 23 (10): 2303-2306.

9. Combaut, G. 1986. GC-MS on plant sterol analysis, Gas chromatography/Mass Spectrometry, H.F. Linskens and J.F. Jackson, eds., Springer-Verlag, Berlin.

10. Duke, J.A. 2000. Dr. Duke's phytochemical and ethnobotanical databases, [Online] Available at (<http://www.ars-grin.gov/duke/>), (posted 10 March 1998).

11. Fereire, C.S.R., Pinto, P.C.R., Santiago, A.S., Silvestre, A.J.D., Evtuguin, D.V., and Neto, C.P. 2006. Comparative study of lipophilic extractives of hardwoods and corresponding ECF bleached kraft pulps, *BioResources* 1 (1): 3-17.

## منابع و ماخذ

1- حسینی هاشمی، س. خ. پارسا پزوه، د. خادمی اسلام، ح. میرشکرایی، س. ا. و حمصی، س. ا. 1385. شناسایی ترکیبات شیمیایی موجود در مواد استخراجی چوب درون گردو شمال ایران به روش کروماتوگرافی گازی - طیفسنجی جرمی، مجله علوم کشاورزی، سال دوازدهم، شماره (4): صفحات 939-947.

2- خضرای، ل. و میرشکرایی، س. ا. 1384. جداسازی و شناسایی ترکیبات لیپوفیلیک موجود در عصاره چوب و پوست راش با استفاده از فنون کروماتوگرافی گازی - طیفسنجی جرمی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه پیام نور، صفحه 1.

3- شوستروم، ا. و آلن، ر. 1999. روش های تجزیه در شیمی چوب، ترجمه میرشکرایی، س. ا. و صادقی فر، ح.، دانشگاه پیام نور، تهران، صفحات 132-134.

12. Goad, J.L. 1991. In: Charlewood BV, Banthorpe DV, editors. *Methods in plant biochemistry*, Vol. 7. London: Academic Press, p. 369-434.
13. Hillis, W.E. 1970. Distribution, properties and formation of some wood extractives, *Wood Sci. Technol.* 5: 272-289.
14. Hillis, W.E. 1987. *Heartwood and tree exudates*, Springer-Verlog, Berlin, Germany. 26 pp.
15. Julian, D. and Konig, W.A. 1988. *The Atlas of spectral Data of Sesquiterpene Hydrocarbons*, E.B. Verlag, Harburg.
16. Kensuke, N., and Miyake, Y. 1987. Phenolic compounds from the heartwood of European oak and barandy, *Mokuzai Gakkaishi* 33: 408-415.
17. Kovats, E. 1958. Characterization of organic compounds by gas chromatography, Part 1. Retention, indices of aliphatic halides, alcohols, aldehydes, and ketones, *Helv. Chim. Acta* 41: 1915-1932.
18. Laks, P.E. 1991. The chemistry of wood bark, Pages 257-330 in D. N.-S. Hon and N. Shiraishi, eds. *Wood and cellulosic chemistry*, Marcel Decker Inc., New York and Basel.
19. Lutomski, K., and Surminski, J. 1965. The effect of the substances causing the luminescence of *Robinia pseudoacacia* wood on its natural durability. *For. Abst.* 26 (3): 470.
20. Meszaros, E., Jakab, E., and Varhegyi, G. 2006. "TG/MS, Py-GC/MS and THM-GC/MS study of the composition and thermal behavior of extractive components of *Robinia pseudoacacia*, *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 79: 61-70.
21. Moreau, R.A., Powell, M.j., and Hicks, K.B. 1996. *J. Agri. Food Chem.* 44 (21): 49-54.
22. Moreau, R.A., Whitaker, B.D., and Hicks, K.B. 2002. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses, *Progress in Lipid Research* 41: 457-500.
23. Panshin, A.J., and De Zeeuw, C. 1980. *Text book of wood technology*, Vol. I. 3<sup>rd</sup> ed., McGraw-Hill Co., New York, NY 643 pp.
24. Peitarinen, S., Willför, S., and Holmbom, B. 2003. Wood resin in *Acacia Mangium* and *Acacia crassicarpa* wood and knots, *Appita J.* 57 (2): 146-150.
25. Roux, D.G., and Paulus, E. 1962. Condensed tannins, 13. Interrelationships of flavonoid components from the heartwood of *Robinia pseudoacacia*, *Biochem. J.* 82: 324-330.
26. Rowe, J.W., and Conner, A.H. 1979. *Extractives in eastern hardwoods: A review*, Gen. Tech. Rep. FPL-18, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 67 pp.
27. Rudman, P. 1963. The causes of natural durability in timber, part XI. Some test on the fungi toxicity of wood extractives and relate compounds, *Holzforchung* 17 (2): 54-57.
28. Sefidkon, F., Agha-Vali Jamaat, A., Alinia Rudsari, M., and Jimand K. 2004. Extraction, separation, and identification of flavonoides (Quercetine and Robinine) from *Robinia pseudoacacia* L., [Online] Available at ([http:// www.SID.ir](http://www.SID.ir)), *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 20 (1): 19-38.
29. Smith, A.L., Campbell, C.L., Diwakar, M.P., Hanover, J.W., and Miller, R.O. 1989. Extracts from black

locust as wood preservatives: a comparison of the methanol extract with pentachlorophenol and chromated copper arsenate, *Holzforschung* 43: 293-296.

30. Thevenon, M-F., Roussel, C., and Haluk, J-P. 2001. Possible durability transfer from durable to non-durable wood species, the study case of teak wood, The International Research Group on Wood Preservation, *IRG/WP* 01-10392.

31. Wang, J., Li, J., Li, S., Freitag, C., and Morrell, J.J. 2011. Antifungal activity of *Cunninghamia lanceolata* heartwood extractives, *BioResources*, 6 (1): 606-614.

32. Xiao, B., sun, X.F., and sun, R.C. 2001. Extraction and characterization of lipophilic extractives from rice straw chemical composition, *Journal of wood chemistry and technology*, 21: 397-411.