

فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

ازگیل و تلکا درختچه‌هایی خاردار از تیره گل سرخیان<sup>۱</sup> (خانواده رزها) می‌باشند، این تیره، شامل حدود ۱۰۰ جنس و ۲۰۰۰ گونه است که در نواحی یخبندان تا گرمسیر زمین، به‌طور گسترده‌ای پراکنده شده‌اند [۱].

ازگیل، واژه‌ای ترکی است و در مناطق مختلف با نام‌های محلی شناخته می‌شود؛ از جمله در طالش، ترشه سر در رامسر، ترشه‌کنس در گرگان، کندس و به انگلیسی مدلار<sup>۲</sup> گفته می‌شود.

میوه ازگیل علاوه بر مصارف خوراکی دارای کاربردهای دارویی نیز هست . ازگیل طبق نظر حکمای طب سنتی از نظر طبیعت سرد و خشک است و با تانن قابل ملاحظه‌ای که دارد، قابض است، ورم روده را کاهش می‌دهد و در رفع اسهال‌های ساده، بسیار موثر است، اگر نارس باشد ، بیشتر قابض می‌باشد و برای جلوگیری از خونریزی مفید است . از جوشانده برگ ازگیل، به صورت غرغره برای فرونشاندن ورم مخاط گلو و ناراحتی‌های حلق استفاده می‌شود. دانه‌ها حاوی هیدروسیانیک اسید سمی‌اند. از پوست تنه آن به جای گنه‌گنه در درمان مالاریا استفاده می‌شود، اما چندان تاییدشده نیست.

چوب ازگیل سخت و به رنگ‌های روشن است . از چوب آن روستاییان عصا و داس و چوب دستی درست می‌کنند. چوب‌دستی پرگره درویشان معمولاً از چوب ازگیل تهیه می‌شود.

گیاه ازگیل به شکل درخت پاکوتاه یا بوته‌های بلند موجود می‌باشد و به‌حالت وحشی در جنگل‌های اروپای مرکزی و نواحی معتدل آسیا می‌روید. ازگیل در تمام جنگل‌های شمال ایران، از ارسباران تا گلی داغ و چناران از بجنورد و در تمام ارتفاعات سواحل دریا تا ارتفاعات بالای جنگل گسترش دارد. در دامنه‌های جنوبی البرز در دره کرج و مناطق استپی نیز دیده می‌شود. ارتفاع این درختچه به ۶ متر هم می‌رسد و شاخه‌های خاردار دارد. از

---

1. Rosaceae  
2. Medlar

مشخصات اختصاصی آن، ریشه عمودی و پوست خاکستری نقره‌ای است. برگ‌های بیضی کمی کشیده نوک تیز، کناره برگ‌ها بی‌دندانه یا چنددندانه به طول ۶ تا ۱۵ سانتی‌متر و به پهنای ۳ تا ۴ سانتی‌متر دارد. روی برگ سبز تیره و پشت برگ سبز خاکستری می‌باشد که پیش از خزان شدن به رنگ قرمز در می‌آیند. گل‌های آن سفید، درشت و منفرد بدون پایه و پنج‌گلبگی هستند که در بهار شکوفه می‌دهند. ازگیل هرمافرودخت است، یعنی هم دارای اندام‌های نر و هم اندام‌های تولیدمثلی ماده‌اند و توسط زنبورها گرده‌افشانی می‌شوند، به عبارتی گیاه ازگیل خودبارور<sup>۱</sup> است [2].

## ۱-۲- اهداف پژوهش

در سال‌های اخیر به مصرف گیاهان و به خصوص گیاهان طبیعی و دارویی توجه بیشتری شده است، از این رو محققین بیشتری به چگونگی استخراج و مصرف آن علاقه‌شان داده‌اند.

در بررسی‌های انجام‌شده در باره میوه ازگیل، تعداد قابل توجهی از عناصر معدنی که از ریزمغذی‌ها هستند، یافت‌شده‌است. در این رابطه در بررسی میوه ازگیل در ترکیه، مقدار پتاسیم موجود در آن، از سایر عناصر بیشتر بود [۳]. همچنین آیاز<sup>۲</sup> و همکارانش در بررسی‌های به‌عمل‌آمده دریافتند که مقادیر اسیدهای چرب موجود در میوه ازگیل، در طول مدت رسیده‌شدن، تغییر می‌کند [۴].

از آنجائی که وجود عناصر و مواد آلی موجود در گیاهان، بستگی به شرایط اقلیمی و آب و هوای منطقه رشد گیاه دارد، در این پژوهش، میوه و برگ گیاه مورد نظر، در منطقه‌ای در شمال ایران مورد بررسی قرار گرفت.

---

1. Monoecious  
2. Ayaz

همچنین در راستای این پژوهش، میوه تلکا یا گلابی وحشی که از نظر موقعیت مکانی و زمان میوه دهی تقریباً مانند ازگیل است، مورد بررسی قرار گرفت.

### ۱-۳- انواع ازگیل

جنس ازگیل دو گونه است که اولی همان ازگیل معمولی با نام علمی *مسپیلوس جرمنیکا ال*<sup>۱</sup> است، این گونه بومی جنوب غربی آسیا و احتمالاً جنوب شرقی اروپا است، اما منشا آن را ایران می دانند. گونه دیگر *ام کانسنس*<sup>۲</sup> که اخیراً در سال ۱۹۰۰ در آمریکای شمالی کشف شده است [۲].



شکل (۱-۱) نمایی از میوه، برگ، گل و دانه ازگیل

1. Mespilus germanica L.
2. M. canescens

## ۱-۴- ویژگی های میوه ازگیل

میوه ازگیل گرد و کروی و گاهی گلابی شکل و قهوه ای رنگ است، روی پوست میوه کرک های نمدی مخملی و عدسک های سفید دیده می شود. ابعاد میوه در حد گیلان تا گردو می باشد. میوه ازگیل بسیار سخت و اسیدی است و به همین خاطر تا خوب رسیده نشود، قابل خوردن نیست. برای جلوگیری از پوسیده شدن آن بر روی درخت، معمولا میوه ها را زودتر برداشت می کنند و در محل مناسبی انبار می سازند، تا رسیده شود. گوشت ازگیل پس از رسیدن از سفید به قهوه ای تغییر می یابد و کاملا نرم و شیرین می شود و طعمی مشابه میوه های خوشمزه و آبدار نواحی استوایی پیدا می کند، قطر میوه در گونه های وحشی به ۵۲ سانتی متر و در ارقام پرورشی به ۵۶ سانتی متر یا بیشتر هم می رسد [2].

## ۱-۵- تکثیر درخت ازگیل

این گیاه در مکانی سایه روشن در جنگل های آفتابگیر رشد می کند. خاک مرطوب، سبک و شنی با خاک برگ یا خاک سنگین رسی و به خوبی زهکشی شده را می پسندد. بذرهايش بسیار سفت و محکم و نفوذ ناپذیرند، به همین علت بعید است در همان سال اول تا پیش از گذراندن دو زمستان جوانه بزنند، برای کشت تجاری آن معمولا بذرها را برای مدت کوتاهی در سولفوریک اسید می خوابانند تا پوسته بذر باز شود، البته این کار بایستی با دقت زیاد انجام شود و گرنه بذر آسیب می بیند

در مناطق خشک برای تکثیر ازگیل از پیوند آن، روی پایه زالک یا ولیک استفاده می شود. گاهی نیز در خاک های غنی و قوی می توان ازگیل را روی پایه گلابی پیوند زد و در زمین هایی که خاک زیرین آن مرطوب است، روی پایه به پیوند می زنند، نوع پیوند شکمی است که در تابستان انجام می شود [۵].

## ۱-۶- ویژگی های گیاه تلکا

درخت تلکا با نام علمی پیروس *بایوسیریانا*<sup>۱</sup> که به گلابی وحشی نیز موسوم است، در جنگل های شمال ایران، از ارسباران و آستار ۱ تا گرگان پراکنده است و در ارتفاعات مختلف رشد می کند. این گیاه نیز جزء خانواده رزهاست، ارتفاع آن ۵ متر و دارای برگ تخم مرغی گرد با انتهای کند است که این انتها در برگ های جوان کمی کشیده است. برگ این گیاه حاوی مقادیری از یک فنول گلیکوزید به نام آربوتین<sup>۲</sup> می باشد [6]. آربوتین دارای منشا گیاهی می باشد و در برگ، پوست درخت و میوه برخی گیاهان از خانواده رزها، مقادیر قابل ملاحظه ای از این ماده وجود



شکل (۱-۱) نمایی از میوه، برگ، گل و دانه گلابی وحشی

دارد [۷]. آربوتین در این گیاهان، در مقابل برخی بیماری ها

باکتریایی نقش محافظتی دارد، که احتمالاً مربوط به هیدروکینون ها می باشد [۸]. تحقیقات نشان می دهد که عصاره برگ گیاه تلکا دارای اثرات ضد قارچ، آنتی اکسیدان، ضدلارو و ضدباکتری می باشد [۹].

1. *Pyrus brossieriana*  
2. Arbutin

## ۱-۷- ساختار شیمیایی اسیدهای چرب<sup>۱</sup>

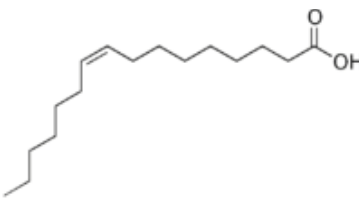
عمده‌ترین ماده سازنده روغن های خوراکی را، تری گلیسیریدها<sup>۲</sup> تشکیل می دهند. این ترکیبات از اتصال اسیدهای چرب، به گلیسرول<sup>۳</sup>، با نسبت استوکیومتری ۳ به ۱ به وجود می‌آیند [۱۰].

ساختمان اسیدهای چرب متصل به گلیسرول به مقدار قابل توجهی، تعیین کننده خواص روغن های خوراکی و همچنین حالت های فیزیکی آن می باشد. اسیدهای چرب با زنجیره های کوتاه تر، روغن هایی با نقطه ذوب کمتری به وجود می آورند. با توجه به این که اسیدهای چرب در دو نوع کلی اشباع شده و اشباع نشده، وجود دارند؛ هر چه درجه اشباع بودن اسیدهای چرب، بیشتر باشد، سبب افزایش نقطه ذوب روغن های دارای این نوع از اسید می شود. اکثر اسیدهای چرب غیر اشباع به طور طبیعی، به شکل ایزومر هندسی سیس وجود دارند . در جریان عملیات استخراج و تصفیه روغن ها، مقدار کمی از آن ها، به فرم ترانس تبدیل می شوند که از نظر بیولوژیکی، تاثیرات نامطلوبی در بدن انسان می گذارند و به همین دلیل، در طی تهیه روغن ها، مراقبت های لازم در این زمینه باید انجام گیرد تا کمترین مقدار تبدیل فرم سیس به ترانس انجام گیرد. [۱۱]

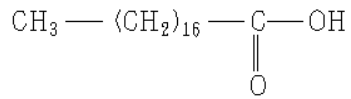
بنابر اهمیت اسیدهای چرب، جدول ۱-۲ نام و ساختار تعدادی از آن ها را نشان می دهد:

- 
1. Fatty acids
  2. Triglycerides
  3. Gliserol

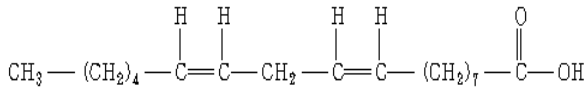
جدول ۱-۲. نام و ساختار تعدادی از اسیدهای چرب

ساختار شیمیایی	نام اسید چرب
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$	<i>Dodecanoic acid</i> (Lauric acid)
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$	Tetradecanoic acid (Myristic acid)
	9-Hexadecenoic acid (Palmitoleic acid)
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$	Hexadecanoic acid (Palmitic acid)
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{15} - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$	Heptadecanoic acid (Margaric acid)
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} = \overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} = \overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} - (\text{CH}_2)_7 - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$	9,12-Octadecadienoic acid (Linoleic acid)
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \underset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} = \underset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} - (\text{CH}_2)_7 - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$	9-Octadecenoic acid (Oleic acid)

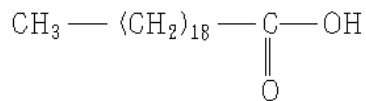




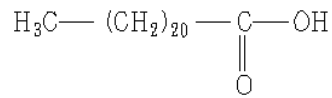
Octadecanoic acid  
(Stearic acid)



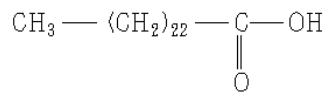
9,12-Octadecadienoic acid  
(Linoleic acid)



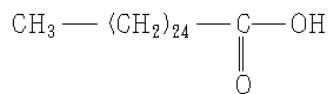
Eicosanoic acid  
(Arachidic acid)



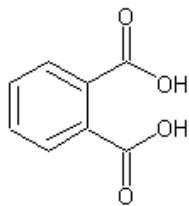
Docosanoic acid  
(Behenic acid)



Tetracosanoic acid  
(Lignoceric acid)



Hexacosanoic acid  
(Cerotic acid)



1,2-Benzenedicarboxylic acid  
(Phthalic acid)

## ۱-۸- شناسایی عناصر معدنی و مواد آلی

در زمینه استخراج و اندازه گیری مواد آلی، راههای متفاوتی ارائه شده است. یکی از این روش ها، استفاده از روش افزایش استاندارد<sup>۱</sup> برای آماده سازی مواد معدنی می باشد که در ادامه می توان از دستگاه های اندازه گیری مختلف؛ مانند دستگاه طیف سنج پلاسمای جفت شده القایی<sup>۲</sup> برای اندازه گیری دقیق عناصر مورد نظر استفاده کرد. منابع پلاسمایی جفت شده القایی، در مقایسه با سایر منابع نشری، داده های تجزیه ای کمی بسیار بهتری به دست می ده ند. به طور کلی حدود آشکار سازی با منبع پلاسمای جفت شده القایی بهتر از حدود آشکار سازی سایر روش های طیف بینی اتمی است.

در زمینه استخراج مواد آلی، استفاده از دستگاه سوکسله<sup>۳</sup>، با هزینه کمتر و کارایی بیشتر معمول است. برای جداسازی اسیدهای چرب به وسیله GC، اغلب از مشتقات فرارتر آن ها، به ویژه مشتقات متیل استر اسیدهای چرب استفاده می شود. معمولاً عصاره به دست آمده، پس از مشتق سازی به دستگاه کروماتوگرافی گازی- طیف بین جرمی<sup>۴</sup>، برای اندازه گیری تزریق می گردد.

هدف از این تحقیق، بررسی عناصر و ترکیبات آلی موجود در گیاهان مورد نظر، با روش های ساده، شناخته شده و سریع می باشد، که در این اندازه گیری از روش آماده سازی افزایش استاندارد، دستگاه طیف بینی پلاسمای جفت شده القایی، استخراج با سوکسله و دستگاه کروماتوگرافی گازی- طیف بین جرمی برای افزایش هر چه بیشتر دقت و صحت اندازه گیری استفاده شد.

- 
1. Standard addition
  2. Inductively coupled plasma emission spectrometer (ICP)
  3. Soxhlet
  4. Gas chromatography- Mass spectrometer (GC- MS)



## ۲- تئوری

### ۱-۲- طیف سنجی جذب و نشر اتمی

از آنجائیکه در این پایان نامه از دستگاههای طیفسنج نشری پلاسمای جفت شده القایی و کروماتوگرافی گازی- اسپکتروسکوپی جرمی استفاده شده است، لذا مختصراً در خصوص این دستگاهها، در این فصل بحث شده است:

طیف بینی اتمی برای تعیین کیفی و کمی ۷۰ عنصر به کار گرفته شده است. حساسیت روش های اتمی نوعاً در گستره قسمت در میلیون تا قسمت در میلیارد است. مزایای دیگر این روش ها عبارتند از سرعت، راحتی، معمولاً گزینش پذیری بالا و قیمت دستگاهی متوسط.

طیفسنجی جذب اتمی شامل مطالعه و اندازه گیری انرژی تابشی جذب شده توسط اتم ها می باشد. داده های به دست آمده از این روش، اطلاعات مفید تجزیه ای و طیفسنجی را فراهم می کند. اطلاعات طیفسنجی شامل اندازه گیری سطوح انرژی اتمی و جمعیت اتم ها در سطوح انرژی مختلف می باشد و اطلاعات تجزیه ای شامل تعیین کمی و کیفی عناصر، خصوصاً عناصر فلزی جدول تناوبی می باشد.

اولین مرحله در تمامی روش های طیف بینی اتمی، اتم سازی می باشد، فرآیندی که در آن نمونه تبخیر و تجزیه می شود، به نحوی که یک گاز اتمی تولید کند. بازده و تکرار پذیری مرحله اتم سازی تا حد زیادی حساسیت، دقت و صحت روش را تعیین می کند؛ یعنی این که اتم سازی بحرانی ترین مرحله در طیف بینی اتمی است. در طیف بینی جذبی، پس از تبدیل شدن مولکول ها یا یون ها به اتم های آزاد، جذب تابش به وسیله این اتم ها اندازه گیری می شود. انرژی نورانی جذب شده توسط اتم ها، عموماً به صورت خطوط جذبی باریک، با طول موج هایی در ناحیه مرئی یا فرابنفش طیف انرژی تابشی می باشد. در روش طیفسنجی نشر اتمی، اتم برانگیخته، در

بازگشت به حالت پایه فوتون ساطع می‌کند. در این روش تعداد فوتون‌های آزاد شده در فرآیند نشر، اندازه‌گیری می‌شود [12].

## ۲-۲- طیف سنجی نشری<sup>۱</sup>

اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌ها را می‌توان با یکی از چند فرآیند زیر به یک یا چند تراز انرژی بالاتر برانگیخت. این فرآیندها عبارت‌اند از: بمباران با الکترون‌ها یا سایر ذرات بنیادی، قراردادن در معرض یک جرقه با ولتاژ بالا، اعمال گرمایی در شعله یا کمان الکتریکی یا نوردهی با تابش الکترومغناطیسی. طول عمر یک گونه برانگیخته معمولاً کوتاه است ( $10^{-9}$  تا  $10^{-6}$  در ثانیه) و آسایش به تراز انرژی پایین‌تر یا حالت پایه همراه با آزاد کردن انرژی آزاد، به شکل تابش الکترومغناطیسی، گرما یا هر دو راه انجام می‌شود.

تابش حاصل از یک منبع، به راحتی توسط طیف‌نشری مشخص می‌شود که معمولاً به صورت منحنی توان نسبی تابش نشرشده در برابر طول موج یا فرکانس به دست می‌آید. طیف‌نشری به سه شکل مختلف شناخته شده است: خطی، نواری و پیوسته.

**طیف خطی؛** هنگامی مشاهده می‌شود که گونه‌های تابش‌دهنده، ذرات اتمی مجزایی‌اند که مثل گازها کاملاً از یکدیگر جدا شده‌اند. ذرات تک در یک محیط گازی به طور مستقل از یکدیگر رفتار می‌کنند و طیف خطی، متشکل از یک سری خط‌های تیز و کاملاً مشخص، با پهنای کم است که توسط برانگیختگی اتم‌های تک به دست می‌آید.

**طیف‌های نواری؛** متشکل از چند گروه از خطوط کاملا نزدیک به هم است که به‌طور کامل تفکیک نشده‌اند و به علت حضور رادیکال‌ها یا مولکول‌های کوچک گازی، اغلب در منابع طیفی مشاهده می‌شوند. نوارها از ترازهای ارتعاشی کوانتیده متعددی ناشی می‌شوند که روی تراز انرژی الکترونی حالت پایه مولکول سوار شده‌اند. به‌علاوه، تعداد زیادی از حالت‌های چرخشی، روی هر یک از ترازهای ارتعاشی سوار خواهد بود. تفاوت در انرژی بین ترازهای چرخشی، احتمالا حدود ده مرتبه کوچکتر از تفاوت انرژی بین حالت‌های ارتعاشی است. بنابراین یک نوار مولکولی واقعی، متشکل از تعداد خیلی بیشتری خط خواهد بود و فاصله این خط‌ها، نسبت به یکدیگر بسیار کمتر خواهد بود.

**طیف‌های پیوسته؛** مسئول افزایش در زمینه است که بالای  $350 \text{ nm}$  مشاهده می‌شود و طیف‌های خطی و نواری، روی این طیف پیوسته سوار شده‌اند. تابش پیوسته واقعی هنگامی تولید می‌شود که جامدات تا حالت التهاب گرما داده شوند. تابش گرمایی از این نوع که تابش جسم سیاه نام دارد، توسط برخوردهای اتمی یا مولکولی بی‌شمار برانگیخته در جامد متراکم، توسط انرژی گرمایی تولید می‌شود.

در روش طیف‌سنجی نشری، اطلاعات تجزیه‌ای از تشعشع حاصل از فرآیند برانگیختگی غیر نوری نمونه مورد تجزیه نیز به دست می‌آید. فرآیند برانگیختگی می‌تواند به وسیله قوس الکتریکی نیز انجام شود. مرحله برانگیختگی در روش‌های نشری، یک توزیع آماری حالت‌های برانگیخته را هنگامی که شرایط تعادل گرمایی وجود داشته باشد، ایجاد می‌کند. فرکانس نور نشرشده به اختلاف سطوح انرژی مربوط می‌شود.

زمانی که تعادل دمایی به‌وجود آمد، نسبت تعداد اتم‌های پایه و برانگیخته توسط رابطه ۲-۱ بیان می‌شود:

$$\frac{N_j}{N_i} = \frac{g_j}{g_i} e^{\frac{-\Delta E}{KT}} \quad (1-2)$$

$N_j$  تعداد اتم‌ها در حالت برانگیخته،  $N_i$  تعداد اتم‌ها در حالت پایه،  $g_j$  و  $g_i$  به ترتیب وزن‌های آماری سطوح  $i$  و  $j$ ،  $T$  درجه حرارت شعله ( بر حسب  $K$  ) و  $\Delta E$  انرژی لازم برای برانگیخته نمودن اتم است . چون انرژی برانگیختگی فلزات قلیایی نسبتاً کوچک است، طیف نشی آن‌ها به راحتی در محیط‌هایی نظیر شعله مشاهده می‌شود. خطوط رزونانسی چنین اتم‌هایی که به راحتی برانگیخته می‌شوند، در ناحیه مرئی و زیر قرمز نزدیک قرار می‌گیرند. ولی عناصر زیاد دیگری، چنین سطوح برانگیخته با انرژی کم را ندارند و منابع پرانرژی نظیر پلاسما، برای تولید یک سیگنال نشی آن‌ها لازم است . خطوط رزونانسی عناصری که به سختی برانگیخته می‌شوند، اغلب در ناحیه ماوراءبنفش واقع می‌شود [۱۳].

## ۲-۳- طیف بینی نشی پلاسمای جفت شده القایی

اتم‌سازهای پلاسمایی که در اواسط دهه ۱۹۷۰ به بازار عرضه شدند، از چند مزیت نسبت به اتم‌سازهای شعله ای برخوردارند. اتم‌سازهای پلاسمایی برای طیف بینی هم نشر گرمایی و هم فلئورسانی به کار گرفته شده‌است. این اتم‌ساز به طور گسترده‌ای برای روش‌های جذب اتمی به کار برده نشده است.

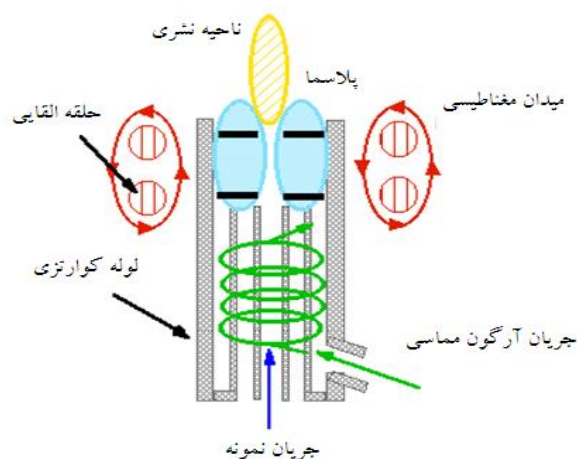
طبق تعریف، پلاسما یک مخلوط گازی رسانای متشکل از غلظت قابل توجهی از کاتیون‌ها و الکترون‌هاست. در پلاسمای آرگونی که برای تجزیه های نشی به کار می‌رود، یون‌های آرگون و الکترون‌ها، گونه های رسانای اصلی‌اند، اگرچه کاتیون‌های حاصل از نمونه نیز شرکت دارند. یون‌های آرگون، پس از تشکیل در پلاسما، قادرند توان کافی از یک منبع خارجی جذب کنند تا دما را در سطح بالایی نگه دارند، به نحوی که دماهایی تا  $K$  ۱۰۰۰۰ به دست می‌آید. سه منبع توان در طیف بینی پلاسمای آرگونی به کار برده شده است؛ اولی یک منبع الکتریکی با جریان پیوسته DC است که می‌تواند یک جریان چند آمپری را بین الکترودهای وارد شده در پلاسمای آرگونی برقرار سازد. دومی و سومی مولدهای فرکانس رادیویی و فرکانس ریزموج قدرتمندی‌اند که از

درون آن‌ها آرگون عبور می‌کند. در بین این سه، به نظر می‌رسد که منبع پلاسمای فرکانس رادیویی یا پلاسمای جفت شده القایی، بیشترین مزیت را از نظر حساسیت و عاری بودن از تداخل‌ها داشته باشد. از طرف دیگر، منبع پلاسمای DC (DCP) ساده‌تر و ارزان‌تر است.

### ۲-۳-۱- منبع پلاسمای جفت شده القایی

نموداری از یک منبع پلاسمای جفت شده القایی در شکل (۲-۱) نشان داده شده است. این منبع متشکل از سه لوله کوارتزی هم‌مرکز است که از درون آن‌ها جریان‌هایی از آرگون در سرعت کل بین ۱۱ و ۱۷ L/min عبور می‌کند. قطر بزرگترین لوله حدود ۲/۵ cm است. اطراف بالای این لوله، یک پیچک القایی شده سرد شده با آب قرار دارد که از یک مولد با فرکانس رادیویی نیرو می‌گیرد که قادر است ۲ kW انرژی در حدود ۲۷ MHz تولید کند. یونش آرگون در حال جریان، با جرقه ای از یک پیچک تسلا شروع می‌شود. سپس یون‌های حاصل و الکترون‌های مربوط به آن‌ها، با میدان مغناطیسی اف‌ت و خیزکننده ای، که توسط پیچک القایی تولید می‌شود برهم‌کنش دارند. این برهم‌کنش باعث می‌شود تا یون‌ها و الکترون‌ها در درون پیچک در مسیرهای حلقه وار نزدیک به هم، جریان یابند؛ گرمای اهمی در نتیجه مقاومت آن‌ها در برابر این حرکت حاصل می‌شود. دمای این پلاسمای به حدی بالاست تا به جداسازی گرمایی از استوانه کوارتزی خارجی نیاز داشته باشد. جداسازی توسط جریانی از آرگون به طور مماسی در اطراف دیواره‌های لوله به دست می‌آید که در شکل ۲-۱ به صورت پیکان‌هایی نشان داده شده است. جریان مماسی دیواره‌های درونی لوله مرکزی را خنک می‌کند و به طور شعاعی وارد پلاسمای می‌شود [۱۲].





شکل ۲-۱. منبع پلاسمای جفت شده القایی

## ۲-۳-۲- تزریق نمونه

نمونه توسط جریان آرگون ، با سرعت در حدود  $1 \text{ L/min}$  از درون لوله کوارتزی مرکزی به درون پلاسمای داغ در سر لوله ها حمل می شود. نمونه می تواند یک غبار، یک بخار تولید شده به طریق گرمایی یا یک گرد ریز باشد.

## ۲-۳-۳- ظهور پلازما و طیف ها

پلاسمای نوعی، یک هسته مرکزی ناشفاف سفید تابان خیلی شدید دارد که در بالای آن یک دنباله شعله ای مانند وجود دارد. هسته مرکزی، که تا چند میلی متری بالای لوله ادامه دارد، یک طیف پیوسته تولید می کند که روی آن، طیف اتمی برای آرگون سوار شده است. پیوستار، ظاهراً هنگامی تولید می شود که یون های آرگون و سایر یون ها با الکترون ها دوباره ترکیب شوند. در ناحیه  $10$  تا  $30 \text{ mm}$  بالای هسته مرکزی، پیوستار ضعیف می شود و پلازما از نظر نوری شفاف است. مشاهدات طیفی معمولاً  $15$  تا  $20 \text{ mm}$  بالای پیچک القا انجام می شود. در این جا، تابش زمینه ای به طور قابل ملاحظه ای عاری از خط های آرگون

است و برای اندازه گیری های طیفی کاملا مناسب است . بسیاری از حساس ترین خط های آنالیت در این ناحیه از پلاسما از یون هایی مانند Ca، Cr، Mn ناشی می شود.

## ۲-۳-۴- اتم سازی آنالیت و یونش

زمانی که اتم های نمونه به نقطه مشاهده در پلاسما می رسند، زمان توقفی در حدود ۲ ms در دماهایی در گستره از ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ K دارند. این زمان ها و دماها دو تا سه برابر بزرگتر از زمان ها و دماهایی است که در داغ ترین شعله های احتراقی ( استیلن / نیترو اکسید) حصول پذیرند. در نتیجه، اتم سازی تقریبا کامل است و تداخل های شیمیایی کمتری وجود دارد. آثار تداخل یونشی کوچک اند یا وجود ندارند، احتمالا به این علت که غلظت زیاد الکترون های حاصل از یونش آرگون، غلظت کم و بیش ثابتی از الکترون را در پلاسما حفظ می کنند.

منبع پلاسما چند مزیت دیگر نیز دارد؛ اولاً اتم سازی در یک محیط بی اثر شیمیایی انجام می شود که طول عمر آنالیت را نیز افزایش می دهد. به علاوه، برعکس منابع شعله ای، سطح مقطع دمای پلاسما نسبتا یکنواخت است. در نتیجه، منحنی های درجه بندی در گستره غلظتی تا چند ده برابر خطی باقی می ماند [۱۴].

## ۲-۳-۵- کاربردهای کمی منابع پلاسمایی

منابع پلاسمایی جفت شده القایی، در مقایسه با سایر منابع نشری، داده های تجزیه ای کمی بسیار بهتری به دست می دهند. کیفیت بهتر این نتایج از پایداری بالا، نوفه کم، زمینه کم و آزادی از تداخل های منابع ناشی می شود، البته چنانچه در شرایط تجربی مناسب استفاده شوند . عملکرد منبع پلاسمای جفت -

شده القایی تا حدی بهتر از عملکرد منبع پلاسمای dc از نظر حدود آشکارسازی است. به طور کلی حدود آشکارسازی با منبع پلاسمای جفت شده القایی بهتر از حدود آشکارسازی سایر روش های طیفی اتمی است.

## ۲-۴- کروماتوگرافی<sup>۱</sup>

کروماتوگرافی به طور گسترده ای برای جداسازی، شناسایی و تعیین اجزای سازنده شیمیایی در مخلوط های پیچیده به کار می رود. در تمامی روش های کروماتوگرافی عموماً یک فاز ساکن و یک فاز متحرک وجود دارد. اجزای سازنده یک مخلوط، توسط جریان یک فاز متحرک گازی یا مایع از درون فاز ساکن عبور می کنند و جداسازی بر اساس تفاوت در سرعت های مهاجرت بین اجزای سازنده نمونه استوار است.

### ۲-۴-۱- دسته بندی روش های کروماتوگرافی

روش های کروماتوگرافی بر اساس ماهیت فاز متحرک به سه دسته تقسیم می شوند؛ سه نوع فاز عبارت اند از مایعات، گازها و سیالات فوق بحرانی.

### ۲-۴-۲- کاربردهای کروماتوگرافی

کروماتوگرافی به صورت مهم ترین روش جداسازی گونه های شیمیایی نزدیک به هم در آمده است. به علاوه، این روش می تواند برای شناسایی کیفی و کمی گونه های جدا شده به کار رود.

---

1. Chromatography

## ۲-۴-۳- تجزیه کیفی

کروماتوگرافی به صورت گسترده‌ای برای تشخیص وجود یا عدم وجود اجزای سازنده در مخلوط هایی به کار می‌رود که حاوی تعداد محدودی از گونه‌های ممکن‌اند که ماهیت آن‌ها معلوم است. از آن‌جا که یک کروماتوگرام تنها یک فقره تک اطلاعات، درباره هرگونه موجود در یک مخلوط در اختیار می‌گذارد، کاربرد روش در تجزیه کیفی نمونه‌های پیچیده‌ی با ترکیب نامعلوم محدود است. به این دلیل، مداول شده است که ستون های کروماتوگرافی را مستقیماً با طیف سنج های فرابنفش، زیر قرمز و طیف سنج جرمی جفت می‌کنند. دستگاههای جفت‌شده حاصل وسایل توانمندی برای شناسایی اجزای سازنده مخلوط های پیچیده‌اند. اگرچه یک کروماتوگرام به شناسایی مثبت یک گونه در یک نمونه منجر نمی‌شود، ولی اغلب عدم وجود حتمی یک گونه را در اختیار می‌گذارد.

## ۲-۴-۴- تجزیه کمی

رشد سریع کروماتوگرافی مدیون سرعت، سادگی، قیمت نسبتاً پایین و کاربردپذیری گسترده آن به عنوان یک وسیله جداکننده است. کروماتوگرافی کمی، بر اساس مقایسه ارتفاع یا سطح پیک آنالیت، با پیک یک یا چند استاندارد استوار است. در صورتی که شرایط به‌طور مناسب کنترل شوند، هر دو این پارامتر به‌طور خطی با غلظت تغییر می‌کنند.

## ۲-۴-۵- کروماتوگرافی گازی<sup>۱</sup>

---

1. Gas chromatography