بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

مدیریت تحصیلات تکمیلی

پردیس خودگردان

گروه شیمی

پایان نامه جهت أخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی تجزیه

عنوان:

تعیین مقدار عناصر نیکل، کبالت، آهن، منگنز، روی و مس در لوبیا قرمز به کمک استخراج مایکروویو

استاد راهنما:

دکتر مصطفی خواجه

تهیه و تدوین:

نصرت شرفی

آذر۱۳۹۲

چکیده:

در این مقاله از روش پاسخ سطح به منظور توسعه روش استخراج به کمک مایکروویو برای تعیین عناصر روی، مس، آهن، منگنز، کبالت، نیکل در نمونه‌های لوبیا به همراه طیف‌سنج جذب اتمی شعله‌ای (FAAS) استفاده شد. بدین منظور برای بهینه سازی متغیرهای فرایند، شامل توان، دما، زمان و حجم نیتریک اسید از روش طراحی آزمایشگاهی باکس- بنکن استفاده شد. تابع پاسخ چندگانه (R_m) برای تشریح شرایط آزمایشگاهی برای استخراج همزمان عناصر مورد استفاده قرار گرفت. شرایط بهینه برای توان، دما، زمان و حجم نیتریک اسید به ترتیب به صورت ۳۵۵/۰(W)، ^oC ۵۷، ۲۴/۶ دقیقه و۶/۷ mL بود. ضریب رگرسیون بین داده‌های تجربی و پیشگویی شده، بالا بوده که ۰/۹۹۱ ≈ R^2 برای تابع پاسخ چندگانه نشان دهنده‌ی ارزیابی بسیار خوب داده‌های آزمایشی توسط مدل رگرسیون چند جمله‌ای است. سپس این فرایند توسعه یافته برای استخراج و اندازه گیری این عناصر در نمونه‌های مختلف لوبیا به کار گرفته شد.

واژه‌های کلیدی:

لوبیا، روش پاسخ سطح، استخراج به کمک مایکروویو، طراحی باکس- بنکن.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اوّل: مقدمه ۱

۱-۱-۱- مقدمه ۲

۱-۱-۲- تاریخچه مصرف حبوبات ۲

۱-۱-۳- جنبه‌های جهانی حبوبات ۲

۱-۱-۴- خصوصیت مرفولوژیکی حبوبات ۳

۱-۱-۵- احتیاجات غذایی ۳

۱-۱-۶- گیاه شناسی حبوبات ۴

۱-۱-۷- طبقه‌بندی گیاه لوبیا ۴

۱-۱-۸- مبدأ و مرکز تنوع لوبیا ۴

۱-۱-۹- ژنتیک لوبیا ۵

۱-۱-۱۰- خصوصیات مرفولوژیکی لوبیا ۵

۱-۱-۱۱- تنش خشکی و گرما ۶

۱-۱-۱۲- عناصر معدنی ۶

۱-۱-۱۳- نقش یا وظایف عناصر معدنی و فواید آن‌ها ۷

۱-۱- ۱۴- عناصرلوبیا قرمز و مضرات آن‌ها ۷

۱-۱- ۱۵- موارد استفاده لوبیا قرمز ۹

۱-۲- کاربرد مایکروویو در شیمی ۹

۱-۲-۱- مقدمه ۹

۱-۲-۲- امواج مایکروویو ۱۰

۱-۲-۳- عوامل مؤثر در جذب امواج مایکروویو توسط ماده ۱۱

۱-۲-۳-۱- ظرفیت حرارتی ویژه ۱۲

۱-۲-۳-۲- قدرت میدان یا شدت موج الکترومغناطیسی ۱۲

۱-۲-۳-۳- مقدار ماده ۱۳

۱-۲-۳-۴- ثابت دی الکتریک ماده ۱۳

۱-۲-۳-۵- حالت ماده ۱۴

۱-۲-۳-۶- دمای جوش حلال ۱۴

۱-۲-۳-۷- واکنش در حلال غیرقطبی ۱۵

۱-۲-۳-۸- اندازه ظرف واکنش ۱۵

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۱-۲-۴- اصول تکنولوژی مایکروویو ۱۵
۱-۲- ۵- سیستم‌های انحلال مایکروویو ۱۶
۱-۲- ۶-۱- مکانیسم قطبش دوقطبی ۱۷
۱-۲-۶-۱- مکانیسم قطبش دوقطبی ۱۷
۱-۲-۶-۲- قطبش بین سطحی ۱۹
۱-۲-۶-۳- مکانیسم هدایت ۱۹
۱-۲-۷- کاربرد شیمی مایکروویو (ریزموج) ۲۰
۱-۲-۸- کابرد در شیمی تجزیه ۲۰
۱-۲- ۸-۱- خاکستر کردن ۲۱
۱-۲- ۸-۲- هضم ۲۱
۱-۲- ۸-۳- استخراج (عصاره‌گیری) ۲۱
۱-۲- ۸-۴- هیدرولیز پروتئین ۲۲
۱-۲- ۸-۵- بررسی رطوبت جامدات ۲۲
۱-۲- ۸-۶- تجزیه طیفی ۲۳
۱-۲- ۹- مضرات امواج مایکروویو ۲۳
۱-۳- طراحی آزمایش با کمک روش سطح پاسخ ۲۴

فصل دوّم: مروری بر منابع ۲۶
۲-۱- مقدمه ۲۷
۲-۲- مروری بر مطالعات تعیین فلزات سنگین با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای ۲۷
۲-۳- مروری بر مطالعات استخراج با مایکروویو ۲۸
۲-۴- مروری بر مطالعات روش پاسخ سطح ۲۹
۲-۴-۱- طراحی باکس- بنکن ۲۹

فصل سوم: مواد و روش‌ها ۳۲
۳-۱- مقدمه ۳۳
۳-۲- تجهیزات ۳۳
۳-۳- مواد مصرفی ۳۴
۳-۴- روش انجام آزمایش ۳۴

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل چهارم: بحث و نتایج ۳۶

۴-۱- مقدمه ۳۷

۴-۲- عوامل مؤثر در استخراج ۳۸

۴-۲-۱- اثر دما ۳۸

۴-۲-۲- اثر توان ۳۸

۴-۲-۳- اثر زمان ۳۹

۴-۲-۴- اثر حجم اسیدنیتریک ۴۰

۴-۳- طراحی آزمایش و تجزیه تحلیل آماری ۴۰

۴-۴- حد تشخیص روش ۵۴

۴-۵- نمونه‌های حقیقی ۵۴

نتیجه گیری ۵۵

پیشنهادات ۵۶

منابع ۵۴

فهرست منابع ۵۵

فهرست جداول

عنوان | صفحه

جدول۴-۱- جدول طراحی در مدل باکس- بنکن، مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده..... ۴۲
جدول۴-۲- میزان تأثیر هر پارامتر (PC%) در مدل نهایی..... ۵۰
جدول۴-۳- آنالیز ANOVA..... ۵۱
جدول۴-۴- تعیین عناصر موجود در دانه‌های لوبیا..... ۵۴

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

شکل۱-۱- رابطه بین ε′ و ε″ ۱۳
شکل۱-۲- مکانیسم‌های تولید گرما در مایکروویو ۱۷
شکل۱-۳- دوقطبی مولکولی سعی می‌کند که با میدان الکتریکی نوسان کننده همسو گردد ۱۷
شکل۱-۴- ذرات باردار در محلول از میدان الکتریکی تبعیت می‌کند ۱۹
شکل۲-۱- شکل گرافیکی طراحی سه تایی باکس- بنکن ۳۰
شکل۴-۱- تأثیر دما بر روی R_m ۳۸
شکل۴-۲- تأثیر توان بر روی R_m ۳۹
شکل۴-۳- تأثیر زمان بر روی R_m ۳۹
شکل۴-۴- تأثیر حجم بر روی R_m ۴۰
شکل۴-۵- اثر زمان و دما روی R_m ۴۶
شکل۴-۶- اثر توان و زمان روی R_m ۴۷
شکل۴-۷- اثر توان و دما روی R_m ۴۸
شکل۴-۸- اثر توان و حجم روی R_m ۴۸
شکل۴-۹- اثر زمان و حجم روی R_m ۴۹
شکل۴-۱۰- نمودار همبستگی میان مقادیر پیش‌بینی شده و مقدار مشاهده شده ۵۲
شکل۴-۱۱- شماتیک دقیقی از PC عبارت‌ها را نشان می‌دهد ۵۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

پس از غلات، دوّمین منبع غذایی بشر، حبوبات است. این گیاهان متعلق به خانوادهٔ بقولات[۱] و زیرخانواده پروانه آسایان[۲] می‌باشند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۶۸). از نظر کلی حبوبات بقولات غذایی سـرمادوست و بقولات غذایی گـرما دوست را در بر می‌گیرند و بذرهای رسیده و خـشک این گـیاهان دارای ارزش غذایی زیاد، قابـلیت نـگهداری خـوب و مهم‌ترین منبع غذایی سرشـار از پروتئین بین ۳۲- ۱۸٪هستند (باقری و همکاران، ۱۳۷۶).

۱- ۱-۲- تاریخچه مصرف حبوبات

درکشور ما از دیرباز تاکنون همواره حبوبات پس از غلات به عنوان دوّمین منبع غذایی مردم مطرح بوده است. درحال حاضر در دنیای درحال توسعه فقرغذایی وجود دارد. رژیم غذایی کشورهای توسعه یافته عمدتاً نشاسته است که از گیاهانی مثل برنج و گندم به دست می‌آید. آنچه مسلم است مقدار پروتئین این محصولات کم بوده و کمبود پروتئین و سوءتغذیه میلیون‌ها انسان ساکن در این کشورها یکی از مشکلات حاد این مناطق است (باقری و همکاران، ۱۳۷۶).

۱- ۱-۳- جنبه‌های جهانی حبوبات

تولید حبوبات برحسب کشورها و مناطق مختلف جهان متفاوت است. دربین قاره‌ها، قاره‌ی آسیا بیشترین مقدار تولید حبوبات را به خود اختصاص داده است. پس از آسیا، آمریکا و سپس آفریقا رتبه-های دوم و سوم را به خود اختصاص داده‌اند. در قاره‌ی آسیا، هندوستان بزرگترین تولید کننده‌ی حبوبات است. که حدود ۲۶٪ تولید جهانی و۵۴٪ تولید حبوبات آسیا را به خود اختصاص داده است

---

[۱] Fabaceae

[۲] Papilionoideae

که این تولید بالای حبوبات در آسیا ناشی از سطح زیر کشت آن و زیاد بودن تولید در واحد سطح ودر اروپا ناشی از استفاده از تکنولوژی برتر، ماشین آلات و وفور آب می‌باشد (باقری وهمکاران، ۱۳۷۶).

۱-۱-۴- خصوصیات مورفولوژیکی حبوبات

حبوبات دارای یک ریشه اصلی هستند که در اطراف آن‌ها ریشه‌های جانبی و فرعی گسترده شده است. از نظر نمو ریشه‌ی اصلی و فرعی لوبیا در عمق نسبتاً یکسانی قرار می‌گیرند و ساقه‌ی حبوبات نرم و علفی است. امّا برگ حبوبات که نوع ساده برگ در لوبیا دیده می‌شود که دارای سه برگچه‌ای به شکل پری ساده هستند گل‌های حبوبات شبیه پروانه است و انتخاب اسم این زیرخانواده به همین علت بوده است. دانه‌ی لوبیا شامل سه بخش اصلی پوسته‌ی خارجی، لپه‌ها و گیاهک است و مدت زمان پخت و زمان جوانه‌زنی بستگی به پوسته‌ی خارجی دارد. لپه ها بخشی از دانه هستند که قسمت اعظم مواد غذایی دانه در آن‌ها انباشته می‌شود. گیاهک نیز در قسمت تحتانی دانه و میان دو لپه قرار می‌گیرد و متصل به لپه‌ها است. گیاهک شامل ساقه‌چه و ریشه‌چه است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۶۸).

۱- ۱-۵- احتیاجات غذایی

لوبیا[۱] به منظور استفاده از برگ سبز، غلاف سبز و دانه سبز و یا خشک آن کشت می‌شود. برگ‌های خشک، غلاف‌های خرمن‌کوبی شده و ساقه‌های آن در تغذیه دام مصرف و به ویژه در کشورهای در حال توسعه در آفریقا و آسیا از آن‌ها به منظور سوخت جهت پخت وپز استفاده می‌کنند (باقری و همکاران، ۱۳۸۰).

[۱] Phaseolus Vulgarisl

۱-۱-۶- گیاه شناسی حبوبات

حبوبات متعلق به خانواده بقولات و زیرخانواده پروانه آسایان[۱] می‌باشند که حدود ۱۸۰۰۰ گونه در خانواده بقولات وجود دارد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

۱- ۱-۷- مبدأ و مراکز تنوع لوبیا

بر اساس مطالعات باستان شناسی، ویتماک[۲](۱۸۸۰) بیان کرد که لوبیا ابتدا از پرو و پس از آن جنوب غربی ایالات متحده‌ی آمریکا بوجود آمده است. این نتیجه‌گیری برخلاف عقاید قبلی بود که از قرن‌ها قبل منشأ آن را آسیا می‌دانستند. به عنوان مثال لی نه (۱۷۵۳) منشأ P.Vulgaris را هندوستان می-دانست (باقری و همکاران، ۱۳۸۹). پس از کشفیات اوّلیه باستان شناسی، بقایای زیادی از لوبیای معمولی در آمریکای مرکزی و شمالی به دست آمد. این بقایا شامل بذرها (Brooks *et al.*, ۱۹۶۲) قطعات غلاف (Kaplan,۱۹۶۷) وگیاه کامل هستند. دیوی نیز با شواهد باستان شناسی و گیاه شناسی، مرکز اوّلیه انتشار لوبیا را آمریکا نامیده و آمریکای مرکزی و پرو را به عنوان دو زیر مرکز یا مرکز تنوع لوبیا قید کرده است (Miranda,۱۹۸۰).

۱-۱-۸- ژنتیک لوبیا

لوبیا گیاهی دو لپه‌ای است که تمام گونه‌های آن دیپلوئید و دارای۲۲= ۲n=۲x کروموزومی می‌باشد (Lackey,۱۹۸۳). تمامی گونه‌های لوبیا متعلق به دو جنس عمده هستند. جنس چیتی که شامل گونه‌های بذر درشت آمریکایی است و جنس چشم بلبلی که شامل گونه‌های بذر ریز آسیایی است. گونه‌های آمریکایی دارای غلاف پهن و دارای تعداد محدودی بذر در غلاف (۸-۴عدد) امّا بذر درشت

[۱] Papilionoideae
[۲] Wittmack

هستند. گونه‌های آسیایی نیز دارای غلاف‌های کوچک(حداکثر ۱۰cm) و استوانه‌ای هستند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

۱- ۱-۹- خصوصیات مرفولوژیکی لوبیا

ریشه: این گیاه دارای یک ریشه‌ی اصلی و چندین ریشه‌ی جانبی است که در خاک توسعه می‌یابد. روی ریشه‌های جانبی لوبیا مثل سایر گیاهان و زیرخانواده پروانه‌آسا گره‌های تثبیت کننده ازت حاوی باکتری‌هایی از جنس ریزوبیوم تشکیل می‌شود که ازت هوا را در ریشه تثبیت می‌کند (مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

دانه: دانه‌های لوبیا در ارقام مختلف به رنگ‌های سفید، سیاه، قرمز، صورتی، بنفش، کرم، خاکستری و قهوه‌ای دیده می‌شوند. شکل دانه‌ها قلوه‌ای، کروی یا استوانه‌ای است. در هر غلاف ۶-۴ بذر دیده می‌شود (بنایی و داودی، ۱۳۷۴).

دانه‌ها از لحاظ وزن به سه دسته دانه ریز (وزن صد دانه کمتر از ۲۵گرم)، دانه متوسط (وزن صد دانه۴۰-۲۵ گرم) و دانه‌ی درشت (وزن صد دانه بیش از۴۰ گرم) تقسیم می‌شوند (مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

۱- ۱-۱۰- تنش خشکی و گرما:

عواملی چون نقش روزنه‌ها، وجود پروتئین‌های خاص، لیپیدها و قندها روی سازش و تحمل گیاه نسبت به شرایط تنش خشکی اثر می‌گذارند. در شرایط تنش خشکی روزنه‌ها بسته می‌شوند و سنتز پروتئین‌های جدید MRNA متوقف می‌شود(Yordanov *et al.*,۲۰۰۳). لوبیا بـخصوص در مرحله‌ی گل‌دهی به خشکی حـساس است و اگـر در این مرحله تنش رخ دهد، ریزش قـابل توجهی در گـل‌ها و غـلاف‌ها خـواهیم داشت. Barrus(۱۹۹۱) با کمک Shelter، اثـر تنش خشکی را در مـراحل مختلف

رشـد لـوبیا مطالعه کردند. تحقیقات وی نشان داد کـه تنش آبی باعـث تسریع گل دهی و پـرشدن دانـه می‌شود، ولی ظهور برگ‌ها را بـه عقب می‌اندازد و از طـرفی ریشه‌ها بـه سرعت توسعه می‌یابند. فـرایند گـل دهی به دمـا بـسیار حساس است.

۱-۱-۱۱- عناصر معدنی

عناصر خاک را به دو دسته‌ی میکرو و ماکرو تقسیم بندی می‌کنند که (Lucas and Kenzek,۱۹۷۲) شش گیاه خوراکی را مقایسه کردند و متوجه شدند که تنها لوبیا عکس العمل بالایی به عناصر میکرو شامل آهن، منگنز، مس، روی و کبالت دارد. این عناصر در گیاه متحرک هستند و از طریق آوند چوبی حرکت می‌کنند و هنگامی‌که به برگ‌ها می‌رسند، توانایی آن‌ها در توزیع مجدد به برگ‌های جدید و پر کردن غلاف‌ها فرق می‌کند.

۱-۱-۱۲- نقش یا وظایف معدنی و فواید آن‌ها

لوبیا قرمز منبع مناسبی از آهن به شمار می‌رود و تأمین انرژی مورد نیاز روزانه و سلامت استخوان‌ها از مزایای لوبیا قرمز است. مثلاً در لوبیا قرمز عنصر روی وجود دارد که کمبود این عنصر در بدن، به بی‌احساسی، بی‌اشتهایی، سستی و خواب آلودگی منجر می‌شود و با پایین آمدن سطح روی در بدن، ممکن است میزان مس بدن به سطح سمّی افزایش یابد و باعث پارانویا (بدگمانی) و ترس و وحشت گردد. از طرفی منگنز در تشکیل اسیدهای آمینه نقش دارد و کمبود آن می‌تواند به کاهش سطح ناقل‌های عصبی و افسردگی منجرشود و این فلز به تثبیت قند خون کمک می‌کند(باقری و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۱-۱۳- عناصر لوبیا قرمز و مضرات آن

در اکثر افراد اصلی‌ترین راه دریافت عناصر واسطه‌ای ضروری، برنامه غذایی آن‌ها است (Zhang *et al*., ۱۹۹۷). بنابراین به منظور ارزیابی خطر این عناصر برای سلامتی انسان آگاهی از رژیم غذایی دریافتی بسیار حائز اهمیت است (Hubbard *et al*, ۱۹۷۹). منابع اصلی آلودگی فلزات سنگین در نمونه‌های محیطی، غذایی و بیولوژیکی، تأسیسات صنعتی و کشاورزی می‌باشد (Karre And Rajgor, ۲۰۰۷; Sesli, ۲۰۰۶). از عناصر واسطه وسنگین موجود در لوبیا قرمز می‌توان به روی(Zn)، مس(Cu)، کبالت(Co)، نیکل(Ni)، منگنز(Mn) و آهن(Fe) اشاره کرد. فلزات روی و مس بر اساس مقادیرشان در فرایندهای زیستی ایفای نقش می‌کنند (محرک یا بازدارنده) (Anderson And Morel, ۱۹۷۸). این فلزات از جمله عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشند و به صورت هموستاتیک تنظیم می‌شوند. غذاهای دریایی منبع اصلی روی و مس هستند (Who, ۱۹۹۵). فلزات سنگین از ترکیبات اصلی ناخالصی در سنگ نمک می‌باشد. خطر اصلی فلزات سنگین به علت خاصیت تجمع پذیری آن‌ها در بدن موجودات زنده است ودر اثر فعل و انفعال شیمیایی به مواد سمی و سرطان‌زا تبدیل می‌شوند (Moffat, ۲۰۰۲). مقادیر این فلزات در غلظت‌های پایین برای متابولیسم طبیعی آبزیان ضروری هستند(Canli and Atli, ۲۰۰۲) و می‌توانند نقش مثبت یا منفی مهمّی را در زندگی انسان ایفا کنند (Gheadi *et al*., ۲۰۰۶; Gheadi *et al*., ۲۰۰۷; Gheadi *et al*., ۲۰۰۸; Gheadi *et al*., ۲۰۰۹).

افزایش در مصرف این عناصر خطراتی را در پی خواهد داشت. مثلاً افزایش در مصرف مس، باعث اختلال در جذب آهن و روی می‌شود و میزان مس موجود در سرم خون به عنوان شاخص بیماری سرطان معرفی می‌گردد (Berlin, ۱۹۸۵). در اثر افزایش در مصرف نیکل (Ni)، آثار سمّیت این فلز بر سیستم تنفس، دستگاه گوارش، خون، کبد و کلیه‌ها دیده شده است (Aktas *et al*., ۲۰۰۵).

آثار تنفسی با علایمی شامل سرفه، سرگیجه و سردرد ظاهر می‌شود و اختلالات عصبی به صورت بی-خوابی، توهم و تشنج نمایان می‌گردد (Zemanov *et al.*, ۲۰۰۷).

افزایش مصرف منگنز، باعث آسیب‌های شدید مغزی همراه با اختلالات فیزیولوژیکی و نورولوژیکی مانند بیماری پارکینسون(سفتی عضلات) می‌شود (Yaman *et al.*, ۲۰۰۴) و همچنین افزایش در مصرف کبالت، در اعمال بیولوژیکی ساخت کوآنزیم وابسته به ویتامین‌ها و در اعمال فیزیولوژیکی فلزات دو ظرفیتی نظیر کلسیم، منیزیم و منگنز تداخل می‌کند (Saulea *et al.*, ۲۰۰۴). همچنین آهن برای کارکرد مناسب آنزیم‌های زیادی از جمله سنتز DNA، متابولیسم انرژی و محافظت در برابر میکروب‌ها و رادیکال‌های آزاد، عنصری ضروری می‌باشد(Bothwell *et al.*, ۱۹۷۹). میزان آهن در بافت‌های بدن باید به دقت تنظیم شود، زیرا ازدیاد آهن به تخریب بافت، در نتیجه تشکیل رادیکال-های آزاد منجر می‌گردد (Lieu *et al.*, ۲۰۰۱).

۱- ۱-۱۴- موارد استفاده از لوبیا قرمز[۱]

این نوع لوبیا بومی مناطق گرمسیری هیمالیا و چین مرکزی تا مالزی است. در چین و ایران دانه خشک شده آنرا به تغذیه می‌رسانند غلاف‌ها و برگ‌های تازه آن به عنوان سبزی مصرف می‌شود وگل و گیاه نیز به عنوان علوفه مصرف می‌شود (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۶۸).

[۱] Red Bean

بخش۱- ۲- کاربرد مایکروویو در شیمی

۱- ۲- ۱- مقدمه

دنیای علم و تکنولوژی رو به پیشرفت است. هیچکدام از رشته‌های علمی راهی به جز پیشرفت ندارند. ابداع تکنیک‌های جدید تجزیه و تکامل روش‌های تجزیه‌ی شیمیایی موجود، آنقدر سریع و گسترده است که کوتاهی در تعقیب این پیشرفت‌ها و رویدادهای تازه، باعث بوجود آمدن فاصله‌های بسیار عمیق علمی می‌شود. در دنیای پیچیده تکنولوژی جدید، تولید انبوه و کنترل کیفیت محصولات صنعتی و غیرصنعتی جایگاه ویژه‌ای دارد و استخوان بندی این کنترل کیفیت را، تجزیه شیمیایی انجام شده به کمک روش‌های دستگاهی تشکیل می‌دهد (اوجانی و صمدی، ۱۳۸۱).

تعیین مستقیم گونه‌ها مانند فلزات سنگین در بافت نمونه، بخاطر پایین بودن غلظت آن‌ها از حد تشخیص دستگاه‌های تجزیه‌ای و نیز مشکل بافت پیچیده‌ی نمونه، از مشکلات همیشگی شیمیدان-های تجزیه است. روش‌های متنوعی تاکنون ابداع شده است که از آن جمله می‌توان به استخراج به کمک مایکروویو اشاره کرد. استفاده از امواج مایکروویو به عنوان منبع انرژی گرمایی از سال ۱۹۴۶مورد توجه دانشمندان قرار گرفت، یعنی زمانی که دکتر پرسی اسپنسر، هنگام آزمایش روی یک لوله خلاء به نام مگنترون (مولد امواج ریز موج) تصادفاً کشف کرد که یک شکلات در داخل جیبش به خاطر مجاورت در برابر تشعشع مایکروویو ذوب شده است. نتایج تحقیقات دکتر اسپنسر این نظریه را مطرح نمود که مایکروویو می‌تواند به عنوان روشی برای گرم کردن مورد استفاده قرار گیرد. در سال ۱۹۴۷ اولـین دستگاه آون مایکروویو به منظور پخت غذا اختراع شد. انرژی مایکروویو با انـرژی حرارت‌دهی منحصر به‌فردش، کـاربردهای زیادی در صـنایع غذایی دارد کـه عبارتند از: غیرفعال نمودن آنزیم‌ها، خـشک کردن، پاستوریزاسـیون، استریلیزاسـیون و خـشک کـردن نهایی مـاکارونی (Bogl and Rosenberg,۱۹۸۷).

علاوه بر کاربردهای صنعتی مایکروویو، حدود ۴۰ سال است که از آون‌های مایکروویو در منازل، سلف سرویس‌ها، مدارس و بیمارستان‌ها به منظور پخت غذا و نرم کردن مواد غذایی منجمد استفاده می‌شود(Cossingnani *et al.*, ۱۹۹۸).

Abu-Samra و همکارانش (۱۹۷۵) برای اولین بار از مایکروویو برای هضم فلزات استفاده کردند. از طرفی ثابت شده است که حل شوندگی اسید با مایکروویو مناسب‌ترین روش برای هضم ماتریس‌های پیچیده مثل خاک و رسوبات حاوی مواد اکسید و سیلیکات و مواد آلی می‌باشد(and walter, ۱۹۹۲ Kingstone).

امـواج مایـکروویو در شیمی معدنی و در سنتزهای حالت جامـد[۱] نیز دارای کاربردهای بسیار مفیدی است. همچنین از مایکروویو، برای استخراج ترکـیبات زیست دارویی استفاده می‌شود (Beejmohen *et al.*, ۲۰۰۷; Sping and Faveri, ۲۰۰۹; Pan *et al.*, ۲۰۱۱).

۱-۲-۲- امواج مایکروویو

امواج مایکروویو بخشی از امواج الکترومغناطیسی هستند که طول موج آن‌ها بین ۱-۱۰۰cm و فرکانس این امواج بین ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز متغیر می‌باشد(Abbasi and Rahimi, ۲۰۰۷). برخلاف سامانه‌های گرمایشی متداول، چون امواج مایکروویو به داخل ماده غذایی نفوذ می‌کنند در نتیجه حرارت در سرتاسر ماده غذایی انتشار می‌یابد، به همین دلیل سرعت گرمایش آن سریع‌تر از سایر روش‌های گرمادهی است(Mertens and knorr,۱۹۹۲). از مایکروویو خانگی در فرکانس ۲/۴۵ گیگاهرتز و طول موج ۱۲/۲سانتی متر استفاده می‌شود.(Lidstrom *et al.*, ۲۰۰۱).

[۱] Solid state

به دو دلیل از مایکروویو خانگی در فرکانس ۲/۴۵ گیگاهرتز و طول موج ۱۲/۲سانتی متر استفاده می-شود:

۱- جذب انرژی در غذا، عمدتاً توسط آب که محیط عمومی برای غذاها می‌باشد صورت می‌گیرد و این طول موج، مناسب‌ترین ناحیه مایکروویو برای محیط فوق است.

۲- تکنیک یا فن آوری رادار نیز برای ارتباطات، از ناحیه طول موج cm ۲۵-۱ استفاده می‌کند لذا برای عدم تداخل دستگاه‌های مایکروویو خانگی با رادارها، سازندگان دستگاه مایکروویو خانگی مجاز به ساخت در طول موج خاص شده‌اند و تحقیقات گسترده در این رابطه، نشان داد که طول موج ۱۲/۲سانتی متر مناسب‌ترین طول موج می‌باشد. از امواج مایکروویو برای اهداف صنعتی، علمی، طبی و ارتباطات استفاده می‌شود. در اکثر کشورها چهار فرکانس را جهت کاربردهای صنعتی، تحقیقاتی و پزشکی اختصاص داده‌اند که عبارتند از: ۹۱۵، ۲۴۵، ۵۸۰۰، ۲۲۱۲۵مگاهرتز. باید توجه داشت که برخلاف اشعه‌ی ایکس و گاما، امواج مایکروویو به علت داشتن فرکانس کم، قادر به شکستن پیوند شیمیایی و آسیب رسانی به مولکول‌های مواد غذایی نیستند (CrawFord, ۱۹۹۸).

۱-۲-۳- عوامل مؤثر در جذب امواج مایکروویو توسط ماده

موادی که از نظر شیمیایی و فیزیکی متفاوت هستند در زمان ثابت، به میزان متفاوتی در مایکروویو گرم می‌شوند و به عبارت دیگر دمای گرم شدن مواد مختلف در دستگاه مایکروویو در زمان ثابت، متفاوت خواهد بود. در حالت‌های مایع و جامد، مولکول‌ها به راحتی درون میدان امواج مایکروویو نمی‌چرخند؛ بنابراین طیف مایکروویو نمی‌تواند مشاهده شود. مولکول‌ها به تابش به صورت متفاوت پاسخ می‌دهند و این همانی است که باعث گرم کردن به کمک امواج مایکروویو می‌شود. در گرم کردن معمولی، انرژی گرمایی از منبع و به روش انتقال و همرفتی به جسم مورد نظر منتقل می‌شود. اما در گرم کردن با استفاده از امواج مایکروویو، انرژی مغناطیسی با استفاده از انتقال یونی و چرخش دو

قطبی به گرما تبدیل می‌شود. ظرفیت حرارتی ویژه، قدرت میدان یا شدت موج الکترومغناطیسی، مقدار ماده (نمونه)، ثابت دی الکتریک، ماده جاذب، حالت ماده، دمای جوش حلال، حلال غیرقطبی و قطبی و اندازه ظرف واکنش، در جذب امواج مایکروویو مؤثر هستند که در ذیل به بررسی آن‌ها می-پردازیم.

۱-۲-۳-۱- ظرفیت حرارتی ویژه

عبارت است میزان انرژی لازم جهت افزایش دمای مقدار مشخصی از ماده، هرچه ظرفیت حرارتی بالاتر باشد جسم دیرتر گرم می‌شود. مانند پروپانول که ۱/۷ مرتبه سریع‌تر از آب گرم می‌شود، در حالی که ظرفیت حرارتی ویژه آن از آب کمتر است.

۱-۲-۳- ۲- قدرت میدان یا شدت موج الکترومغناطیسی

افزایش قدرت و شدت میدان الکتریکی در امواج مایکروویو، باعث افزایش سرعت گرم شدن ماده می‌شود. که توانایی یک ماده برای تبدیل انرژی الکترومغناطیسی به انرژی گرمایی را به صورت زیر تعیین نمود:

$$\text{Tan}\,\delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}$$

که در آن "ε ضریب کاهش دی الکتریک یا بیانگر افت دی الکتریک نسبی که نشان‌گر توانایی ماده در اتلاف انرژی الکتریکی است و 'ε که ثابت دی الکتریک نسبی، یا نشانگر توانایی ماده در نگهداری انرژی الکتریکی است و میزان پلاریزه شدن یک مولکول در میدان الکتریکی را نشان می‌دهد و تانژانت گم گشت[۱] یا اتلاف (Tanδ)، معیاری از میزان نفوذ میدان الکتریکی به صورت حرارت است.

[۱] Loss tangent