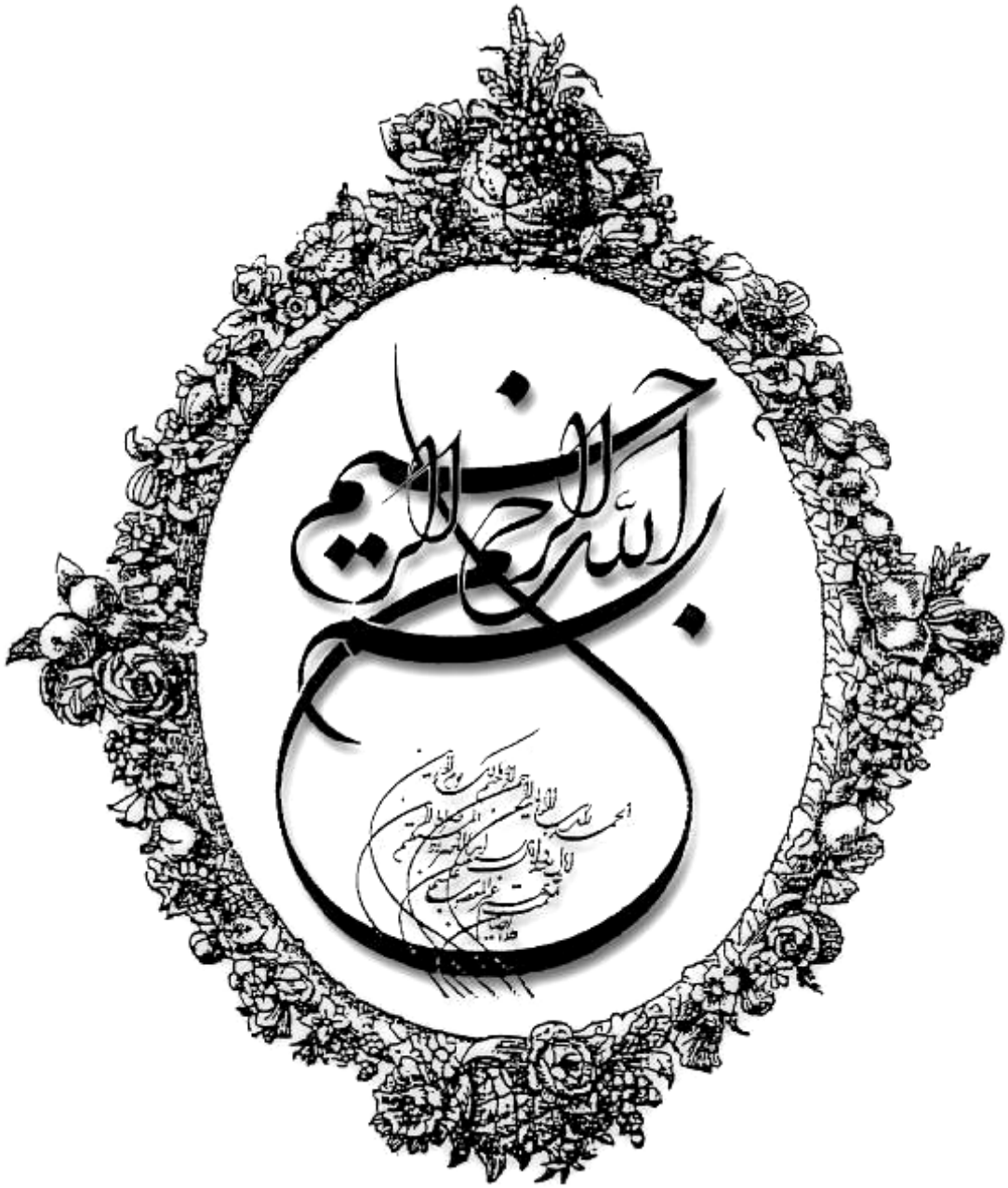
بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی شیمی

استخراج اسانس روغنی گیاه اسطوخودوس با دی اکسید کربن فوق بحرانی به روش نیمه پیوسته و روش پیشنهادی جدید استاتیک-دینامیک تناوبی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

حسین کمالی

اساتید راهنما

دکتر سید محمد قریشی
دکتر سید حسن قاضی‌عسگر

اسفند ماه ۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی آقای حسین کمالی

تحت عنوان

استخراج اسانس روغنی گیاه اسطوخودوس با دی اکسید کربن فوق بحرانی به روش نیمه پیوسته و روش پیشنهادی جدید استاتیک-دینامیک تناوبی

در تاریخ ۱۳۸۷/۱۲/۲۱ توسط کمیته زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای اول	دکتر سید محمد قریشی
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر سید حسن قاضی عسکر
۳- استاد داور	دکتر محمد رضا احسانی
۴- استاد داور	دکتر مهدی کدیور
۵- سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمود معصومی

سپاس فراوان خداوند جانان را

حمد و سپاس الطاف بیکران خداوند بخشنده مهربان که به من صحت و سلامت عطا نمود تا توفیق کسب دانش را داشته باشم، شایسته است که از یک عمر زحمات بیدریغ **مرحوم پدرم** و محبت‌های صادقانه **مادرم** که در تمام مراحل زندگی و تحصیلم برای من متحمل شده‌اند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از زحمات استاتید راهنمای ارجمندم، جناب آقای **دکتر سید محمد قریشی** و **دکتر سید حسن قاضی عسکر** به سبب راهنمایی‌های علمی و اخلاقی ایشان که موجب یادگیری هر چه بهتر مطالب نیکو در زندگی‌ام شده است کمال تشکر و قدرانی را داشته و از خداوند منان توفیق روزافزون برای این عزیزان خواستارم.

از زحمات آقایان دکتراحسانی و دکتر کدیور برای مطالعه و داوری این تحقیق و نیز از زحمات سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده جناب آقای دکترمعصومی کمال تشکر را دارم. از زحمات تمامی اساتید ارجمندی که در دانشگاه صنعتی اصفهان از محضرشان کسب علم نموده‌ام کمال تشکر و قدرانی را دارم.

از تمامی متخصصانی که در این پروژه با اینجانب همکاری کرده اند از جمله آقای شیروانی که تراشکاری این پروژه را با تمامی تحریم ها قبول کرده اند کمال سپاسگزاری را دارم.

از دوستان عزیزم آقایان داود حاجی نژاد ، محمد کبودوند، احمد رحمانیان، رحمان غلامی شهرستانی و خانم مرضیه رضایت و بقیه دوستان خوبم که در اینجا نامشان برده نشده ولیکن در این مدت از لطف ایشان بهره‌مند شده‌ام، تشکر می‌نمایم. در پایان بر خود لازم می‌دانم که از زحمات کلیه کارکنان دانشکده مهندسی شیمی که به اینجانب لطف نموده‌اند تشکر و قدرانی نمایم.

جا دارد از زحمات تمامی معلمان و دبیران و اساتید ارجمندی که در طول سال‌های تحصیل از محضرشان کسب علم و ادب نموده‌ام، برای یک عمر آموزش، حمایت، تشویق و لطف و محبت بی‌دریغ و همه آنچه به زبان و قلم نمی‌آید سپاسگزاری نمایم. در اینجا به رسم یادبود از آقای محمد رضا راضیان که مشوق و راهنمای من در دوران تحصیل ابتدایی ام بوده است را یادآور می‌شوم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج
مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از
تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه
صنعتی اصفهان است.

تقدیم به:

پدر و مادر خوبم و برادران و خواهران عزیزم

و شهدای گرانقدر دفاع مقدس

و همه کسانی که دوستشان دارم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست شکل ها ..... دوازده

فهرست جدول ها ..... پانزده

چکیده 1

فصل اول -مقدمه 2

فصل دوم -اسطوخودوس 4

2-1. اسطوخودوس 4

2-2. ترکیبات موجود در اسانس روغنی اسطوخودوس 5

2-3. کاربردهای اسانس روغنی اسطوخودوس 6

2-4. مروری بر کارهای انجام شده برروی استخراج اسانس روغنی اسطو خودوس 6

2-4-1. استخراج به روش تقطیر با بخار آب 6

2-4-2. استخراج به روش تقطیر با بخار آب با استفاده از مایکروویو 7

2-4-3. مقایسه بین روشهای استخراج مختلف 7

فصل سوم - استخراج با سیال فوق بحرانی (SFE) 3

3-1.مقدمه 9

3-2. تاریخچه 9

3-3. مقدمه‌ای بر روشهای استخراج 11

3-3-1. روش سوکسله 12
3-3-2. سوکستک 13
3-3-3. استخراج با کمک مایکروویو 15
3-3-4. استخراج با امواج فرا صوت 15
3-3-5 . استخراج با مایع تحت فشار 15
3-3-6. استخراج با سیال فوق بحرانی 17
1. تعریف سیال فوق بحرانی 17
2. خواص فیزیکی سیالات فوق بحرانی 18
2-1. دانسیته 18
2-2. گرانروی (ویسکوزیته) 20
2-3. ضریب نفوذ 21
2-4. حلالیت 23
3. مقایسه دی اکسید کربن با سایر مواد به عنوان سیال فوق بحرانی 26
۴. استخراج کمّی و کامل 28
5 . روش‌های استخراج با سیال فوق بحرانی 28
6. فاکتورهای مهم در استخراج با سیال فوق بحرانی 29
7. مراحل فرآیند استخراج در سیال فوق بحرانی 30
8 . کاربرد های دی اکسید کربن فوق بحرانی 31
فصل چهارم - طراحی آزمایش و بهینه‌سازی 33

4-1. مقدمه 33
4-2. طرح فاکتوریال 34
4-3. رویه جواب و ساخت مدل 35
4-4. بهینه‌سازی 36
4-5. طرح فاکتوریال جزئی 36
فصل پنجم - بخش تجربی 39
5-1. دستگاهوری استخراج با سیال فوق بحرانی 39
5-1-1. مخزن دی اکسیدکربن 39
5-1-2. غربال مولکولی 40
5-1-3. فیلتر متخلخل فلزی 40
5-1-4. سردکن گردشی 41
5-1-5. پمپ‌های فشار بالا 41
5-1-6. شیر 44
5-1-7. سل استخراجی 44
5-1-8 . گرمخانه 45
5-1-9. تنظیم‌کننده فشار برگشتی 45
5-1-10. جمع‌آوری آنالیت‌های استخراج شده 46
5-2. روش کار استخراج اسانس روغنی گیاه اسطو خودوس پودر شده توسط دی اکسید کربن فوق بحرانی 48
5-2-1. مواد استفاده شده 48

5-2-2. نحوه ی انجام آزمایش..... 48

1.روش استخراج نیمه پیوسته..... 48

2. روش پیشنهادی جدید استخراج استاتیک- دینامیک تناوبی..... 49

3-5 . آنالیز دستگاهی..... 50

فصل ششم- نتایج..... 53

1-6. استخراج به روش نیمه پیوسته..... 53

1-1-6. بررسی صحت مدل های انتخاب شده..... 59

2-6. استخراج به روش پیشنهادی جدید استاتیک-دینامیک تناوبی..... 67

1-2-6. بررسی صحت مدل های انتخاب شده..... 68

فصل هفتم- نتیجه گیری و پیشنهادات..... 76

1-7. بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر بازده استخراج در روش SFE..... 76

1-1-7. اثر خورده شیشه..... 76

2-1-7. اثر دما..... 76

3-1-7. اثر فشار 77

4-1-7. اثر زمان..... 77

2-7. نتیجه گیری..... 78

3-7. پیشنهادات..... 79

مراجع..... 80

چکیده انگلیسی..... 85

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل2-1. محل ظهور پیک های حاصل از مواد مختلف در اسانس روغنی اسطو خودوس..... 7

شکل 3-1. شماتیک دستگاه سوکسله [23]..... 13

شکل 1-2. شماتیک دستگاه سوکستک[24]..... 14

شکل 3-3. شماتیک دستگاه PLE [38]..... 16

شکل 3-4. شمایی از نمودار فازی یک جسم خالص[40]..... 17

شکل 3-5 . نمودار فازی ترکیب خالص دی اکسید کربن در مجاورت نقطه ی بحرانی اش[41]..... 19

شکل 3-6. ایزوترم های فشار-دانسیته برای دی اکسیدکربن خالص[42]..... 20

شکل 3-7. رفتار گرانروی دی اکسیدکربن در دماها و فشارهای مختلف[43]..... 21

شکل 3-8 . نفوذ پذیری دی اکسیدکربن برحسب دما در فشارهای مختلف[11]..... 22

شکل 3-9. حلالیت ایزوترم سیستم دو جزیی سیال- جامد[45] 24

شکل 3-10. درصد استخراج نفتالین در فشار و دماهای مختلف[45]..... 25

شکل 3-11. حلالیت نفتالین در فشار و دماهای مختلف در دی اکسید کربن[45]..... 25

شکل 3-12 انواع منحنی بازیابی گونه استخراج شده با سیال فوق بحرانی نسبت به زمان استخراج [50]..... 30

شکل4-1. مقایسه سه نوع طراحی CCD..... 37

شکل 5-1. دستگاه استخراج با سیال فوق بحرانی CO_2..... 40

شکل5-2. طرحواره ای از پمپ سرنگی[74] 41

شکل5-3. پمپ پستونی رفت و برگشتی یک طرفه و دو طرفه[74]..... 42

شکل 5-4. پمپ تقویت کننده بادی[74] 43

شکل5-5. سل‌های یک طرفه(a) و دو طرفه(b)[75] 44

شکل 5-6. تنظیم‌کننده فشار برگشتی[75]..... 46

شکل 5-7. منحنی کالیبراسیون اجزاء مختلف اسانس روغنی گیاه اسطوخودوس..... 50

شکل 5-8. زمان ظهور و پیک های GC حاصل از استاندارد داخلی و مواد مختلف در اسانس روغنی..... 51

شکل 6-1. کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- فشار..... 61

شکل6-2. سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- فشار..... 62

شکل 6-3. کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- زمان دینامیک 62

شکل 6-4. سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- زمان..... 63

شکل 6-5. کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- زمان استاتیک..... 63

شکل 6-6 . سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- زمان استاتیک 64

شکل 6-7. کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب فشار- زمان دینامیک..... 64

شکل 6-8 . سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب فشار- زمان..... 65

شکل 6-9. کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب فشار- زمان 66

شکل 6- 10 . سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب فشار- زمان استاتیک 66

شکل 6-11. کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب زمان استاتیک- زمان..... 67

شکل 6-12. سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب زمان استاتیک- زمان 67

شکل 6-13. کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- فشار..... 68

شکل 6-14. سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- فشار..... 73

شکل 6-15. کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- تعداد استاتیک-دینامیک تناوبی..... 73

شکل 6-16. سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب دما- تعداد استاتیک-دینامیک تناوبی..... 74

شکل 6-17 کانتورپاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب فشار- تعداد استاتیک-دینامیک تناوبی..... 74

شکل 6-18. سطوح پاسخ درصد روغن استخراجی بر حسب فشار- تعداد استاتیک-دینامیک تناوبی..... 75

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول 2-1. خصوصیات اسانس روغنی اسطوخودوس..... 5

جدول 3-1. تغییرات دانسیته دی اکسید کربن بر حسب فشار(بار) و دما(درجه سانتیگراد)..... 18

جدول 3-2. داده های فیزیکی برای گازها، سیالات فوق بحرانی و مایعات[32]..... 22

جدول 3-3. پارامترهای بحرانی برخی سیال‌های فوق بحرانی [46]..... 27

جدول4-1. مقایسه سه طراحی CCD برای سه پارامتر- سه سطح..... 38

جدول 6-1. پارامترها و سطوح آنها..... 54

جدول 6-2. حالت‌های انتخاب شده از شرایط آزمایش از بین حالت‌های ممکن بین پارامترها..... 55

جدول6-3. طراحی آزمایش برای پنج سطح و چهار فاکتور..... 56

جدول 6-4. مقادیر *p-value* و *t-value* به روشCCD 57

جدول 6-5. شرایط بهینه محاسبه شده..... 61

جدول 6-6. پارامترها و سطوح آنها..... 67

جدول 6-7. حالت‌های انتخاب شده از شرایط آزمایش از بین حالت‌های ممکن بین پارامترها..... 68

جدول 6-8. طراحی آزمایش برای سه سطح و سه فاکتور برای روش استاتیک-دینامیک تناوبی..... 69

جدول 6-9. مقادیر *p-value* و *t-value* در روش Box- Behnkon..... 70

جدول 3-12- شرایط بهینه محاسبه شده..... 72

چکیده:

تولید اسانس روغنی گیاهان جهت استفاده در صنایع دارو سازی، بهداشتی و آرایشی از دیر باز در کشورهای توسعه یافته رواج داشته و اما متاسفانه اکثر موارد مورد استفاده اسانس روغنی گیاهان در صنایع داخل کشور با هزینه بالای ارزی تا کنون وارد می گردیده است. یکی از اسانسهای بسیار با ارزشی که علاوه بر خوش بو بودن به خاطر خواص ارزنده رایحه درمانی خود در صنایع مختلف بهداشتی ، آرایشی ، غذایی و دارویی کاربردهای فراوانی دارد، اسانس روغنی گیاه اسطوخودوس(Lavender) می باشد . ترکیبات اصلی اسانس روغنی این گیاه شامل فنچون، لینالول،کمفورو لینالیل استات می باشد. مزیت اسانس روغنی گل اسطوخودوس ایرانی این است که تقریبا ۸۰ درصد اسانس روغنی از ترکیبات فنچون، لینالول،کمفورو لینالیل استات تشکیل شده است، درحالیکه اجزاء اصلی انواع خارجی آن یا شامل لینالول و لینالیل استات و یا شامل فنچون و کمفور می باشند.

هدف از این پروژه استخراج اسانس روغنی ازگل اسطوخودوس ایرانی با سیال فوق بحرانی که با دو روش استخراج به روش نیمه پیوسته و یک روش پیشنهادی جدید در این رساله تحت عنوان " استاتیک-دینامیک تناوبی" می باشد، همچنین از روش سوکسله به عنوان یک روش موازی جهت محاسبه بازده استخراج استفاده شده است. از طراحی فاکتوریال برای انتخاب سطوح پارامترها استفاده شد. شرایط بهینه استخراج به روش نیمه پیوسته از نظر دما، فشار، زمان استخراج دینامیک و استاتیک با استفاده از طراحی فاکتوریل پنج سطحی- چهار فاکتوری با روش طرح فاکتوریل جزیی (Central Composite Design) به ترتیب دمای ^{o}C ۴۹، فشار ۱۱۲ بار، زمان دینامیک ۱۲۳ دقیقه و زمان استاتیک ۲۲ دقیقه با درصد روغن استخراجی ۹۰ بدست آمد و همچنین شرایط بهینه استخراج برای روش استاتیک-دینامیک تناوبی از نظر دما، فشار و تعداد استاتیک-دینامیک تناوبی با استفاده از طراحی فاکتوریل سه سطحی- سه فاکتوری با روش باکس بنکن (Box-Behnkon) به ترتیب دمای ^{o}C ۴۹، فشار ۱۱۰ بار و تعداد استاتیک-دینامیک تناوبی ۱۵×۸ با درصد روغن استخراجی ۹۴/۴۲ بدست آمد. با توجه به نتایج، بازده استخراج روش استاتیک-دینامیک تناوبی بیشتر بوده و میزان مصرف حلال و مصرف انرژی پمپ و سردکننده گردشی نسبت به روش نیمه پیوسته ۲۵۰ درصد کاهش پیدا کرده است.

در روش نیمه پیوسته و روش استاتیک-دینامیک تناوبی R^2 تنظیم شده برای درصد روغن استخراجی به ترتیب۸۵/۱ و۹۸/۶ می باشد، که به این معنی است که، ناپایداری مدل های گسترش یافته به مدل های پیش بینی شده به ترتیب ۱۴/۹ و ۱/۴می باشد و ضرایب رگراسیون خطی R^2 برای درصد روغن استخراجی به ترتیب۹۲/۱ و ۹۵/۹ می باشد، که نشان دهنده اجرای خوبی از مدل می باشد.

مزیّت استخراج با سیال فوق بحرانی این است که استخراج در حداقل زمان انجام شده ، مقدار مصرفی حلال کم و سازگار با محیط زیست می‌باشد. ضمن اینکه راندمان آن با روش‌های سنّتی استخراج مانند سوکسله که با حلال نرمال هگزان که سمی، آتش زا، ناسازگار با محیط زیست و گران بوده قابل قیاس می‌باشد.

کلمات کلیدی: استخراج با سیال فوق بحرانی، گل اسطوخودوس، آزمایشات آماری، نیمه پیوسته، استاتیک-دینامیک تناوبی

فصل اول
مقدمه

تولید اسانس روغنی گیاهان جهت استفاده در صنایع دارو سازی، بهداشتی و آرایشی از دیر باز در کشورهای توسعه یافته رواج داشته، اما متاسفانه اکثر موارد مورد استفاده اسانس در صنایع داخل کشور با هزینه بالای ارزی تا کنون وارد می گردیده است .تاریخچه تولید مواد معطر در جهان به چندین قرن پیش می رسد و حدود صد سال است که شرکتهای بزرگ، اسانسها را با کیفیتی که بتوان در صنایع مختلف بهداشتی، آرایشی، غذایی و دارویی از آن استفاده کرد تولید می کنند و همزمان پروژه های تحقیقاتی بسیاری برای افزایش مرغوبیت محصولات خود انجام می دهند، و لیکن تا کنون ایران برای تامین اسانس مورد مصرف صنایع خود تنها وارد کننده این مواد با ارزش بوده و ارز قابل توجهی از کشور خارج شده است .

یکی از اسانسهای بسیار با ارزشی که علاوه بر خوش بو بودن به خاطر خواص ارزنده رایحه درمانی خود در صنایع مختلف بهداشتی، آرایشی، غذایی و دارویی کاربردهای فراوانی دارد، اسانس روغنی گیاه اسطوخودوس می باشد .

گیاه اسطوخودوس بوی بسیار مطبوعی دارد ولی طعم آن تلخ است و به علت بوی مطبوع فوق ا لذکردر صنایع عطر سازی مورد استفاده قرار می گیرد وهمچنین در صنایع دارو سازی از اسانس این گیاه برای تقویت معده ، پایین آوردن تب، تقویت سیستم دفاعی بدن، درمان سرفه، زکام ،تشنج و بیماریهای کبدی بسیار مفید است و همچنین

ادرار آور بوده و حافظه را تقویت می کند و برای رفع سر گیجه، بی خوابی، تپش قلب و آسم موثر است . همچنین کاربرد آن در بیماریهایی نظیر رماتیسم، آرتروز و نقرس در صنایع پزشکی و دارویی ذکر شده است .

با توجه به اهمیت اسانس گیاه اسطوخودوس، انجام یک طرح تحقیقاتی در راستای تولید این ماده با ارزش ضروری است. بر اساس مطالعات قبلی استخراج اسانس در شرایط محیط با حلالهای مایع نظیر هگزان گزارش شده است که به علت سمی و آتشگیر بودن این گونه حلالها ضرورت جداسازی اسانس از حلال با روشهای دیگر از قبیل ستون تقطیر در شرایط خلاء مطرح شده است که این روش نیز باعث افزایش هزینه های عملیات در واحد استخراج می شود . هزینه اولیه بالای حلال مایع، ضایعات آن در طی فرایند و همچنین سمی و آتش زا بودن حلال از دیگر مشکلات ذکر شده است. با توجه به موارد فوق الذکر، نیاز به تحقیق در خصوص روش موثر دیگری برای استخراج و تولید اسانس مورد نظر در صنایع بهداشتی و دارویی کشور احساس می گردد .

در این پایان نامه کارشناسی ارشد انجام آزمایشگاهی تولید اسا نس روغنی گیاه اسطوخودوس ایرانی با دی اکسید کربن فوق بحرانی مد نظر بود . روش استخراج با دی اکسید کربن فوق بحرانی پیشنهادی که هدف عمده در این پایان نامه است، دارای مزایایی بدین شرح است : ارزان بودن سیال فوق بحرانی، سمی و آتش گیر نبودن سیال، باقی نماندن سیال در اسانس بر خلاف حلال مایع ، باز یافت و جدا سازی ساده و بدون هزینه اسانس از سیال فوق بحرانی با کاهش فشار و استفاده مکرر از سیال با جریان برگشتی بدون ضایعات .

در بررسی آزمایشگاهی تولید اسانس روغنی اسطوخودوس با سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن با روش نیمه پیوسته و یک روش پیشنهادی جدید در این رساله تحت عنوان " استاتیک-دینامیک تناوبی" ، راندمان استخراج (میزان اسانس روغنی استخراجی به اسانس موجود در گل اسطوخودوس) و شرایط کارکرد ستون استخراج (درجه حرارت، فشار، زمان استخراج استاتیک و دینامیک) به منظور بهینه سازی فرایند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت .

فصل دوم
اسطوخودوس

۲-۱. اسطو خودوس[۱]

اسطوخودوس با نام علمی Lavandula angustifolia گیاهی از خانواده نعناعیان که منشا آن جنوب اروپا می باشد. اسطوخودوس از قرن سیزدهم در اروپا گسترش زیادی داشت و به طور فراوان از آن استفاده می شد و در ارتفاعات ۱۷۰۰ متری و در خاک های سبک شنی به طور خودرو رشد می کند.گیاهی چند ساله و خشبی است. ریشه اصلی آن طویل و چوبی است و انشعابات فراوانی دارد. ساقه آن قهوه ای و ضخیم می باشد. قسمت تحتانی ساقه دارای انشعابات زیادی بوده و گیاه به صورت متراکم و انبوه به نظر می رسد. ارتفاع گیاهان چند ساله به ۴۰ تا ۶۰ سانتی متر می رسد. برگ های آن به رنگ سبز تیره، نیزه ای شکل و به طور متقابل روی ساقه قرار گرفته اند. طول برگ ها ۳ تا ۵ و عرض ۰/۲ تا ۰/۵ سانتی متر است. برگ ها پوشیده از کرک و حفره، دارای اسانس[۲] هستند. گل ها در انتهای ساقه های گل دهنده به صورت خوشه های مجتمع قرار می گیرند. گل ها به رنگ آبی یا متمایل به بنفش است. میوه فندقه و به شکل تخم مرغ است.طول میوه ۲ میلی متر و رنگ قهوه ای تیره و براق دارد. اسانس در برگ ها و گل ها تولید و ذخیره می شود. اسانس گل ها در مقایسه با برگ ها از کیفیت مرغوب تری برخوردار است. گل ها از اواخر بهار ظاهر شده و گلدهی تا مرداد ماه ادامه می یابد. میزان اسانس در واحد وزن خشک برگ در تابستان بیشتر از زمستان است و عملکرد اسانس در برگ های بالایی در مقایسه با برگ های وسطی و پایینی گیاه، بیشتر می باشد. همچنین برگ های بالایی سرشار از ترکیبات کامفن و لیمونن هستند. خصوصیات اسانس روغنی اسطوخودوس در جدول۲-۱ آورده شده است. اسطوخودوس از گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک است. در طول رشد به نور فراوان و هوای گرم و رطوبت نیاز دارند. در این شرایط اسانس و همچنین کیفیت اسانس افزایش می یابد. رطوبت زیاد برای

---

[۱] Lavender
[۲] Essential Oil

این گیاه مناسب نیست. آبیاری زیاد سبب کاهش چشمگیر اسانس و ترکیبات تشکیل دهنده آن به مقدار ۳۰ تا ۵۰ درصد می شود. این گیاه از مرحله تشکیل گل قادر به تحمل خشکی است[۱].

جدول ۲-۱. خصوصیات اسانس روغنی اسطوخودوس

خصوصیات	توصیف
درصد استر	حداقل ۳۴ درصد
حالت	مایع
رنگ	بی رنگ یا زرد کم رنگ
بو	بوی گل اسطو خودوس
مزه	کمی تند
دانسیته نسبی در ۲۰درجه سانتیگراد	۰/۸۹۲-۰/۸۷۵
چرخش نوری	-11^{o} تا -3^{o}
ضریب شکست	۱/۴۵۸ -۱/۴۶۴
عدد اسیدی	حدود یک

اسطوخودوس در هر خاکی قادر به رشد بوده ولی خاک های سبک دارای ترکیبات کلسیم و غنی از مواد و عناصر غذایی بسیار مناسب هستند. pH خاک در محدوده ۸/۲-۶/۴ مناسب می باشد. بر اساس گزارش های مرکز تحقیقات گیاهان دارویی اصفهان این گیاه در خاک های آبرفتی و حتی آلوده به خوبی رشد می کند. مقاومت نسبی به شوری آب و خاک و همچنین تحمل به نور شدید امکان کشت آن در حاشیه آسفالت ها را میسر ساخته است[۴]. آلودگی فلزات سنگین میزان اسانس و عملکرد گل های تازه را تحت تاثیر قرار نمی دهند. غلظت فلزات سنگین در قسمت های مختلف گیاه به صورت زیر است:

کادمیم: ساقه = گل آذین = ریشه < برگ

سرب: ریشه < گل آذین = برگ < ساقه

مس: ساقه < گل آذین = برگ < ریشه

منگنز: ساقه < گل آذین = برگ < ریشه

روی: گل آذین < ساقه = برگ

آهن: گل آذین < ساقه < برگ < ریشه[۲].

۲-۲. ترکیبات موجود در اسانس روغنی اسطو خودوس:

اسانس روغنی گل اسطوخودوس از ۸۵ ترکیب مختلف تشکیل شده است[۳]:

۱) Tricyc۱ene, ۲)e-Thujene, ۳)α-Pinene, ۴)Camphene, ۵)Thuja-۲,۴(۱۰)-diene, ۶)Sabinene, ۷) α-Pinene, ۸) Octen-۳-o۱, ۹)۳-octanone, ۱۰)Myrcene, ۱۱)۳-octanol, ۱۲) α-phellandrene, ۱۳) δ-۳-carene, ۱۴)۱, ۴-Cineole, ۱۵) o-cymene, ۱۶) *p-cymene*, ۱۷) Limonene, ۱۸)۱, ۸-cineole, ۱۹) (Z)-β-ocimene, ۲۰)(E)-β-ocimene, ۲۱) γ-terpinene, ۲۲) trans-sabinene hydrate, ۲۳) cis-linalool oxide, ۲۴)Terpinolene, ۲۵)trans-linalool oxide, ۲۶)Perillene, ۲۷)Linalool, ۲۸) Endo-fenchol, ۲۹) octen-۳-yl acetate, ۳۰) cis-p-menth-۲-en-۱-ol, ۳۱) Norborneol acetate,

٣٢)α-Carnpholenal, ٣٣)trans-pinocarveol, ٣٤)Camphor, ٣٥)Hexyl-isobutyrate, ٣٦)Isobomeol, ٣٧)Sabina ketone, ٣٨)cis-chrysanthenol, ٣٩)٣-thujanol, ٤٠)Borneol, ٤١)Lavandulol, ٤٢)terpinen-٤-o١, ٤٣)m-cymen-٨-o١, ٤٤)p-cymen-٨-o١, ٤٥)Neoisomenthol, ٤٦)α-Terpineol, ٤٧)Hexy I butyrate, ٤٨)Myrtenol, ٤٩)Cis-carveol, ٥٠)Dihydro carveol, ٥١)Isobornyl formate, ٥٢)Hexyl-٢-methyl butyrate, ٥٣)Cumin aldehyde , ٥٤)Carvone, ٥٥)Linalyl acetate , ٥٦)Dihydro linalool acetate, ٥٧)Bomyl acetate, ٥٨)Lavandulyl acetate, ٥٩)Carvacrol , ٦٠)Hexyl tiglate, ٦١)Neo-isopulegol, ٦٢)Neryl acetate, ٦٣)α-Copaene, ٦٤)Daucene, ٦٥)Geranyl acetate, ٦٦)β-Bourbonene, ٦٧)α-Cedrene, ٦٨)*α-cis*-bergamotene, ٦٩)Ecaryophyllene, ٧٠)Lavandulyl isobutyrate, ٧١)α-trans-bergamotene, ٧٢)(E)-β-farnesene, ٧٣)Gennacrene D, ٧٤)Bicyclogermacrene, ٧٥)α-Bulnesene, ٧٦)Lavandulyl isovalerate, ٧٧)trans-γ-cadinene, ٧٨)δ-Cadinene, ٧٩)Spathulenol, ٨٠)Globulol, ٨١)Epicubenol, ٨٢)α-Muurolol, ٨٣)α-Cadinol, ٨٤)Bisabolol oxide B, ٨٥)α-bisabolol

در شکل٢-١ کروماتوگرام حاصل از مواد مختلف موجود در اسانس روغنی اسطو خودوس نشان داده شده است.
اجزای اصلی اسانس روغنی اسطوخودوس عبارتند از:

Fenchone, Camphor, linalool, linalyl acetate

که لینالول و لینالیل استات مصارف بهداشتی و فنچون و کمفور مصارف دارویی دارند.

٢-٣. کاربردهای اسانس روغنی اسطوخودوس

اسانس این گیاه یکی از ترکیبات اصلی برای فراورده های دارویی، بهداشتی و آرایشی است و در تولید ادکلن، عطر، صابون و شامپو کاربرد زیادی دارد. اسانس این گیاه خاصیت ضد باکتریایی دارد و در تمام فارماکوپه های معتبر گل های این گیاه به عنوان دارو ذکر شده است.در حال حاضر از اسانس روغنی اسطوخودوس در موارد ضعف اعصاب، طپش قلب، لارنژیت، نقرس، رماتیسم، خون مردگی، در رفتگی، میگرن، مبتلایان به ناراحتی های عصبی، تشنج، سوء هاضمه، زکام، برونشیت، تنگی نفس، سیاه سرفه، درمان کمر، کاهش درد در جراحی های سرپایی، خشک کردن رطوبتهای مزمن رحم و خوش بو کردن آن، ضد کرم و باکتری کش، باز کننده گرفتگی ها، محرک، مسکن، خواب آور، و دارای اثرات مقوی معده و کبد و طحال، معرق، صفرابر، بادشکن و.. به کار می رود. تغذیه گل های این گیاه بوسیله زنبور عسل نه تنها در کیفیت عسل تولیدی موثراست بلکه سبب افزایش عملکرد عسل نیز می گردد. به دلایل ذکر شده این گیاه به طور وسیع در کشور های فرانسه، روسیه، بلغارستان، ژاپن و مجارستان کشت می شود و همچنین در ایران در استانهای یزد و اصفهان با مرغوبیت بالایی تولید می گردد[۴].