

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ชาญศักดิ์ คำมาตร. 2538. กราฟต์โคโพลิเมอร์ของยางธรรมชาติด้วยเมทิลเมทาคริเลตในคาร์บอนไดออกไซด์สภาวะเหนือวิกฤต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ จิระธรรมจารี. 2535. ศึกษาวิธีการสกัดและการสลายตัวของสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดา. รายงานค้นคว้าการวิจัย. กองวัดภูมิพิษการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร
- _____. 2536. สะเดา สารธรรมชาติทางการเกษตร. กองวัดภูมิพิษการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.
- บงกชรัตน์ ปิตยนต์. 2534. การศึกษาปริมาณอะซาดิแรคตินจากส่วนต่างๆของสะเดา 3 สายพันธุ์ในแหล่งปลูกต่างกัน. รายงานค้นคว้าวิจัย. กองวัดภูมิพิษการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.
- วิชาการเกษตร, กรม. 2537. สะเดาพืชป้องกันและกำจัดแมลงจากธรรมชาติ. กองวัดภูมิพิษการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. 18 หน้า.
- ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2537. การใช้สารสกัดจากสะเดาป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช. กองป้องกันและกำจัดศัตรูพืช. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สุพรรณบุรี: 34 หน้า.

ภาษาอังกฤษ

- Andrea,A.D., and Femi,D. 1994. Practice Oriented Results on use and Production of Neem Ingradients and Pheromones. Proceedings 3 rd Germany Workshop. pp.115-123
- Brogie,H. 1982. CO₂ as a Solvent : Its Properties and Applications. Chemistry and Industry.12: 385-389.
- Charpentier,B.A.,and Sevenants,M.R.1988. Supercritical Fluid Extraction and Chromatography Techniques and Applications. ACS Symposium Series 366, Washing, DC.
- Chouchi,D.,and Barth,D.1995. Supercritical CO₂ Desorpt of Bergamo Peel oil. Ind.Eng.Chem. 34 : 4508-4513.
- Dobbs,J.M.,Wong,T.M., Lahiers,R.J.,and Johnston,K.P. 1987. Modification of Supercritical Fluid Phase Behavior using Polar Cosolvents. Ind.Eng.Chem.Res. 26(1) : 56-65.
- Filippi,D.F. 1982. CO₂ as a Solvent : Application to Fats and other Materials. Chemistry and Industry. 12 : 390-393.
- Gitterman,M., and Procaccia,I. 1983. Quantitative Theory of Solubility in Supercritical Fluids. J.Chem.Phy. 78(5) : 2648-2654.
- Huang,H.P., and Morgan,E.D. 1990. Analysis of Azadirachtin by Supercritical Fluid Chromatography. J.of Chromatography. 519 : 137-143.
- McHugh,M., and Krukonis,V.J. 1986. Supercritical Fluid Extraction Principles and Practice. Butterworth Publishers,Stoneham,M.A.
- Moyler,D.A. 1988. Liquid Extraction in the Flavour and Fragrance Industries.Chemistry and Industry. 20(Oct) : 660-662.
- Schultz,W.G., and Randall,J.M. 1970. Liquid Carbon Dioxide for Selective Aroma Extraction. Food Technology. 24(11) : 94-98.
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C. 1976. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic. 3rd edition. New York : McGraw-Hill.
- Srinivasan,M.P., and Smith,J.M., and Mecoy,B.J. 1990. Supercritical Fluid Desorption from Activated Carbon. Chemical Engineering Science. 45(7) : 1885-1895.
- Sundaram,K.M.S.,and Curry,J. 1993. High Performance Liquid Chromatographic Method For The Analysis of Azadirachtin in two Commercial Formulations and Neem oil. J. Environ.Sci.Health. 28(2) : 221-241.

Tan,C.S., and Liou,D.C. 1989. Modeling of Desorption at Supercritical Condition. JAIChE.
35(6) : 1029-1031.

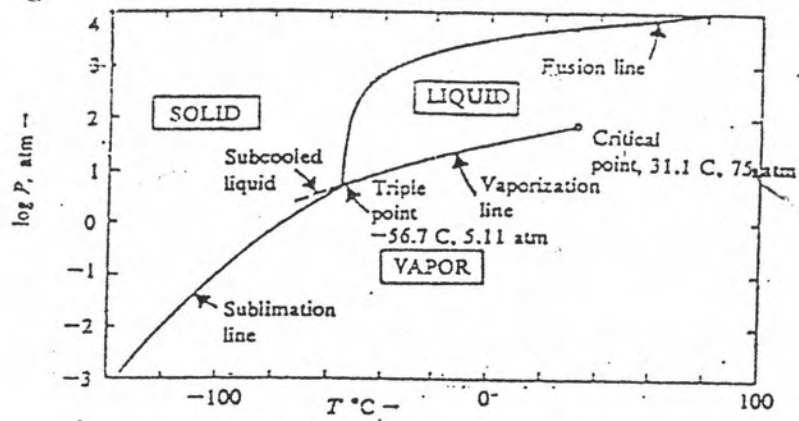
Vietmeyer,N.D.,ed. 1992. Neem : A Tree for Solving Global Problems. Washington,D.C. :
National Academy Press.

Williams,D.F. 1981. Extraction with Supercritical Gases. Chemical Engineering Science.
36(11) : 1769-1788.

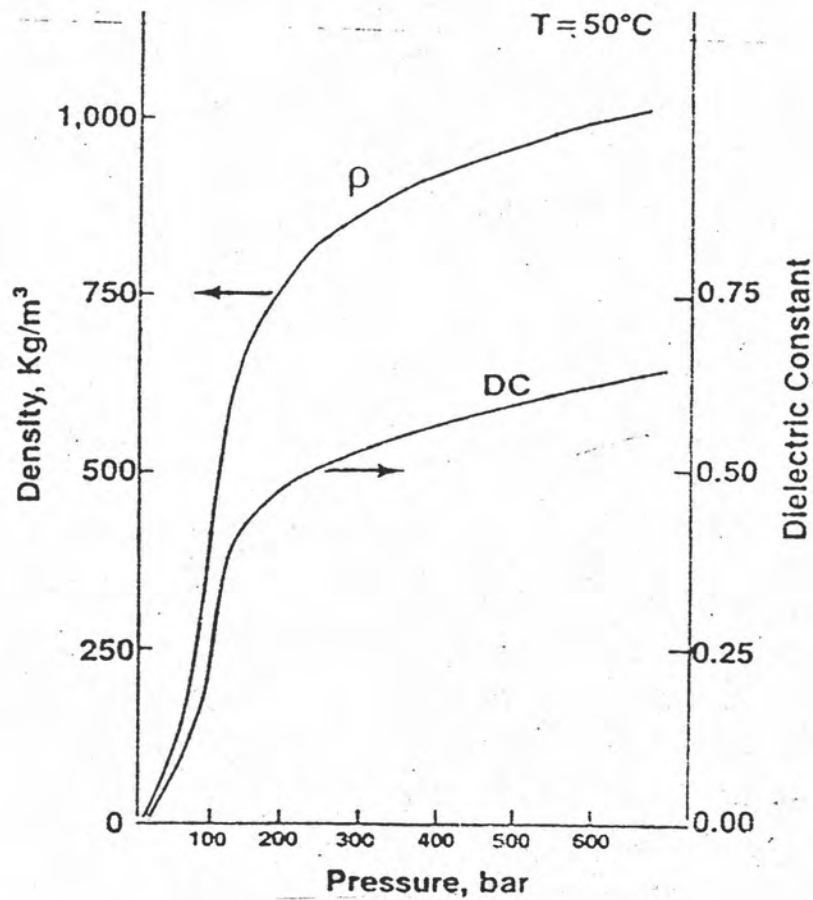
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ ก.1 แผนผังวัฏภาคของคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ ก.2 ผลของความดันที่มีต่อความหนาแน่นและค่าคงที่ไดอิเล็กทริก

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์อะซาดิแรคตินด้วยเครื่องHPLC

การหาปริมาณอะซาดิแรคตินที่มีอยู่ในเนื้อใบเมล็ดสะเดา

เตรียมสารละลายมาตรฐานอะซาดิแรคติน-เอของบริษัท Sigma Chemical ความบริสุทธิ์ ร้อยละ 95 ซึ่งนำหนักอะซาดิแรคติน-เอ 1 มิลลิกรัม ละลายในเมทานอลเกรดสำหรับHPLC ปรับ ปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตรจะได้ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เพื่อใช้เป็น stock solution ทำการปิเปตมา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลเกรด HPLC ให้ได้ 10 มิลลิลิตร (จะได้ ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบกับสารตัวอย่างที่จะ วิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับชนิดของสารตัวอย่าง งานวิจัยนี้สารตัวอย่างอยู่ ในรูปสารละลายเมทานอลสามารถนำมาใช้ได้โดยตรง กรองผ่านตัวกรอง cellulose acetate ขนาด 0.45 μm ก่อนฉีดเข้าเครื่องทุกครั้ง และเจือจางให้สารละลายตัวอย่างอยู่ในความเข้มข้นที่เหมาะสม (ลักษณะการแยกของยอดกราฟที่ต้องการแยกอย่างชัดเจน ไม่เกิดการซ้อนกันของยอดกราฟ) เพื่อ ยืดอายุการใช้งานของคอลัมน์ ก่อนและหลังทำการวิเคราะห์ต้องทำความสะอาดระบบการทำงาน ของเครื่องทุกครั้ง และฉีดสารละลายมาตรฐานอย่างน้อย 1 ครั้งต่อวัน

ภาวะการทดลองเครื่องHPLC model HP 1090 บริษัท Hewlett-Packard ระบบการฉีด แบบอัตโนมัติ มีดังนี้

Column	Spherisorb ODS-II 244x4 mm; 5 μm
Mobile Phase	Acetonitrile : H ₂ O = 40 : 60
Flow Rate	1 ml/min
Detection	UV 210 nm
Injection Volume	15 μl

ในการวิเคราะห์ เริ่มด้วยการฉีดสารละลายมาตรฐานอะซาดิแรคติน-เอ ความเข้มข้น 10. ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (10 ppm) ปริมาตร 15 ไมโครลิตร หลังจากนั้นจึงทำการฉีดสารตัวอย่าง ปริมาตรเท่ากัน เพื่อสะดวกในการคำนวณ สารตัวอย่างที่มีค่า Retention time เท่ากันหรือใกล้เคียง

กับสารมาตรฐาน เครื่องจะคำนวณในรูปของความสูงของยอดกราฟ และเทียบค่าปริมาณสารตัวอย่างในหน่วยของความเข้มข้นไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ppm) ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาปริมาณอะซาดิแรคติน-เอที่มีอยู่ในตัวอย่างได้

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LIN\STDO21.D

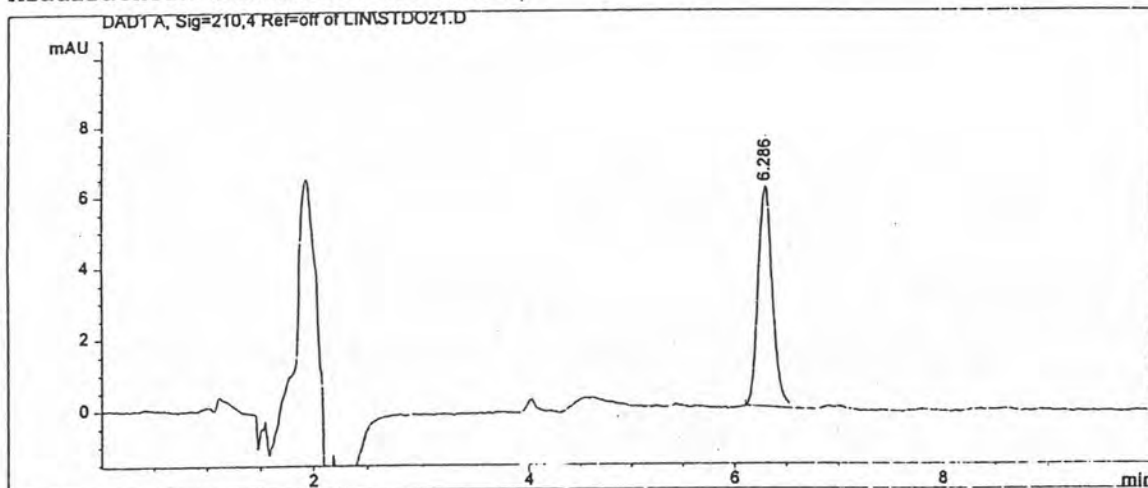
Sample Name: STDO21

STD of Azadirachtin A 10 ppm. Prepared on Oct/21/95. Flow
1 ml/min. Pressure = 150 bar.

```
=====
Acq. Method      : NEEM.M                      Seq. Line : -
Acq. Operator    : SUWANDEE                   Vial      : 100
Injection Date   : 10/21/95 10:20:01 AM       Inj       : -
Sample Name      : STDO21                     Inj Volume: 15 µl
=====
```

Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\NEEM.M
(modified after loading)

Azadirachtin determination method



External Standard Report

Sorted by Retention Time

Calib. Data Modified : Saturday, October 21, 1995 1:45:30 PM
Multiplier : 1.000000
Uncalibrated Peaks : using compound Azadirachtin A

Signal 1: DAD1 A, Sig=210,4 Ref=off

RT [min]	Sig	Type	Height [mAU]	Amt/Height	Amount [ppm]	Grp	Name
6.286	1	BB	6.18758	1.61614	10.00000		Azadirachtin A

Totals : 10.00000

รูปที่ ข.1 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานอะซาดิแรคติน-เอ

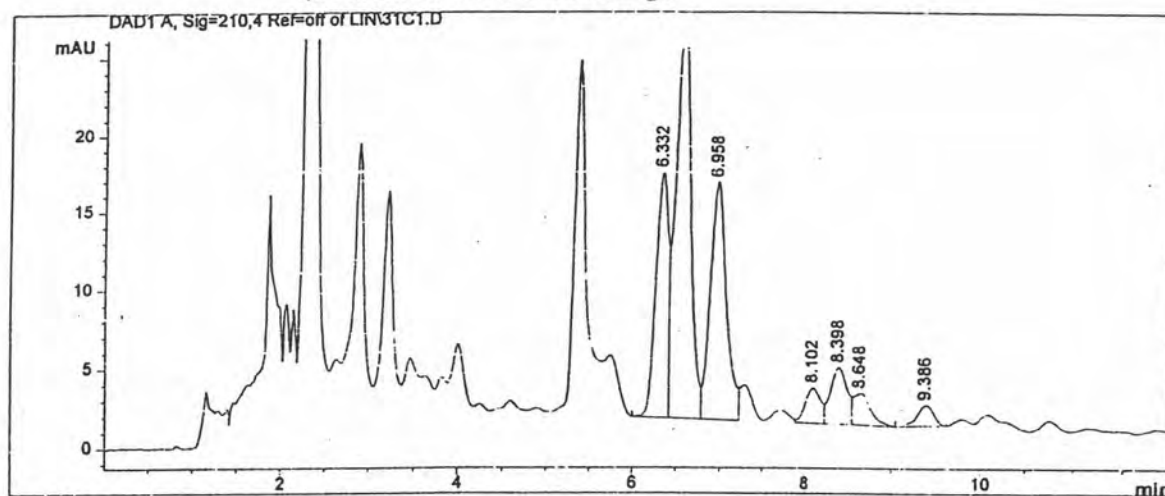
Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LIN\31C1.D

Extraction Azadirachtin A With CO-2.By SFX-220 Extra
 ctor.T = 35 c , P = 340 bar.

```

=====
Acq. Method      : NEEM.M                      Seq. Line : -
Acq. Operator    : SUWANDEE                   Vial      : 6
Injection Date   : 1/12/96 12:05:20 PM       Inj       : -
Sample Name      : 31C1                       Inj Volume: 15 µl
  
```

Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\NEEM.M
 (modified after loading)



External Standard Report

```

Sorted by Retention Time
Calib. Data Modified : Friday, January 12, 1996 9:14:28 AM
Multiplier          : 1.000000
Uncalibrated Peaks  : using compound Azadirachtin A
  
```

Signal 1: DAD1 A, Sig=210,4 Ref=off

RT [min]	Sig	Type	Height [mAU]	Amt/Height	Amount [ppm]	Grp	Name
6.332	1	BV	15.69747	1.66519	26.13922		Azadirachtin A
6.553	1	VV	26.67994	1.66519	44.42709		?
6.958	1	VV	15.16840	1.66519	25.25823		?
8.102	1	VV	2.20563	1.66519	3.67278		?
8.398	1	VV	3.55367	1.66519	5.91752		?
8.648	1	VB	1.98138	1.66519	3.29937		?
9.386	1	BV	1.30539	1.66519	2.17372		?

Totals : 110.88793

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\LIN\STDO21.D

Sample Name: STDO21

```

=====
External Standard Report
=====

```

Sorted by Retention Time

```

Calib. Data Modified :    Thursday, November 23, 1995 2:17:38 PM
Multiplier           :    1.000000
Uncalibrated Peaks   :    using compound Azadirachtin A

```

Signal 1: DAD1 A, Sig=210,4 Ref=off

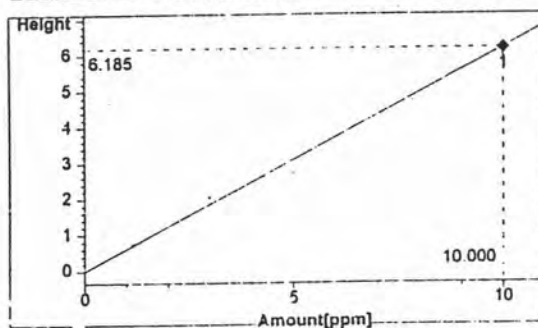
RT [min]	Sig	Type	Height [mAU]	Amt/Height	Amount [ppm]	Grp	Name
6.286	1	BB	6.18481	1.61687	10.00000		Azadirachtin A

Totals : 10.00000

```

=====
Calibration Curves
=====

```



```

Azadirachtin A at exp. RT: 6.286
DAD1 A, Sig=210,4 Ref=off
Correlation:           1.00000
Residual Std. Dev.:   0.00000
Formula: y = mx + b
m: 6.18481e-1
b: 0.00000
x: Amount
y: Height

```

```

=====
Instrument Conditions:  At Start  At Stop
Temperature:           40.0      39.8 °C
Pressure:              144.0     150.0 bar
Flow:                  1.0       1.0 ml/min

```

```

Solvent Description :
LC, Solvent A       : water
LC, Solvent C1      : Acetonitrile

```

รูปที่ ข.2 โครมาโตแกรมของอะซาดิแรคตินที่สกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพ
ของไหลเหนือจุดวิกฤต ความดัน 340 บาร์ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 ปริมาณน้ำมันสะเคากับเวลาที่สกัดด้วยเฮกเซน
การสกัดในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบถังกวน ค่า Re เท่ากับ 1600
เนื้อในเมล็ดสะเคา 10 กรัมใช้เฮกเซน 100 มิลลิลิตร

เนื้อในเมล็ดสะเคา กรัม	เวลาสกัด นาที	น้ำมันสะเคา กรัม	ร้อยละน้ำมันสะเคา
10.0101	10	2.2026	22.0038
10.1538	20	2.4750	24.3751
10.1026	30	2.5869	25.6063
10.0032	40	2.7834	27.8251
10.1221	60	2.9911	29.5502
10.0253	90	3.0194	30.1178
10.0769	120	3.0578	30.3446
10.0842	180	3.0015	29.7644
10.1148	240	3.0986	30.6343
10.0511	300	3.0095	29.9420
10.0794	360	3.0395	30.1198

ตารางที่ ค.2 ปริมาณอะซาดิแรคตินกับเวลาที่สกัดด้วยเมทานอล
 การสกัดในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบถังกวน ค่า Re เท่ากับ 1600
 เนื้อในเมล็ดสะเดา 10 กรัม ใช้เมทานอล 100 มิลลิลิตร

เนื้อในเมล็ดสะเดา กรัม	เวลา นาที	ปริมาณอะซาดิแรคตินที่สกัดได้	
		ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด
10.1221	10	18.1325	177.3
	20	28.4562	275.5
	30	38.9629	373.4
	60	48.0505	455.7
	90	50.1114	470.3
	120	51.0686	474.3
	150	52.7708	484.8
	180	52.5351	477.5
	210	53.4961	480.9
	240	54.1677	481.6

ตารางที่ ค.3 การสกัดอะซาดิแรคตินด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพของไหลเหนือจุดวิกฤต

อุณหภูมิ °ซ	ความดัน บาร์	เวลา ชม	เนื้อในเมล็ด กรัม	อะซาดิแรคติน		อะซาดิแรคตินสะสม ไมโครกรัม/กรัม เนื้อในเมล็ด
				ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัม เนื้อในเมล็ด	
35	90	1	4.7663	-	-	-
		2		-	-	-
		3		-	-	-
		4		-	-	-
		5		-	-	-
		6		0.1612	0.2	0.2
		7		0.2457	0.4	0.6
35	140	1	4.7225	0	-	-
		2		0	-	-
		3		0	-	-
		4		0.1873	0.3	0.3
		5		0.1681	0.2	0.5
		6		0.1549	0.2	0.7
		7		0.2453	0.4	1.1
35	240	1	4.7915	4.3218	6.3	6.3
		2		9.1723	13.4	19.7
		3		11.1573	16.3	36.0
		4		12.0008	17.5	53.5
		5		12.2525	17.9	71.4
		6		12.4579	18.2	89.6
		7		12.4377	18.2	107.8
35	340	1	4.8805	4.2104	6.0	6.0
		2		10.6703	15.3	21.3
		3		11.7412	16.8	38.3

(ต่อ)

อุณหภูมิ °ซ	ความดัน บาร์	เวลา ซ.ม	เนื้อในเมล็ด กรัม	อะซาดิแรคติน		อะซาดิแรคตินสะสม ไมโครกรัม/กรัม เนื้อในเมล็ด
				ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัม เนื้อในเมล็ด	
35	340	4	4.8805	17.8416	25.6	6.38
		5		18.4587	26.4	9.02
		6		23.1254	33.2	12.34
		7		26.1392	37.5	16.09
45	90	1	4.6792	-	-	-
		2		-	-	-
		3		-	-	-
		4		-	-	-
		5		-	-	-
		6		0.1532	0.2	0.2
		7		0.3542	0.5	0.7
45	140	1	4.7890	-	-	-
		2		-	-	-
		3		-	-	-
		4		-	-	-
		5		0.0814	0.1	0.1
		6		0.1154	0.2	0.3
		7		0.2549	0.4	0.7
45	240	1	4.8322	3.1132	4.5	4.5
		2		5.2510	7.6	12.1
		3		10.2356	14.8	26.9
		4		4.8896	7.1	34.0
		5		6.5269	9.5	43.5
		6		10.9875	15.9	59.4
		7		12.1392	17.6	77.0

(ต่อ)

อุณหภูมิ °ซ	ความดัน บาร์	เวลา ช.ม.	เนื้อในเมล็ด กรัม	อะซาดิแรคติน		อะซาดิแรคตินสะสม
				ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัม เนื้อในเมล็ด	ไมโครกรัม/กรัม เนื้อในเมล็ด
45	340	1	4.6775	4.4527	6.7	6.7
		2		7.9902	11.9	18.6
		3		13.0260	19.5	38.1
		4		15.4312	23.1	61.2
		5		16.5001	24.7	85.0
		6		18.4820	27.6	113.6
		7		17.2543	25.8	139.4
55	90	1	4.7027	-	-	-
		2		-	-	-
		3		-	-	-
		4		-	-	-
		5		-	-	-
		6		-	-	-
		7		-	-	-
55	140	1	4.7344	-	-	-
		2		-	-	-
		3		-	-	-
		4		-	-	-
		5		-	-	-
		6		-	-	-
		7		0.2108	0.3	0.3
55	240	1	4.6593	0.1558	0.2	0.2
		2		2.1244	3.2	3.4
		3		4.2876	0.64	9.8
		4		9.4258	14.2	24.0
		5		8.2503	17.4	36.4

(ต่อ)

อุณหภูมิ °ซ	ความดัน บาร์	เวลา ช.ม.	เนื้อในเมล็ด กรัม	อะซาดิแรคติน		อะซาดิแรคตินสะสม
				ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัม เนื้อในเมล็ด	ไมโครกรัม/กรัม เนื้อในเมล็ด
55	240	6	4.6593	11.1206	16.7	53.1
		7		10.0126	15.1	68.2
55	340	1	4.9463	3.7854	5.4	5.4
		2		6.1458	8.7	14.0
		3		9.9876	14.1	28.2
		4		11.1060	18.6	43.9
		5		15.4579	21.9	65.8
		6		15.4798	21.9	87.7
		7		13.8600	19.6	107.3

ตารางที่ 4 การสกัดอะซาดิแรคตินด้วยคาร์บอนไดออกไซด์กับตัวทำละลายร่วม
ชนิดต่างๆ ความดัน 80 บาร์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ตัวทำละลายร่วม	เนื้อในเมล็ด กรัม	เวลา นาที	อะซาดิแรคติน		ปริมาณ CO ₂ ที่วัดได้ ลิตร
			ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด	
เมทานอล	10.0009	30	89.2256	446	63.20
	10.1001	60	134.6710	667	62.15
	10.0003	90	152.3124	761	62.65
	10.2158	120	160.4334	785	64.90
เอทานอล	10.2020	30	70.8067	347	58.10
	10.0487	60	93.9411	467	59.45
	10.1326	90	106.8357	527	59.90
	10.0040	120	120.9084	604	60.55
น้ำ	10.2122	30	8.1672	40	45.55
	10.0002	60	11.7811	59	43.07
	10.1234	90	16.5852	82	43.21
	10.1015	120	26.2609	130	44.73

ตารางที่ค.5 การสกัดอะซาดิแรคตินด้วยคาร์บอนไดออกไซด์กับตัวทำละลายร่วม
เมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ความดัน 80 บาร์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

อัตราส่วน เมทานอล	เนื้อในเมล็ด กรัม	เวลา นาทื	อะซาดิแรคติน		ปริมาณ CO ₂ ที่วัดได้ ลิตร
			ไมโครกรัม / มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด	
1 ต่อ 3 (กรัม/มิลลิลิตร)	10.0246	30	120.7976	362	67.56
	10.2243	60	135.2634	397	67.80
	10.0090	90	141.8163	425	67.30
	10.1239	120	148.6738	440	68.14
1 ต่อ 5 (กรัม/มิลลิลิตร)	10.0009	30	89.2256	446	63.20
	10.1001	60	134.6710	667	62.15
	10.0003	90	152.3124	761	62.65
	10.2158	120	160.4334	785	64.90
1 ต่อ 10 (กรัม/มิลลิลิตร)	10.0052	30	53.6678	536	56.45
	10.0007	60	69.2438	692	56.82
	10.0103	90	79.0180	789	57.88
	10.0063	120	81.2222	812	58.76

ตารางที่ค.6 การสกัดอะซาดิแรคตินด้วยคาร์บอนไดออกไซด์กับเมทานอลอัตราส่วนสะเคา
ต่อเมทานอล 1 กรัมต่อ 5 มิลลิลิตร ความดัน40- 80 บาร์ อุณหภูมิ 10-40 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ °ซ	ความดัน บาร์	เนื้อในเมล็ด กรัม	เวลา นาที	อะซาดิแรคติน		ปริมาณ CO ₂ วัดได้ ลิตร
				ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด	
10	40	10.2003	30	69.2934	340	29.50
		10.2346	60	87.6632	428	29.95
		10.1191	90	105.5700	522	31.45
		10.0035	120	105.3368	526	31.40
10	60	10.2537	30	70.6807	345	43.80
		10.0519	60	87.1667	434	44.75
		10.1546	90	109.0776	537	44.65
		10.1206	120	113.8144	562	44.85
10	80	10.0429	30	82.4028	410	70.15
		10.0119	60	94.7377	473	70.25
		10.1358	90	126.4343	624	70.30
		10.2160	120	136.3614	667	70.95
20	40	10.0354	30	75.3091	375	22.98
		10.0097	60	83.0603	415	23.81
		10.1655	90	106.6032	524	23.38
		10.0165	120	123.2583	615	23.52
20	60	10.0519	30	78.8330	392	38.46
		10.0088	60	98.7772	494	38.35
		10.0034	90	116.3168	581	39.49
		10.0182	120	131.8653	658	39.62

(ต่อ)

อุณหภูมิ °ซ	ความดัน บาร์	เนื้อในเมล็ด กรัม	เวลา นาที	อะซาดิแรคติน		ปริมาณ CO ₂ วัดได้ ลิตร
				ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด	
20	80	10.0246	30	84.6139	420	65.10
		10.2243	60	123.7614	605	66.84
		10.009	90	135.1710	675	67.52
		10.1239	120	143.1160	707	66.90
30	40	10.0518	30	84.0824	418	19.99
		10.0532	60	111.0714	552	20.77
		10.0531	90	118.9461	592	21.12
		10.0040	120	127.4970	637	21.38
30	60	10.0016	30	87.1667	436	40.13
		10.0002	60	114.8015	574	41.20
		10.0038	90	122.9945	615	41.47
		10.3292	120	144.2778	698	41.85
30	80	10.0009	30	89.2256	446	62.18
		10.2199	60	135.8589	661	64.00
		10.0003	90	152.2134	761	63.64
		10.2158	120	160.4334	785	64.90
40	40	10.1021	30	78.2158	387	17.31
		10.0026	60	108.5236	542	17.54
		10.0094	90	111.2387	556	17.95
		10.01825	120	114.4596	571	17.89

(ต่อ)

อุณหภูมิ °ซ	ความดัน บาร์	เนื้อในเมล็ด กรัม	เวลา นาที	อะซาดิแรคติน		ปริมาณ CO ₂ ที่วัดได้ ลิตร
				ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	ไมโครกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด	
40	60	10.1334	30	80.9124	399	34.85
		10.1172	60	112.8507	558	35.52
		10.1005	90	118.7863	588	35.47
		10.1251	120	122.5241	605	35.90
60	80	10.1245	30	87.1460	430	59.75
		10.0231	60	123.6158	617	59.24
		10.1789	90	135.6272	666	61.27
		10.2936	120	141.7094	688	62.83

ตารางที่ ค.7 การชะละลายอะซาดิแรคตินออกจากถ่านกัมมันต์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์
ในสภาพของไหลเหนือวิกฤต

ถ่านกัมมันต์ กรัม	เวลา ช.ม.	ปริมาณอะซาดิแรคตินที่ชะละลายออกจากถ่านกัมมันต์			
		ไมโครกรัม /มิลลิลิตร	ไมโครกรัม	น้ำหนักสะสม (ไมโครกรัม)	ร้อยละชะละลาย
3.0257 (90 บาร์ 35 °ซ) เริ่มที่ 6.5 ช.ม.	6.5	0.14390	0.07	0.7	0.07
	7.0	0.2208	0.18	1.8	0.18
	0-6	0			
3.0326 (240 บาร์ 35 °ซ)	0.5	0	0	0	0
	1.0	4.1525	20.8	20.8	2.02
	1.5	6.6140	33.0	53.8	5.23
	2.0	10.8863	54.4	108.3	10.52
	2.5	13.3774	66.9	175.2	17.03
	3.0	11.0512	55.3	230.4	22.40
	3.5	10.8416	54.2	284.6	27.68
	4.0	8.1638	40.8	325.4	31.64
	4.5	6.7980	33.9	359.4	34.94
	5.0	5.3187	26.6	386.0	37.52
	5.5	4.8394	24.2	410.2	39.88
	6.0	5.5267	27.6	437.8	42.56
	6.5	3.0030	15.0	452.9	44.02
7.0	2.4341	12.2	465.0	45.20	
3.0938 (340 บาร์ 35 °ซ)	0.5	0	0	0	0
	1.0	6.0425	30.2	30.2	2.88
	1.5	7.8890	39.4	69.7	6.64
	2.0	13.0002	65.0	134.7	12.84
	2.5	15.9909	79.9	214.6	20.45
	3.0	13.4840	67.4	282.0	26.88
	3.5	10.5244	77.6	334.7	31.89

(ต่อ)

ถ่านกัมมันต์ กรัม	เวลา ช.ม.	ปริมาณอะซาดินเรคตินที่ถูกชะละลายออกจากถ่านกัมมันต์			
		ไมโครกรัม /มิลลิลิตร	ไมโครกรัม	น้ำหนักสะสม (ไมโครกรัม)	ร้อยละชะละลาย
(340บาร์ 35°ซ)	4.0	9.7699	83.9	383.5	36.54
	4.5	7.0399	65.2	418.7	39.90
	5.0	6.4915	57.5	451.2	42.99
	5.5	6.7505	38.8	484.9	46.20
	6.0	4.6172	28.0	508.0	48.40
	6.5	3.8917	29.5	527.5	50.26
	7.0	1.3114	6.6	534.0	50.89
3.0071 (240บาร์ 45°ซ)	0.5	0	0	0	0
	1.0	3.8754	19.4	19.4	1.84
	1.5	6.5078	32.5	51.9	4.93
	2.0	10.5677	57.5	104.8	10.27
	2.5	14.4166	72.0	176.8	17.34
	3.0	10.8143	54.1	230.9	22.64
	3.5	10.8553	52.6	283.6	27.80
	4.0	8.2197	41.1	324.7	31.83
	4.5	5.5123	27.6	352.2	34.53
	5.0	5.6015	28.0	380.2	37.28
	5.5	4.1600	20.8	410.0	39.32
	6.0	4.3712	21.9	422.9	41.46
	6.5	2.6345	13.2	436.0	42.75
7.0	1.1757	5.9	442.0	43.32	
3.1301 (340บาร์ 45°ซ)	0.5	0	0	0	0
	1.0	0	0	0	0
	1.5	4.8574	24.3	24.3	2.29

(ต่อ)

ถ่านกัมมันต์ กรัม	เวลา ช.ม.	ปริมาณอะซาดิแรคตินที่ถูกชะละลายออกจากถ่านกัมมันต์			
		ไมโครกรัม /ลิตร	ไมโครกรัม	น้ำหนักสะสม (ไมโครกรัม)	ร้อยละชะละลาย
(340บาร์ 45°ซ)	2.0	13.5757	67.9	128.4	12.10
	2.5	14.1746	70.9	199.2	18.78
	3.0	10.1123	50.7	249.9	23.53
	3.5	9.8553	49.3	299.2	28.18
	4.0	8.3078	41.5	340.7	32.09
	4.5	9.1404	45.7	386.4	36.39
	5.0	8.1063	40.6	426.9	40.21
	5.5	7.1882	35.9	462.9	43.60
	6.0	5.1851	25.9	488.8	46.04
	6.5	2.5933	13.0	501.8	47.26
7.0	2.4185	12.1	513.9	48.40	
3.1549 พ240บาร์ 55°ซ)	0.5	0	0	0	0
	1.0	0	0	0	0
	1.5	5.3214	26.7	26.7	2.53
	2.0	10.5092	52.6	79.2	7.40
	2.5	10.3792	51.9	131.0	12.25
	3.0	12.4089	62.0	193.0	18.04
	3.5	8.6517	43.3	236.0	22.09
	4.0	8.3568	41.8	278.1	25.99
	4.5	6.0004	33.0	311.1	29.07
	5.0	5.8682	29.3	340.5	31.82
	5.5	6.9925	35.0	375.40	35.085
	6.0	5.1527	25.8	401.2	37.49
6.5	2.4921	12.5	413.7	38.66	
7.0	2.5487	12.8	426.4	39.85	

(ต่อ)

ถ่านกัมมันต์ กรัม	เวลา ช.ม.	ปริมาณอะซาดิแรคตินที่ถูกชะละลายออกจากถ่านกัมมันต์			
		ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม	น้ำหนักสะสม ไมโครกรัม	ร้อยละชะละลาย
3.0468	0.5	0	0	0	0
(340บาร์ 55°ซ)	1.0	4.5025	25.1	25.1	21.9
	1.5	7.2547	36.3	58.8	26.9
	2.0	12.1919	61.0	119.8	11.59
	2.5	13.4503	67.1	186.8	18.08
	3.0	11.3349	56.7	243.5	23.56
	3.5	8.0498	40.2	283.8	27.46
	4.0	7.9117	49.6	333.3	32.25
	4.5	6.6601	33.3	366.7	35.48
	5.0	7.9478	39.7	406.4	38.84
	5.5	6.3403	31.7	438.10	41.425
	6.0	5.3632	26.8	464.9	43.54
	6.5	3.9131	19.6	484.5	44.46
	7.0	0.2566	1.3	485.8	44.58

ตารางที่ ก.8 การลดลงของอะซาดิเรคตินในถ่านกัมมันต์ที่เวลาต่างๆ

เวลา ช.ม.	ปริมาณอะซาดิเรคตินที่อยู่ในถ่านกัมมันต์(ไมโครกรัม)					
	ความดัน 240 บาร์			ความดัน 340 บาร์		
	35 °ซ	45 °ซ	55 °ซ	35 °ซ	45 °ซ	55 °ซ
0	1028	1020	1071	1049	1061	1033
0.5	1028	1020	1071	1049	1061	1033
1.0	1007	1006	1071	1019	1037	1010
1.5	974	968	1044	979	1001	974
2.0	920	915	991	914	933	913
2.5	853	843	939	834	862	846
3.0	798	789	877	767	811	789
3.5	744	736	834	714	762	749
4.0	703	695	792	665	721	700
4.5	669	667	759	630	675	666
5.0	642	639	730	598	634	632
5.5	618	618	695	564	598	605
6.0	590	597	669	541	572	583
6.5	575	583	657	521	559	574
7.0	563	578	644	515	547	572

ภาคผนวก ง.

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณหาปริมาณน้ำมันสะเคา

$$\text{การคำนวณ ร้อยละของปริมาณน้ำมันสะเคา} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_3}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของภาชนะและน้ำมันสะเคาที่ระเหยเหกเซนจนน้ำหนักคงที่ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของภาชนะ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ

สะเคาเบค 10.0101 กรัม สกัดด้วยเหกเซน 100 มิลลิลิตร เวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำไประเหยเหกเซนออกจะได้น้ำมันสะเคา อบที่ 60 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator ทำจนกระทั่งน้ำหนักต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัมบันทึกน้ำหนักที่ได้ น้ำหนักน้ำมันสะเคาที่ได้ 2.2026 กรัม ดังนั้น ร้อยละของปริมาณน้ำมันสะเคา = $2.2026 \times 100 / 10.1010 = 22.00$

2. การคำนวณหาปริมาณอะซาดิแรคติน

การคำนวณปริมาณอะซาดิแรคติน(ไมโครกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ดสะเคา) หากจาก

$$\text{ปริมาณอะซาดิแรคติน} = \frac{C_s \times D_s \times V_s}{W_s}$$

เมื่อ C_s = ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

D_s = จำนวนเท่าของการเจือจางสารละลาย

V_s = ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

W_s = น้ำหนักของเนื้อในเมล็ดสะเคา (กรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ

สะเคาบค 10.2158 กรัม สกัดด้วยเมทานอล 50 มิลลิลิตร กรองสารละลายที่ได้วัด ปริมาตรและปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตรเท่ากับตอนสกัดเริ่มต้น เพื่อสะดวกในการคำนวณ เวลาสกัด 2 ชั่วโมง ตรวจวัดปริมาณอะซาดิแรคตินที่ได้ โดยฉีดสารมาตรฐานอะซาดิแรคติน-เอ ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 15 ไมโครลิตร ปีเปตสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร โดย เจือจางด้วยเมทานอลเกรดHPLC 20 เท่า และฉีดสารตัวอย่าง 15 ไมโครลิตรปริมาณอะซาดิแรคติน ที่วัดได้เท่ากับ 8.02167 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณอะซาดิแรคติน} &= (8.02167 \times 20 \times 50) / (10.2158) \\ &= 785.2 \text{ ไมโครกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด} \end{aligned}$$

3. การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่NTP คือ ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ (V_{NTP})

ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ คือ ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เมล็ด สะเคาปล่อยออกมาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ (V_{atm})

สูตรที่ใช้คำนวณคือ

$$\begin{aligned} (PV/T)_{NTP} &= (PV/T)_{atm} \\ (1 \text{ atm})(V_{NTP})/(273 \text{ K}) &= (1 \text{ atm})(V_{atm}) / (273+30 \text{ K}) \\ V_{NTP} &= (273 \text{ K})(V_{atm}) / (273+30 \text{ K}) \\ V_{NTP} &= 0.901 V_{atm} \end{aligned}$$

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP, ลิตร = (0.901)ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้

ตัวอย่างการคำนวณ

สกัดอะซาดิแรคตินจากเนื้อในเมล็ด 10.2158 กรัมที่ความดัน 80 บาร์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลาการสกัด 2 ชั่วโมง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะเคาปล่อยออกมา 64.90 ลิตร

ดังนั้น

$$\text{ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP, ลิตร} = 0.901 \times 64.90 = 58.47 \text{ ลิตร}$$

4. การคำนวณหาน้ำหนักของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อน้ำหนักเนื้อในเมล็ดสะเดา

$$\begin{aligned} \text{กรัมโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP} &= \text{ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP} / 22.4 \\ &= (58.47 \text{ ลิตร}) / (22.4 \text{ ลิตร} / \text{กรัมโมล}) \\ &= 2.61 \end{aligned}$$

$$\text{น้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP, กรัม} = (2.61) \times (44.01) = 114.87$$

ดังนั้น

น้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์ต่อน้ำหนักเนื้อในเมล็ดสะเดา, กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมเนื้อในเมล็ดสะเดา

$$= 114.87 / 10.2158$$

$$= 11.2$$

5. การคำนวณหาน้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการชะละลายอะซาดิแรคตินออกจาก ถ่านกัมมันต์ในสภาพของไหลเหนือจุดวิกฤต

ความดันที่ใช้ในการทดลอง 340 บาร์ = 335.6 ความดันบรรยากาศ
อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

เวลาที่ใช้ในการชะละลาย 7 ชั่วโมง = 420 นาที

อัตราเร็วของแก๊สที่ใช้ชะละลาย 1.0 มิลลิลิตร/นาที

น้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่ใช้ 3.0938 กรัม

$$\text{จาก} \quad P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

$$(1 \text{ atm})(V_2) / (273 \text{ K}) = (335.6 \text{ atm})(0.420 \text{ lit}) / (273 + 35 \text{ K})$$

$$\text{ดังนั้น} \quad V_2 \text{ หรือ } V_{\text{NTP}} = 124.9 \text{ ลิตร}$$

$$\begin{aligned} \text{กรัมโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP} &= \text{ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP} / 22.4 \\ &= (124.9 \text{ ลิตร}) / (22.4 \text{ ลิตร} / \text{กรัมโมล}) \\ &= 5.58 \end{aligned}$$

$$\text{น้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP, กรัม} = (5.58) \times (44.01) = 245.6$$

ดังนั้น ถ่านกัมมันต์ 1 กรัมใช้คาร์บอนไดออกไซด์ชะละลาย = 245.6 กรัม / 3.0938 = 79.4 กรัม

ถ่านกัมมันต์ 1 กิโลกรัมใช้คาร์บอนไดออกไซด์ชะละลาย = 79.4 กิโลกรัม

6. การหาความเร็วปริภูมิ (space velocity)

$$\begin{aligned}\text{ความเร็วปริภูมิ} &= \text{อัตราเร็วของแก๊ส/ปริมาตรของเครื่องสกัด} \\ &= (1.0 \text{ มิลลิลิตร/นาที}) / (20 \text{ มิลลิลิตร}) \\ &= 0.05 \text{ ต่อ นาที} \\ &= 3.0 \text{ ต่อ ชั่วโมง}\end{aligned}$$

ภาคผนวก จ

1. การคำนวณหาความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์

เนื่องจากที่ความดันสูงๆ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสภาพอัด (compressibility factor) หรือค่า Z เบี่ยงเบนจากแก๊สอุดมคติ ดังนั้นในการคำนวณหาค่าดังกล่าวรวมทั้งค่าความหนาแน่นสามารถใช้สมการโซฟ (Soave Equation) ในการคำนวณโดยใช้โปรแกรมฟอร์แทรน ในการหาค่า Z และความหนาแน่นได้

Soave Equation of State

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a\alpha}{V(V+b)}$$

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ได้แก่

$$a = 0.42747R^2 T_c^2 / P_c$$

$$b = 0.08646RT_c / P_c$$

$$\alpha = [1 + (0.48505 + 1.55171\omega - 0.15613\omega^2)(1 - T_r)^2]^2$$

$$A = a\alpha P / R^2 T^2 = 0.42747\alpha P_r / T_r^2$$

$$B = bP / RT = 0.08664P_r / T_r$$

การหาค่า Z ในรูปแบบของโพลิโนเมียล

$$Z^3 - Z^2 + (A - B - B^2)Z - AB = 0$$

$$\text{ความหนาแน่น}(\rho) = MRT/P$$

เมื่อ a, b = ค่าคงที่แวนเดอวาลส์

A, B = สัมประสิทธิ์วีเรียล

α = ฟังก์ชันสมการโซฟ

ω = แฟกเตอร์อะเซนทริก = 0.2246

R = ค่าคงที่ของแก๊ส = $0.08134 \text{ m}^3 \text{ bar/kmol K}$

M = น้ำหนักโมเลกุลของแก๊ส = 44.01 kg

ρ = ความหนาแน่นของแก๊ส = kg/m^3

P_r = ความดันรีดิวส์ T_r = อุณหภูมิรีดิวส์

```

C*** Program Fortran to Evaluate Compressibility Factor and Density of Carbon Dioxide
C*** Using Soave Equation of State
C*** When R = Gas Constant = 0.08134 m3 bar/ Kmol K
C***      Tc = critical temperature (K)
C***      Pc = critical tressure (bar)
C***      Ω = acentric Factor
C***      Z = compressibility factor
C***      M = molecular weight of CO2
C***      D = density (Kg/m3)

```

```

*****

```

```

      CHARECTER*15 OUTNAME , DECIDE
      WRITE (*,*) ' NAME FOR OUTPUT FILE '
      READ(*,201) OUTNAME
201  FORMAT(A11)
      OPEN(7, FILE = OUTNAME,STATUS = 'UNKNOWN')
      DATA R/0.08134/
      DATA Tc/304.2/,Pc/73.84/,Ω/0.2276/,M/44.01/
5    WRITE(*,*) 'INPUT : T , P '
      READ(*,*) T, P
      WRITE(7,*) 'INPUT : T , P '
      WRITE(7,202) T, P
202  FORMAT (5X,'T= ',F10.4,10X,'P=',F10.4)
      G = 0.48508+1.55171*Ω - 0.15613*Ω**2
      ALFA = (1+G*(1-(T/TC)**0.50)**2
      AS = 0.42747*R**2*Tc**2/Pc
      BS = (0.08664)*R*Tc/Pc
      A = 0.42747*ALFA*(P/Pc)*(Tc/T)**2
      B = 0.08664*(P/Pc0*(T/TC)
      WRITE(*,*) AS, BS, ALFA, A, B
      Z1 = 1

```

```
10  FN1 = Z1**3-Z1**2+(A-B-B**2)*Z1-A*B
    DFN1 = 3*Z1-2*Z1+(A-B-B**2)
    DELTA1 = FN1/DFN1
    ZNEW1 = Z1-DELTA1
    EA1 = ABS (DELTA1/ZNEW1)
    IF (EA1.LE.0.0001) GOTO 260
    Z1 = ZNEW1
    GOTO 10
260  D = P*M/(Z1*R*T)
20   WRITE (*,*) ZNEW1, D
    WRITE (7,205) ZNEW1, D
205  FORMAT (5X, 'Zv = ',F7.4,5X,'D= ',F10.4)
    WRITE(*,*) 'DO YOU WANT TO CHANGE T,P ? (ANSWER Y OR N)'
    READ(*,204) DECIDE
204  FORMAT (A4)
    IF (DECIDE.EQ. 'Y') GOTO 5
    CLOSE (7)
    STOP
    END
```

ตารางที่ จ.1 ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ

อุณหภูมิ °ซ	ความดัน (บาร์)	ค่า Z	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
10	40	0.70	106.6
	60	0.15	758.4
	80	0.12	789.8
20	40	0.75	96.7
	60	0.49	218.9
	80	0.20	703.1
30	40	0.78	89.2
	60	0.62	168.4
	80	0.25	566.8
40	40	0.81	83.4
	60	0.69	147.5
	80	0.50	267.0
35	90	0.29	538.0
	140	0.34	695.4
	240	0.51	812.4
	340	0.66	879.2
45	90	0.47	316.6
	140	0.38	615.7
	240	0.52	766.4
	340	0.67	842.5
55	90	0.59	246.4
	140	0.43	527.1
	240	0.54	716.8
	340	0.68	805.2

ภาคผนวก ฉ

สมบัติของสารเคมีที่ใช้

เฮกเซน (hexane)

Chemical formula : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$

Charecteristics : liquid, colorless, odor like gasoline

Physical and chemical properties :

Boiling point at 1 atm. : 155.7°F

Freezing point : -219.3°F

Critical temperature : 456.3°F

Critical pressure : 29.7 atm

Specific gravity : 0.659 at 20°C

Flammable limits in air : 1.2 -7.7 %

Short-term inhalation limits : 500 ppm, for 30 min.

เมทานอล (methanol)

Chemical formula : CH_3OH

Charecteristics : liquid, colorless, faint alcohol, pungent

Physical and chemical properties :

Boiling point at 1 atm. : 148.1°F

Freezing point : -144.0°F

Critical temperature : 464.0°F

Critical pressure : 77.7 atm

Specific gravity : 0.792 at 20°C

Flammable limits in air : 6.0 -36.5 %

Short-term inhalation limits : 260 mg/m^3 , for 60 min.

ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (granular activated carbon)

Iodine Number.min	900
Abrasion Number.min	75
moisture (max.)	2.0 %

Physical Properties

Total surface (N ₂ , B.E.T. method) m ² /g	900 - 1000
Bulk density, lbs/ft ³	28
Pore volume, cc/g	0.75-0.85
Effective size, mm.	0.8-1.0
Uniformity coefficient (max)	2.1

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุวรรณี ตั้งนิธิบุญ เกิดวันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2509 กรุงเทพมหานคร สำเร็จ
การศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา
2530 และในปีพ.ศ. 2531 - 2536 ทำงานที่ บริษัทเค.เอ็ม. อินเตอร์เน็ท จำกัด ในปีพ.ศ. 2536 เข้า
ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

