รายงานวิจัย

เรื่อง

การสร้างเครื่องดูดควัน

The Construction of Fume Hood

โดย

ปรียาภัทร ชัชวาลย์สิน

การวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินทุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชพฤกษ์

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชพฤกษ์

ชื่องานวิจัย: การสร้างเครื่องดูดควัน

ชื่อผู้วิจัย: ปรียาภัทร ชัชวาลย์สิน

ปีที่ทำการวิจัยแล้วเสร็จ: 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องดูดควันที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งสร้างเสร็จสมบูรณ์ตามแบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน หลังจากปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลองใช้เครื่องดูดควันตามแบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน นำไปทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานก่อนนำไปทดลองใช้กับร้านขายอาหารปิ้งย่าง ผลการวิจัย พบว่า

1) เครื่องดูดควันที่สร้างตามแบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควันแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน ซึ่งประเมินจากความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จากการจุดธูป 100 ดอก ใช้เวลาจุดห่างกัน 30 นาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง รวมจุดธูป 1,000 ดอก ซึ่งสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เตรียมได้จากปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 124.56 กรัม กับน้ำปริมาณ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2) เครื่องดูดควันที่สร้างจากแบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควันที่ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่พบขณะทดลองใช้กับเตาปิ้งคอหมูแล้วนำไปใช้ทดลองอีกครั้งเป็นเวลา 3 วัน ซึ่งประเมินจากลักษณะของเครื่องดูดควันที่ดี โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 250 กรัม กับน้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในการเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้เป็นสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นำไปใช้กับเตาปิ้งคอหมูเป็นเวลาเฉลี่ยต่อวัน ประมาณ 5 ชั่วโมง พบว่า เครื่องดูดควันมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับดี คือ เกิดสารสีขาวขุ่นของแคลเซียม แขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร บางส่วนตกตะกอนอยู่ก้นถังบรรจุสาร เมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 30 นาที แยกตัวออกจากน้ำ ซึ่งเป็นของเหลวใส โดยมีควันเหลืออยู่ที่เตาปิ้งย่างประมาณร้อยละ 20 ของควันที่เกิดจากเตาปิ้งย่าง

คำสำคัญ:เครื่องดูดควัน ตัวดูดซับหรือสารดูดซับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Research Title: The Construction of A Fume Hood

Researcher: Preyaphat Chatchawansin

Year: 2020

Abstract

This research aimed to construct the fume hood that can suck smoke or fumes by using Calcium Hydroxide Solution. This fume hood was completely constructed based on the machine Model 3 of a fume hood structure. The machine Model 3 was from machine Model 2, which was found some errors during the testing. The two models of the fume hood were tested before a try out at barbeque shops. The results showed that

1) Hood Machine Model 2

The ability to absorb Carbon dioxide by using Calcium Hydroxide Solution was evaluated by lighting 100 incenses every 30 minutes for five hours. There were totally 1,000 incenses in the experiment. Calcium Hydroxide Solution was prepared from 124.53 grams of Calcium Hydroxide and 6,000 cubic centimeter of water.

2) Hood Machine Model 3

Model 3 was refined from Model 2, which was found some errors during testing with the grill at a grill pork shop. After refining, Model 3 was tried out again for three days at the same shop. Calcium Hydroxide Solution was prepared from 250 grams of Calcium Hydroxide and 6,000 cubic centimeter of water. It was found that using approximately about 5 hours a day, Model 3 could absorb Carbon dioxide well. This meant that there was milky white substance of Calcium Carbonate suspended in the container. Some of its silt was also found at the bottom of the container if leaving the substance for at least 30 minutes. It would separate from water which is the transparent liquid. The rest of the smoke remained at the grill was approximately 20 percent of all the smoke from the grill.

Keywords: The fume hood, sorbent, Carbon dioxide

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเรื่องการสร้างเครื่องดูดควัน สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือของคุณธีรเกียรติ์ ดอนเลย ช่างสร้างเครื่องดูดควันที่และพยายามช่วยปรับแก้ไขข้อบกพร่องจนได้เครื่องดูดควันที่สมบูรณ์พร้อมใช้งาน และขอขอบคุณคุณป้าพวงเพ็ชร โพนทอง เจ้าของร้านขายส้มตำคอหมูย่าง ที่ได้อนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยได้นำเครื่องดูดควันมาทดลองใช้งาน

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์อาภากร ทัศนแสงสูรย์ ที่กรุณาตรวจทานบทคัดย่อภาษาอังกฤษ และขอขอบคุณอาจารย์กิติยานภาลัย ภู่ตระกูล ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทานความถูกต้องของการทำรายงานการวิจัย ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้เขียนบทความ ตำรา รายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าประกอบการทำรายงานวิจัยเรื่องนี้ ซึ่งล้วนเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยได้สำเร็จด้วยดี

ปรียาภัทร ชัชวาลย์สิน

ตุลาคม 2563

มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ RAJAPRUK UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ .....

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 คำถามการวิจัย 3

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.4 สมมติฐานการวิจัย 4

1.5 ขอบเขตการวิจัย 4

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 4

1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย 4

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดูดควัน 6

2.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 17

2.3 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับ 24

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียม 34

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสร้างเครื่องดูดควัน 35

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควัน 37

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นดำเนินการทดลองใช้เครื่องดูดควันกับร้านขายส้มตำคอหมูย่าง 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 43
ตอนที่ 1 ผลการสร้างเครื่องดูดควันตามแบบร่างโครงสร้างเครื่องดูดควัน 43
ตอนที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องดูดควัน 47
ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้เครื่องดูดควันกับร้านขายส้มตำคอหมูย่าง 60
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 63
5.1 สรุปผลการวิจัย 63
5.2 อภิปรายผล 65
5.3 ข้อเสนอแนะ 67
5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 67
5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป 68
บรรณานุกรม 69
ภาคผนวก 73
ประวัติผู้วิจัย 74

มหาวิทยาลัยราชภัฏ RAJAPRUK UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องดูดควันตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่เจ็ด.....57

5.1 รายการต้นทุนในการสร้างเครื่องดูดควัน.....62

มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ RAJAPRUK UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 อาหารปิ้งย่างที่ก่อให้เกิดควันพิษ 2
1.2 เครื่องดูดควันจากเตาปิ้งย่างปล่อยควันออกสู่อากาศ 3
2.1 ขั้นตอนการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 13
2.2 บริษัท Climeworks ผู้ริเริ่มใช้อุปกรณ์ดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 14
2.3 ขั้นตอนการจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 15
2.4 ภาพจำลองเทคโนโลยี CCS แสดงการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ใต้ดิน 15
2.5 กระบวนการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ใต้ดิน 16
2.6 โรงไฟฟ้า Boundary Dam ประเทศแคนาดา โรงไฟฟ้าถ่านหินที่ใช้เทคโนโลยี CCS ในเชิงพาณิชย์เป็นแห่งแรกของโลก 16
2.7 ประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในโลก 23
2.8 ประเทศที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเมื่อเทียบกับจำนวนประชากร 23
3.1 แบบร่างที่ 1 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน 35
3.2 แบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน 36
3.3 แบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน 37
3.4 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 38
3.5 สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 38
3.6 สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่ใส 39
3.7 ถังบรรจุสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่ใส ปิดฝาสนิท 39
3.8 เครื่องดูดควันที่ติดตั้งเรียบร้อยพร้อมทดสอบ 40
3.9 ปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้สารสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม 41
3.10 การทดลองใช้เครื่องดูดควันที่ร่นส้มตำคอหมูย่าง 42
4.1 เครื่องดูดควันที่สร้างตามแบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน 45
4.2 เครื่องดูดควันที่สร้างตามแบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน 46
4.3 ตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จากการทดสอบวันแรก 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.4 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่สอง....49
4.5 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่สอง....49
4.6 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่สาม....50
4.7 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่สาม....51
4.8 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่สี่....52
4.9 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่สี่....52
4.10 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่ห้า....53
4.11 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่ห้า....53
4.12 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่หก....55
4.13 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่เจ็ด....55
4.14 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่หก....56
4.15 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสารจากการทดสอบวันที่เจ็ด....56
4.16 แคลเซียมคาร์บอเนตสีขาวขุ่นที่แขวนลอยอยู่ในขวด....57
4.17 แคลเซียมคาร์บอเนตสีขาวขุ่นที่แขวนลอย บางส่วนเป็นแผ่นฝ้าขาวขุ่นลอยผิวหน้าจากร้านขายส้มตำคอหมูย่าง....61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.18 แคลเซียมคาร์บอเนตสีขาวขุ่นที่แขวนลอยอยู่ในขวดพลาสติกจากร้อนขายส้มตำคอหมูย่าง 61
4.19 แคลเซียมคาร์บอเนตสีขาวขุ่นตกตะกอนลงมาที่ก้นขวดพลาสติกเมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที จากร้านขายส้มตำคอหมูย่าง 62

มหาวิทยาลัยราชภัฏ RAJAPRUK UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นอาหารชาติใด ๆ ก็ตามล้วนพยายามใช้วิธีการประกอบอาหารแบบง่าย ๆ และใช้เวลาไม่มากนักเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคในโลกปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารประเภท บาร์บีคิว สเต็ก อาหารปิ้งย่าง เช่น ไก่ย่าง ปลาเผา ไส้กรอกอีสาน รวมทั้งซีฟู้ดซ์ ดังภาพที่ 1.1 ทั้งหลายเป็นที่นิยมของคนไทยอย่างมาก ซึ่งอาหารเหล่านี้จะใช้ความร้อนในการประกอบอาหารแต่ละชนิด และเกิดควัน กลิ่น และสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ ปนเปื้อนในอากาศและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หากเข้าสู่ร่างกายมากเกินจะทำให้หายใจเร็ว หัวใจเต้นเร็ว กดสมอง ซึม มึนงง รู้สึกวิงเวียนศีรษะและอาจเสียชีวิตได้ (จุฑารัตน์ ฉัตรวิริยาวงศ์และวิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์, 2555) นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดฝุ่นขนาดเล็ก (PM2.5 และ PM10) อีกด้วย ทั้งนี้จากการศึกษาบทบาทของการปิ้งย่างอาหารที่มีต่อการระบายมลพิษออกสู่บรรยากาศ ซึ่งสามารถบอกด้วยค่าอัตราการระบายฝุ่น (Emission rate) โดยใช้อาหารปิ้งย่าง 6 ชนิด ได้แก่ เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อปลา เนื้อปลาหมึก มะเขือเทศและ สับปะรด ด้วยเตาถ่านในตู้ดูดควันที่ปิดสวิตซ์ที่ทำหน้าที่เป็น Chamber พบว่าอาหารทั้ง 6 ชนิด มีค่าตัวคูณอัตราการระบายฝุ่น (PM2.5 และ PM10) และค่าอัตราการระบาย PM2.5 และ PM10 รวม เท่ากับ 176.31 และ 184.59 ตันต่อปี ตามลำดับ จึงชี้ให้เห็นว่าร้านอาหารปิ้งย่างควรมีการติดตั้งเครื่องบำบัดอากาศก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ เพื่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (อังก์ศิริ ทิพยากรณ์, ปรมาภรณ์ ทองแก้ว และ อุมารัจน์ สันติสุขเกษม, 2016) ซึ่งฝุ่นขนาดเล็กนี้ (PM2.5 และ PM10) สามารถแพร่กระจายเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจถุงลมในปอด และกระแสเลือดโดยตรง ส่งผล อันตรายต่อกระบวนการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเรื้อรัง (Greenpeace Thailand, 2016) อย่างไรก็ตามหากประเมินความเสี่ยงแล้ว ปริมาณที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเกิดการสะสมในอากาศและสิ่งแวดล้อมมีโอกาสเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญต่อการลดมลสารพิษ (Pollutants) ดังกล่าวด้วยเครื่องดูดควัน ที่สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และคืนอากาศดีให้กับสิ่งแวดล้อม

ภาพที่ 1.1 อาหารปิ้งย่างที่ก่อให้เกิดควันพิษ
ที่มา: rabbit finance magazine (2061: ออนไลน์)

เครื่องดูดควันเข้ามามีบทบาทสำคัญในการประกอบอาหารของคนยุคใหม่โดยมีหน้าที่หลักดูดอากาศจากบริเวณที่ต้องการให้มีการระบายจากเตาปิ้งย่าง หรือการประกอบอาหารในครัวเรือน คงเป็นเพียงการย้ายควันจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โดยที่ควันก๊าซพิษก็ยังคงมีปนเปื้อนอยู่ในอากาศเหมือนเดิม ดังภาพที่ 1.2 ซึ่งในการเลือกซื้อควรคำนึงถึง ขนาด กำลังดูดอากาศ ชนิดของมอเตอร์ภายใน วัสดุที่มาใช้ในการผลิตตัวเครื่อง การดีไซน์ ตัวกรองอากาศ และตัวกรองน้ำมัน จากการสังเกตตามร้านอาหารตามริมทาง ที่มีปล่องดูดควันทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ติดอยู่เหนือเตา ปลายปล่องติดตั้งพัดลมและมอเตอร์กำลังแรง เพื่อดูดควันและความร้อนจากการทำอาหารให้ออกสู่ด้านบนซึ่งการออกแบบลักษณะเช่นนี้มีประสิทธิภาพในการดูดควันสูง มักต้องสั่งทำแต่ละส่วน เช่น ตัวปล่อง (Hood) พัดลม มอเตอร์ แล้วนำมาประกอบกัน จึงดูไม่ค่อยกลมกลืนสวยงามและควันที่ดูดออกไปก็ยังมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปนเปื้อนในอากาศ ด้วยรูปแบบที่ไม่สวยงาม ขนาดใหญ่ ติดตั้งยากและเกินความจำเป็น ดังภาพ 1.2 ส่วนเครื่องดูดควันที่ใช้ตามบ้านเรือนมีลักษณะการทำงานไม่ต่างจากที่กล่าวมาข้างต้น เพียงแต่การออกแบบจะมีความสวยงามกลมกลืน กะทัดรัด ติดตั้งสะดวกกว่า และสามารถดัดแปลงการใช้งานให้เหมาะสมกับสถานที่ได้

ภาพที่ 1.2 เครื่องดูดควันจากเตาปิ้งย่างปล่อยควันออกสู่อากาศ
ที่มา: Tammasee-ตามมาซี (2018: ออนไลน์)

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจสร้างเครื่องดูดควันจากเตาปิ้งไก่ คอหมูย่างและ ปลา ที่ตัวกรองหรือตัวดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำหน้าที่กรองอากาศและควันที่เกิดจากการปิ้งย่าง ซึ่งใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ที่ราคาไม่แพง ใช้งานง่าย ปลอดภัย และเมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่ไม่ละลายน้ำ เกิดเป็นกระบวนการที่ เรียกว่า Carbonatation ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม ดังสมการ

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการทำเครื่องดูดควันที่ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คืนอากาศบริสุทธิ์ให้กับสิ่งแวดล้อม โดยการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ในตัวกรองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดควันและกลิ่นก่อนออกสู่ภายนอก

1.2 คำถามการวิจัย

จะสร้างเครื่องดูดควันจากเตาปิ้งย่างที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) และราคาไม่แพง ใชงานง่าย ตลอดจนมีความปลอดภัยได้อย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างเครื่องดูดควันที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)

1.4 สมมติฐานการวิจัย

สามารถสร้างเครื่องดูดควันจากเตาปิ้งย่าง ที่ดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_{2)}$ และราคาไม่แพง ใช้งานง่าย ตลอดจนมีความปลอดภัย

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างเครื่องดูดควันที่ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) โดยมีตัวแปรต้น คือ เครื่องดูดควัน และตัวแปรตาม คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูด โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)

1.5.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาของงานวิจัยเรื่องนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 1 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2561 – เดือนพฤษภาคม 2562 โดยผู้วิจัยคาดว่าจะเริ่มสร้างเครื่องดูดควัน เดือนมิถุนายน 2561

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 เครื่องดูดควัน หมายถึง อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ดูดควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเตาปิ้งย่าง ตามบริเวณร้านขายข้างถนน ริมทางเท้า หรือรถเร่ขายตามบ้าน โดยการใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) หรือน้ำปูนใส ที่มีคุณสมบัติในการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.6.2 ตัวดูดควันหรือสารดูดซับ หมายถึง สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) หรือน้ำปูนใส ที่บรรจุอยู่ในอ่างหรือถัง ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องดูดควัน ที่ทำหน้าที่ดูดควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเตาปิ้งย่าง ก่อนออกสู่สิ่งแวดล้อม

1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย

1.7.1 ได้เครื่องดูดควันที่สามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คืนอากาศที่บริสุทธิ์ให้กับสิ่งแวดล้อม จากเตาปิ้งย่างตามบริเวณร้านขายข้างถนน ริมทางเท้า หรือรถเร่ขายตามบ้าน

1.7.2 ได้เครื่องดูดควันที่ราคาถูก ใช้งานง่าย ขนาดกะทัดรัด เหมาะกับเตาปิ้งย่างตามบริเวณร้านขายข้างถนน ริมทางเท้า หรือรถเร่ขายตามบ้าน

17.3 เกิดองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งเชื่อมโยงการพัฒนาธุรกิจอาหารปิ้งย่างในชุมชน และเป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้สำหรับธุรกิจอาหารปิ้งย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

17.4 เกิดการเสริมสร้างศักยภาพการแข่งขันในธุรกิจอย่างยั่งยืน โดยยึดหลักแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อม ควบคู่กับการสร้างการเติบโตทางธุรกิจ

มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ RAJAPRUK UNIVERSITY

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องซึ่ง ประกอบด้วยแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องดูดควัน เพื่อสร้างเครื่องดูดควันที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนได-ออกไซด์ โดยการใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)โดยนำเสนอผลการทบทวนวรรณกรรมใน 4 ประเภท ดังนี้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับเครื่องดูดควัน

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการดูดซับ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดูดควัน

วัฒนธรรมการกินอาหารของคนไทยยุคปัจจุบันที่ได้รับความนิยมอย่างมาก นั่นคืออาหารปิ้งย่าง ที่ขายตามร้านอาหารในห้างสรรพสินค้า ร้านริมถนน และรถเร่ขายตามบ้าน ซึ่งพยายามระบายควันและกลิ่นอาหาร โดยการติดตั้งเครื่องดูดควันไว้ในร้าน

2.1.1 เครื่องดูดควันที่ขายทั่วไป

เครื่องดูดควันเข้ามามีบทบาทสำคัญในการประกอบอาหารของคนที่อาศัยอยู่ในอาคารชุด เช่น คอนโดมิเนียม แทนการอยู่บ้านเดี่ยว โดยทั่วไปมักเป็นห้องกว้าง ๆ มีชุดรับแขก โต๊ะอาหารและครัว อยู่ในบริเวณเดียวกัน ไม่มีการกั้นห้องเป็นสัดส่วน รวมทั้งพวกที่อาศัยอยู่ทาวน์เฮาส์ ที่ระบบระบายอากาศไม่ค่อยดีนัก เวลาประกอบอาหารแต่ละครั้งจะมีทั้งกลิ่น ควัน และความร้อนจากเตาประกอบอาหาร กระจายไปทั่วห้อง สร้างความรำคาญต่อคนที่อยู่ในบ้านและเกิดกลิ่นควันตกค้าง โดยเฉพาะครัวไทย มีทั้งอาหารผัด ทอด แกง และปิ้ง ที่ทำให้เกิดกลิ่นและควันฟุ้งกระจายทั่วห้อง รวมทั้งน้ำมันที่กระเด็นทำให้ครัวสกปรก เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคยากต่อการทำความสะอาด ดังนั้นเครื่องดูดควันจึงเป็นตัวเลือกที่ดีในการแก้ปัญหาจากที่กล่าวมาข้างต้น และยังช่วยรักษาสุขภาพของผู้อาศัยอยู่ในบ้านด้วย โดยจะช่วยลดความร้อนและกลิ่นควันต่าง ๆ รวมทั้งลดความสกปรกของครัวและบริเวณข้างเคียง ขณะประกอบอาหารจากคราบไขมันและเขม่าต่าง ๆ

เครื่องดูดควันตามร้านอาหารทั่ว ๆ ไป มักจะเป็นเครื่องที่มีโครงสร้างค่อนข้างใหญ่ ปล่องดูดควันทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ติดตั้งอยู่เหนือเตา ปลายท่อจะติดพัดลมและมอเตอร์กำลังแรงเพื่อดูดควัน

และความร้อนจากการทำอาหารให้ออกสู่ด้านนอก ซึ่งลักษณะของเครื่องดูดควันดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการดูดควันสูง แต่ไม่ค่อยสวยงามกลมกลืน เพราะสั่งทำแต่ละส่วนแล้วนำมาประกอบกัน เป็นเครื่องใช้ตามร้านขายอาหารใหญ่ ๆ ที่มีการทำอาหารจำนวนมากในแต่ละวัน หากนำมาใช้ตามบ้านเรือนจะยากต่อการติดตั้งและมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ดังนั้นหากต้องการใช้เครื่องดูดควัน ควรพิจารณาตามประเด็น

2.1.1.1 รูปแบบและขนาด

เครื่องดูดควันที่ใช้กันตามบ้าน จะมีรูปแบบภายนอกและระบบควบคุมการทำงานของเครื่องที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ จะมีสวิตซ์เปิดและปิดเครื่อง สวิตซ์ควบคุมแรงพัดลมและสวิตซ์ไฟส่องสว่าง มีขนาดความกว้างของตัวเครื่องให้เลือกอยู่ในช่วง 60-90 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพื้นที่ของห้องครัวและขนาดของเตาไฟที่ใช้การทำอาหาร โดยเครื่องดูดควันขนาดใหญ่จะมีพัดลม 2 ตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดควันในขณะที่เครื่องขนาดเล็กจะมี่พัดลมเพียงตัวเดียว ดังนั้นประเด็นนี้จึงเป็นประเด็นแรกที่จะต้องพิจารณาในการเลือกซื้อ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานนอกเหนือไปจากการเลือกยี่ห้อ

2.1.1.2 ระบบการดูดควัน

เครื่องดูดควันประเภทนี้สามารถแบ่งระบบการดูดควันออกได้เป็น 2 ระบบใหญ่ ได้แก่

1) ระบบดูดควันภายนอก

เป็นระบบที่มีการต่อท่อเพื่อดูดเอากลิ่นและควันต่าง ๆ ออกสู่ภายนอก โดยพัดลมที่ติดตั้งอยู่ที่ตัวเครื่องจะทำหน้าที่ดูดดกลิ่น ควันและไอน้ำมันต่าง ๆ ออกทางท่อที่ต่ออยู่ทางด้านบนหรือด้านหลังของเครื่องเพื่อนำออกสู่ภายนอก โดยผ่านแผ่นใยสังเคราะห์ที่ติดตั้งไว้เพื่อกรองเอาคราบไขมันและเขม่าที่จะไปเกาะติดที่ตัวพัดลมของเครื่อง การติดตั้งและใช้งานระบบนี้ค่อนข้างยุ่งยาก เพราะต้องเจาะกำแพงหรือหลังคา และเตรียมแนวทางเดินของท่อควันเอาไว้ล่วงหน้าแต่ระบบนี้มีประสิทธิภาพในการดูดควันค่อนข้างดีเพราะมีการดูดอากาศออกสู่ภายนอก

2) ระบบหมุนเวียนภายใน

เป็นระบบที่ไม่มีการต่อท่อ เพื่อดูดควันเอากลิ่นและควันต่าง ๆ ออกสู่ภายนอก แต่จะมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อดูดซับกลิ่น ควันและไอน้ำมันต่าง ๆ แทนนอกเหนือจากแผ่นใยสังเคราะห์ ที่ติดตั้งไว้เช่นในระบบแรก โดยอุปกรณ์เพิ่มเติมดังกล่าวจะทำจากวัสดุจำพวกถ่านกัมมันต์ (activated charcoal filter) ซึ่งจะดูดซับกลิ่น ควันและเขม่าต่าง ๆ ได้ดี โดยจะทำการติดตั้งไว้ตรงด้านล่างใกล้กับตัวพัดลมที่ทำหน้าที่ดูดควัน การติดตั้งและการใช้งานของระบบนี้ค่อนข้างง่าย เพราะไม่ต้องมีการเจาะกำแพงหรือหลังคา หรือเดินท่อให้ยุ่งยากเหมาะสำหรับใช้ในห้องครัวของอาคารชุดแฟลต หรือทาวน์เฮาส์ ซึ่งไม่มีจุดที่จะให้ต่อท่อเพื่อระบายควันออกแต่ประสิทธิภาพในการดูดควันของ

ระบบนี้ค่อนข้างต่ำ เพราะอุปกรณ์ดูดซับที่ติดตั้งไว้ สามารถดูดซับกลิ่น ควัน และเขม่าได้อย่างจำกัด และต้องคอยเปลี่ยนใหม่เป็นระยะ ๆ เมื่ออุปกรณ์ดังกล่าวหมดสภาพ อีกทั้งกำลังลมในการดูดควันต่าง ๆ ก็ให้ผลได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากไม่มีช่องระบายลมออก เครื่องดูดควันที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนใหญ่จะมีทั้ง 2 ระบบในเครื่องเดียวกันให้เลือกใช้ โดยจะมีช่องสำรองไว้ทั้งบริเวณด้านบนและด้านหลังของตัวเครื่องไว้สำหรับต่อท่อเพื่อระบายอากาศออกสู่ภายนอกได้ โดยจะมีฝาปิดไว้ให้ในกรณีที่ไม่ได้ใช้งาน และอุปกรณ์ดูดซับกลิ่นและควันต่าง ๆ เพิ่มเติมมาให้ด้วย เพื่อให้ทำการติดตั้งเข้าไปได้ สำหรับการใช้งานในระบบหมุนเวียนภายใน แต่ถ้าไม่จำเป็นจริง ๆ แล้วไม่ควรเลือกใช้ระบบหมุนเวียนภายในเพราะให้ประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำ ควรใช้ระบบดูดออกภายนอก ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีกว่ามาก

2.1.1.3 การเตรียมการติดตั้ง

เนื่องจากเครื่องดูดควัน เป็นอุปกรณ์ที่จะต้องติดตรึงเข้ากับผนังหรือตู้ภายในห้องครัวฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเตรียมการไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การติดตั้งทำได้อย่างเหมาะสมและเรียบร้อย โดยการติดตั้งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 จุดใหญ่ ๆ คือ การติดตั้งตัวเครื่องและการเดินท่อดูดควัน

1) การติดตั้งตัวเครื่อง

ในการติดตั้งตัวเครื่องประการแรกที่จะต้องพิจารณาคือ ตำแหน่งที่จะติดตั้ง ทั้งนี้จะต้องสอดคล้องกับการวางตำแหน่งของเตาไฟเป็นหลัก ในกรณีที่ต้องการจะใช้ระบบดูดควันแบบดูดออกภายนอกจะต้องดูตำแหน่งที่สามารถจะเดินท่อดูดควันออกได้ควบคู่ไปด้วย ในแง่การติดยึดเครื่องดูดควัน ส่วนใหญ่มักออกแบบให้สามารถติดยึดได้ 2 ด้าน คือ จะติดยึดจากด้านบน โดยยึดเข้ากับตู้แขวน ติดผนังในครัวก็ได้ หรือจะติดยึดจากด้านหลัง โดยยึดเข้ากับตัวผนังโดยตรงก็ได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว สำหรับห้องครัวที่มีการทำตู้แขวนติดผนัง การยึดติดเครื่องดูดควันเข้ากับตู้แขวนจากด้านบนจะให้ความสวยงาม กลมกลืนมากกว่าการติดยึดเข้ากับผนังจากด้านหลัง เพราะสามารถทำการปรับระดับ และร่องห่างต่าง ๆ ให้ดีกว่า แต่ทั้งนี้การออกแบบตู้แขวน จะต้องเตรียมการไว้ล่วงหน้าเพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องดูดควันรุ่นที่จะติดตั้งด้วย ทั้งในแง่ของรูปแบบและตำแหน่งที่จะทำการติดยึด อีกประเด็นหนึ่งในแง่ของการติดตั้ง ซึ่งมักจะถูกละเลยหรืออาจจะเป็นเพราะไม่ทราบก็ได้ นั่นคือ ระดับความสูงของการติดตั้งเครื่องดูดควันว่าควรจะวางอยู่ในระดับใดจึงจะเหมาะสม เพราะถ้าติดตั้งไว้ต่ำเกินไปเครื่องดูดควันจะได้รับความร้อนจากเตาไฟมากเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้น หรือเกิดอันตรายขึ้นได้ แต่ถ้าติดตั้งไว้สูงเกินไป จะทำให้การดูดกลิ่นและควันต่าง ๆ ไม่ค่อยได้ผล โดยทั่วไปแล้วการกำหนดระดับความสูงของการติดตั้งเครื่องดูดควันจะเทียบกับความสูงของเตาไฟเป็นเกณฑ์คือ ควรจะติดตั้งอยู่สูงเหนือเตาไฟประมาณ 65-80 เซนติเมตร จะได้ผลดีทั้งในแง่ของประสิทธิภาพการใช้งาน และความปลอดภัย นอกจากนี้ตำแหน่งที่คาดว่าจะทำการติดตั้งควรจะเดินสายไฟเอาไว้โดยเฉพาะบ้านที่มีการเดินสายไฟแบบฝังในผนังควรกำหนดตำแหน่งไว้แต่แรกแล้วเดินสายไฟเอาไว้

เลย จะได้ไม่ต้องเดินสายลอยในภายหลัง แต่ถ้าเป็นไปได้ควรเดินสายดินไว้ด้วยเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้การเชื่อมต่อไฟบ้านเข้ากับตัวเครื่องนั้นควรจะมีสวิตซ์หรือเบรกเกอร์ควบคุมจากจุดภายนอกโดยเฉพาะด้วย เผื่อในกรณีที่เครื่องดูดควันมีปัญหาหรือต้องถอดออกไปซ่อมแซม จะได้สามารถตัดไฟที่จะเข้าเครื่องได้โดยไม่กระทบกระเทือนถึงระบบไฟฟ้าส่วนอื่นในบ้าน

2) การเดินท่อดูดควัน

ในกรณีที่เลือกใช้เครื่องดูดควันระบบภายนอกจะต้องมีการติดตั้งท่อ เพื่อนำควันที่ดูดออกสู่ภายนอก ถ้าเป็นบ้านที่กำลังปลูกสร้างอยู่ก็น่าจะทำการเจาะช่องผนังเตรียมไว้ เพื่อใช้สำหรับการเดินท่อดังกล่าว ทั้งนี้ ควรจะมีการเลือกรุ่นและแบบของเครื่องที่จะนำมาติดตั้งเอาไว้ก่อนกำหนดตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งให้แน่นอน ตลอดจนศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้น ในสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและเดินท่อดูดควันจากผู้ขายเสียก่อน ในกรณีที่มีการทำตู้แขวนติดผนังเหนือเครื่องดูดควันอาจจะต้องดัดแปลงตู้โดยเจาะช่องด้านหลังหรือด้านบนของตู้เอาไว้ให้พอดีกับตำแหน่งของท่อดูดควันที่ติดตั้ง

การเตรียมการต่าง ๆ ข้างต้น ถึงแม้ว่าจะดูยุ่งยากบ้างในตอนต้น แต่ก็ช่วยให้การติดตั้งเครื่องดูดควันและอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปอย่างเรียบร้อย เพราะถ้าหากเพิ่งคิดจะทำหลังจากที่การปลูกสร้างบ้าน และการติดตั้งตู้ต่าง ๆ ทำเสร็จเรียบร้อยแล้ว การเตรียมการและการติดตั้งจะยุ่งยากขึ้น อาจต้องมีการรื้อหรือดัดแปลงแก้ไขหลายอย่างและผลงานที่ออกมาก็จะไม่เรียบร้อยเท่าที่ควร ในการเดินท่อดูดควันมีข้อสังเกตประการหนึ่งคือ การต่อท่อดูดควันออกนั้นหลายบ้านมักจะต่อท่อออกมาแล้วยกปลายท่อให้สูงขึ้น เพราะคิดว่าจะช่วยให้ลมร้อนที่ดูดออกมาระบายออกได้สะดวก ซึ่งดูเผิน ๆ ก็น่าจะถูกต้องอยู่ แต่การกระทำดังกล่าวอาจก่อให้เกิดปัญหาที่คาดไม่ถึงได้ ในกรณีที่ฝนตกและมีลมพัดเข้ามาในทิศทางของท่อ ย้อนกลับเข้ามายังเครื่องดูดควัน ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องและเกิดอันตรายต่อผู้ใช้ได้ แต่ถ้ามีการวางระดับปลายท่อให้ต่ำ ลงจากแนวท่อส่วนต้นเล็กน้อย ก็จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ และก็ไม่เป็นอุปสรรคต่อการระบายลมหรือการทำงานของเครื่องแต่อย่างใด

2.1.1.4 ตัวกรองน้ำมัน

เครื่องดูดควันที่ใช้ตามบ้านในเวลาประกอบอาหาร หน้าที่หลักคือดูดอากาศจากบริเวณที่ต้องการให้มีการระบายอากาศภายในบ้านออกสู่ภายนอก หนึ่งในข้อที่ควรพิจารณาในการเลือกซื้อเครื่องดูดควันได้แก่ ตัวกรองอากาศและตัวกรองน้ำมัน ซึ่งทำหน้าที่สำหรับกรองน้ำมันที่ลอยตัวอยู่ในขณะที่ประกอบอาหารก่อนที่อากาศที่ผ่านในบริเวณที่มีการทำอาหารจะออกไปจากห้องครัวนั่นเอง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) แบบฟิลเตอร์ มักทำมาจากอลูมิเนียมหรือสแตนเลส ที่มีลักษณะการนำมาสานกันคล้าย ๆ มุ้งลวด อากาศสามารถผ่านได้เล็กน้อย สามารถดักจับไขมันได้ดี ทำความสะอาดได้ง่ายเมื่อถอดไส้กรองออกมา

2) แบบพัดลมแยกน้ำมัน ที่ใช้แรงหนีศูนย์กลางของน้ำมันที่เกิดจากการพัดของใบพัดที่หมุนด้วยความเร็ว ทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำมันออกไปจากอากาศที่ไหลผ่านในบริเวณพัดลม และมีถ้วยพลาสติกเพื่อรองรับน้ำมันที่ออกมาจากการพัดของใบพัดด้านล่าง

3) แบบแผ่นกรองคาร์บอน เหมาะสำหรับใช้งานกับเครื่องกรองที่มีไอน้ำมันมาก เพราะจะรองรับน้ำมันได้มาก สามารถถอดทำความสะอาดได้ แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถใช้ได้ติดต่อกันนาน ๆ หรือใช้งานหนัก ๆ

2.1.1.5 ตัวกรองอากาศ

ทำหน้าที่ในการช่วยดักควันและคราบไขมันเอาไว้ก่อนเข้าตัวเครื่อง จะมี 2 ชนิดที่มีความสามารถในการดักควันและคราบไขมันได้ดีพอ ๆ กัน ได้แก่

1) แบบใยสังเคราะห์ ราคาไม่แพงแต่ระยะเวลาใช้งานสั้น เมื่อใช้ไปสักพักจะเกิดการอุดตันของคราบไขมันและทำให้มอเตอร์ทำงานหนักมากขึ้น

2) แบบโลหะ ราคาค่อนข้างสูงแต่มีอายุการใช้งานนานกว่าใยสังเคราะห์ สามารถถอดทำความสะอาดได้ตามต้องการ

2.1.1.6 กำลังดูดอากาศ

เป็นไปตามการใช้งานและขนาดของเตาประกอบอาหาร หากมีการใช้งานมากต้องใช้เครื่องดูดควันที่มีแรงดดูดมากขึ้น ซึ่งคำนวณจากสูตร

กำลังดูดอากาศที่เหมาะสม = ปริมาตรของห้องครัว (กว้าง × ยาว × สูง) × 10
โดยผลลัพธ์มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกำลังไฟฟ้าของเครื่องดูดควันด้วย โดยค่ากำลังดูดอากาศของเครื่องดูดควันหมายถึง ความสามารถในการดูดอากาศของเครื่องดูดควัน หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องดูดควัน เป็นอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อการใช้งานของเครื่องดูดควันใน 1 วินาที ซึ่งไฟฟ้าจะถูกนำไปใช้ในการสร้างแรงดูดอากาศ ดังนั้นหากเราต้องการเลือกเครื่องดูดควันมาใช้งาน เราก็จะเทียบจาก 2 ค่านี้ คือจะต้องเทียบทั้งค่ากำลังไฟฟ้าและกำลังดูดอากาศ โดยเครื่องดูดควันที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าและมีกำลังดูดอากาศของเครื่องดูดควันเท่ากันกับเครื่องดูดควันซึ่งมีกำลังไฟฟ้าสูงกว่า นั่นแสดงว่าเครื่องดูดควันที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าจะกินไฟน้อยกว่าและค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้งานเครื่องดูดควันเครื่องนี้ก็จะน้อยกว่าด้วย

2.1.1.7 มอเตอร์พัดลม

คือ มอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดเข้ากับใบพัดของพัดลม ทำหน้าที่ระบายลมผ่านช่องระบายอากาศของระบบทำความร้อนหรือเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะติดบริเวณใจกลางของระบบ เพื่อระบายลมร้อนหรือความเย็น ขึ้นอยู่กับกาตั้งค่าการควบคุมอุณหภูมิ

มอเตอร์ ถือเป็นอุปกรณ์หลักของเครื่องดูดควัน มีทั้งแบบ 1 มอเตอร์ และ 2 มอเตอร์ มีแรงดูดแตกต่างกันตามลักษณะและขนาดของเครื่องควัน ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 190 – 450 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง แรงดูดยิ่งมากก็จะยิ่งช่วยกำจัดกลิ่นและควันได้มากตามไปด้วย ทั้งนี้จะเลือกแรงดูดขนาดไหนขึ้นอยู่กับขนาดของห้องและลักษณะการประกอบอาหารเป็นหลัก

2.1.2 ประเภทเครื่องดูดควันเชิงพาณิชย์

เครื่องดูดควันเชิงพาณิชย์ เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับห้องครัวร้านอาหาร และเจ้าของกิจการเกี่ยวกับอาหาร ซึ่งจะทำให้พนักงานหรือผู้เกี่ยวข้องมีความปลอดภัย ช่วยให้อากาศบริสุทธิ์และป้องกันการเกิดไฟไหม้ โดยเครื่องดูดควันทุกตัวจะมีส่วนประกอบพื้นฐานที่เหมือนกัน ได้แก่ พัดลมอากาศ ตัวดูดควัน ปล่องดูดควัน และท่อ ซึ่งทำหน้าที่ในการกำจัดความร้อน ไอน้ำ น้ำมันหรือไอระเหยของน้ำมันและกลิ่น ออกจากห้องครัวทำให้มีอากาศบริสุทธิ์ มี 2 ประเภท ดังนี้

2.1.2.1 เครื่องดูดควันประเภทที่ 1 เป็นเครื่องดูดความมัน ที่ติดตั้งไว้ด้านบนของอุปกรณ์การปรุงอาหาร ได้แก่ เตาทอด เตาย่าง เตาย่างแบบหมุน เตาบาร์บีคิว หม้อทอด หม้อต้นไอน้ำ หรืออุปกรณ์การปรุงอาหารที่ทำให้เกิดความร้อนและความมัน เพราะเครื่องนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อให้ดักจับและระบายความร้อนและความมัน เพราะเครื่องนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อให้ดักจับและระบายอากาศออกจากอุปกรณ์ รวมทั้งช่วยกำจัดควัน ความร้อน ไอน้ำ ไขมันและไอระเหยของน้ำมันจากการปรุงาอาหาร นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับอุปกรณ์ปรุงอาหารที่ติดกับผนังหรือแบบแขวนลอยกับเพดานแบบเดี่ยวหรือแบบคู่ก็ได้ แต่อาจต้องติดตั้งเครื่องเติมอากาศ (MUFI) เพื่อให้มีอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในอาคารเพียงพอ หากพื้นที่ที่ติดเครื่องดูดควันไม่มีผนังอยู่รอบ ๆ

2.1.2.2 เครื่องดูดควันประเภทที่ 2 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สร้างสภาพแวดล้อมที่แสนสบายสำหรับผู้ที่ทำงานในห้องครัว เพราะจะใช้เพื่อกำจัดความร้อน ความชื้นและกลิ่นเท่านั้น ไม่ต้องใช้กับอุปกรณ์ปรุงอาหารที่มีไขมัน ซึ่งเหมาะกับเตาอบทั่วไป เตาอบพิซซ่าแบบไม่มีสายพาน เครื่องล้างจานที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ที่เกิดความร้อนหรือไอน้ำ และเครื่องชงกาแฟ

2.1.3 การดูแลและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องดูดควัน

เครื่องดูดควันที่ใช้สำหรับห้องครัว เพื่อให้คอยดูดอากาศที่ร้อนที่ออกมาจากเตา ออกจากห้องครัวแล้วทำให้อากาศบริสุทธิ์ และเพื่อให้ระบบระบายอากาศทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีข้อควรปฏิบัติ ดังนี้

2.1.3.1 ก่อนทำอาหาร ควรเปิดเครื่องดูดควันไว้ในระดับต่ำสุด เพื่อให้อากาศในห้องครัวถ่ายเท อากาศในห้องครัวจะหมุนเวียน โดยที่เราไม่ต้องเปิดเครื่องดูดควันด้วยความเร็วที่สูงกว่าเครื่องดูดควันจะทำงานเงียบ ขณะที่เริ่มต้นทำอาหาร

2.1.3.2 หลังทำอาหารเสร็จ ควรเปิดเครื่องดูดควันทิ้งไว้สักพัก เพื่อช่วยระบายกลิ่นในห้องครัว

2.1..3.3 การปรับระดับความเร็ว ขึ้นอยู่กับอาหารที่ทำ โดยเฉพาะอาหารประเภททอดหรือปิ้งย่าง ต้องปรับความร้อนให้สูงขึ้น แต่ถ้ารูเป็นการประกอบอาหารทั่วไป ใช้ความเร็วต่ำก็เพียงพอแล้ว

2.1.3.4 ตัวกรองคราบน้ำมัน ต้องทำความสะอาดบ่อย ๆ เพื่อให้รูที่กรองคราบน้ำมันไม่มีคราบมันมาบล๊อคไว้ เครื่องจะสามารถดูดคราบน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.3.5 เลือกใช้ท่อที่เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยตรวจดูว่าไม่ใช้ท่อแบบConcertina หรือท่อลดที่จะลดอัตราการดูดลงอย่างมาก

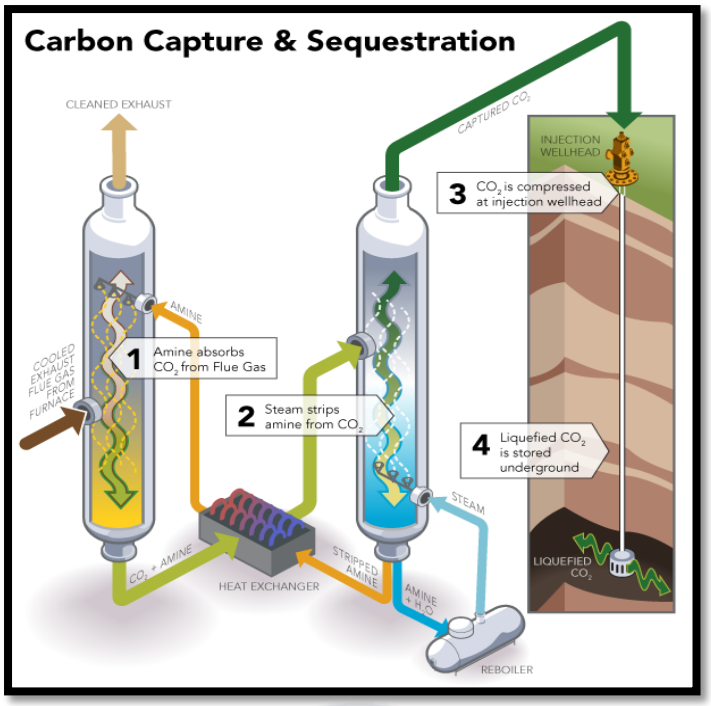
2.1.3.6 ตำแหน่งของเครื่องดูดควัน ควรมีระยะห่างของเครื่องดูดควันกับเตาประกอบอาหาร 65 เซนติเมตร หากเป็นเตาแม่เหล็กไฟฟ้าประมาณ 55 เซนติเมตร

2.1.3.7 ขนาดเครื่องดูดควันกับขนาดของเตาต้องเท่ากัน เนื่องจากไอความร้อนของเตาจะพุ่งขึ้นด้านบนโดยตรงคล้ายกับเปลวเทียน

2.1.3.8 ขนาดท่อดูดควัน ควรมีความกว้างหรือเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 150 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 7 เมตร และควรวางให้ตรงเตาที่สุดที่จะทำได้

2.1.4 เครื่องดูก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากอากาศ

การพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในการดักจับและกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นเครื่องทุ่นแรงบรรเทาวิกฤตอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผ่านกระบวนการแยกแก๊สซึ่งปล่อยให้ลอยผ่านสารละลายที่มีส่วนประกอบของเอมีน ที่มีหมู่อะมิโนหรือ $-NH_2$ เป็นหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งเอมีนจะทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปล่อยก๊าซอื่น ๆ ออกไป ทั้งนี้สารประกอบเอมีนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกให้ความร้อนด้วยไอน้ำ เพื่อสลายพันธะและแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ออกมา ก๊าซที่ได้จะถูกบีบอัดให้กลายเป็นของเหลว เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง ของเหลวนี้จะถูกส่งไปฝังไว้ใต้ดินในที่ที่มีสภาพทางธรณีวิทยาที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการรั่วไหลเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ เป็นวิธีที่ลดปราณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น โรงไฟฟ้า โรงกลั่น หรือโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ดังภาพที่ 2.1



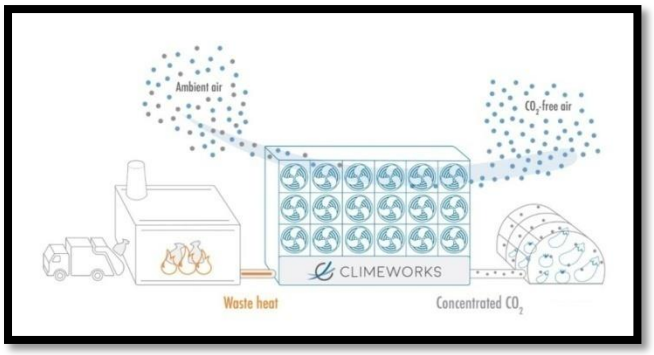
ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ที่มา: ชนกานต์ พันสา (2562: ออนไลน์)

ปัจจุบันการทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงจากแหล่งกำเนิดยังไม่พอ เราจำเป็นต้องกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศด้วย ดังนั้นจึงมีการใช้เทคโนโลยีในการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยจากครัวเรือน โรงงานขนาดเล็กและกิจกรรมทั่วไปของมนุษย์ ที่ยังไม่สามารถติดตั้งเครื่องกำจัดแบบที่กล่าวมาข้างต้นได้ บริษัท Climeworks เป็นผู้ริเริ่มเทคโนโลยีนี้ โดยนักศึกษาปริญญาโท 2 คน และพัฒนาอุปกรณ์ในระดับอุตสาหกรรมเป็นครั้งแรก ซึ่งเครื่องนี้ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ คือ พัดลมขนาดใหญ่ ปล่องหรือช่องลมให้อากาศผ่าน และแผ่นกรองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ติดตั้งอยู่ภายในดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 บริษัท Climeworks ผู้ริเริ่มใช้อุปกรณ์ดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ที่มา: ชนกานต์ พันสา (2562: ออนไลน์)

การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เริ่มจากเมื่ออากาศไหลผ่านเข้าไปยังอุปกรณ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยาเคมีกับแผ่นกรอง ซึ่งเป็นสารประกอบเอมีน คล้ายกับการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบที่กล่าวมาข้างต้น แต่อยู่ในสถานะของแข็ง หลังจากที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกจับด้วยเอมีนแล้ว อากาศที่สะอาดจะถูกปล่อยออกไปอีกด้านหนึ่ง เมื่อถึงจุดที่แผ่นกรองอิ่มตัวจากการจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ช่องลมก็จะถูกปิดและดูดอากาศออก เป็นสภาวะสุญญากาศ เครื่องนี้ก็จะมีระบบการให้ความร้อนกับแผ่นกรองจนถึงอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เพื่อกระตุ้นให้โมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาและถูกแยกออกไป เมื่อแผ่นกรองเย็นลง สารเอมีนกลับเข้าสู่สภาวะเริ่มต้น เปิดช่องลมพร้อมที่จะจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไป ดังภาพที่ 2.3 กระบวนการดังกล่าวนี้ใช้พลังงานจากเซลล์สุริยะและความร้อนจากการเผาขยะหรือของเหลือใช้จากโรงงานต่าง ๆ ที่อยู่ขางเคียง ดังนั้นจึงไม่ก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ใหม่อีก

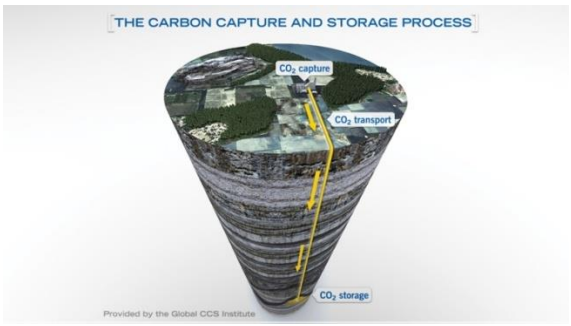


ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ที่มา: ชนกานต์ พันสา (2562: ออนไลน์)

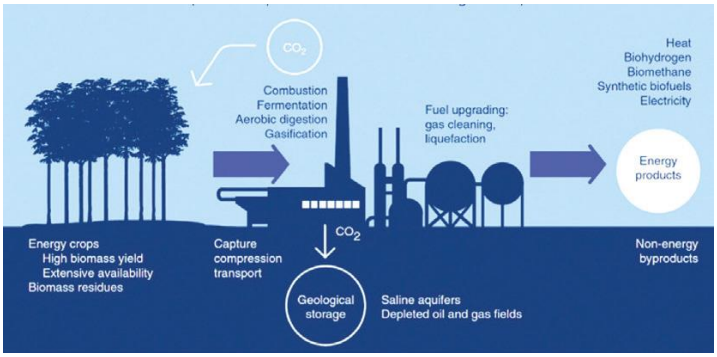
เทคโนโลยีที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์และต้องมีการสนับสนุนให้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายโดยเร็ว ควบคู่ไปกับการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งผลิตเดิมด้วย อีกทั้งความร่วมมือของทุกคนที่ยังต้องช่วยกันลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดความรุนแรงของวิกฤตการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกต่อไปอีกด้วย

2.1.5 เทคโนโลยีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เทคโนโลยีดักจับคาร์บอน (Carbon Capture and Storage: CCS) คือกระบวนการฉีดอัดก๊าซคาร์บอนร้อยละ 90 ที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่ใต้ดินที่มีความลึกหลายกิโลเมตรหรืออีกนัยหนึ่งคือ การนำคาร์บอนกลับคืนแหล่งกำเนิด และจะถูกเก็บไว้ไม่ให้รั่วไหลออกมาเป็นเวลาหลายล้านปี (www.tgo.org.th/2015/thai: 2559, ออนไลน์) ดังภาพที่ 2.4 และ 2.5



ภาพที่ 2.4 ภาพจำลองเทคโนโลยี CCS แสดงการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ใต้ดิน
ที่มา: http://www.theaustralian.com.au (2559: ออนไลน์)



ภาพที่ 2.5 กระบวนการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ใต้ดิน
ที่มา: Greennetwork Magazine (2563: ออนไลน์)

เทคโนโลยีดักจับคาร์บอน Boundary Dam 3 CCS Facility (BD3) ของบริษัท Sask Power ดังภาพที่ 2.4 สามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทะลุ 3 ล้านตัน แสดงให้เห็นว่า นักบุกเบิกเทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage: CCS) ของโรงงานแห่งนี้บรรลุเป้าหมาย การพัฒนาและมีบทบาทในการลดและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างต่อเนื่อง (RTY 9: 2562, ออนไลน์)

ภาพที่ 2.6 โรงไฟฟ้า Boundary Dam ประเทศแคนาดา โรงไฟฟ้าถ่านหินที่ใช้เทคโนโลยี CCS ในเชิงพาณิชย์เป็นแห่งแรกในโลก
ที่มา: http://www.theaustralian.com.au (2559: ออนไลน์)

และเมื่อไม่นานได้มีการลงนามบันทึกความเข้าใจระหว่างบริษัท Japan CCS co., Ltd. กรุงโตเกียว กับ International CCS Knowledge Centre เมืองริไจนา รัฐซัสแคตเชวัน ประเทศ

แคนาดา มีวัตถุประสงค์ร่วมมือกันเพื่อผลักดันการใช้เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture Utilization and Storage หรือ CCUS)

จากที่กล่าวมาข้างต้น เชื่อมโยงมาจากการประชุมข้อตกลงปารีส เมื่อปลายปี 2558 ที่มีประเทศที่ร่ำรวยหลายประเทศเร่งพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด จากโรงไฟฟ้าถ่านหิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CCS) เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จต่อการกำจัดการเพิ่มอุณหภูมิโลกในอนาคต เพราะบรรดาผู้นำโลกต่างตระหนักดีว่าการใช้ถ่านหินผลิตไฟฟ้ายังมีความจำเป็นและสำคัญต่อการพัฒนาในทุกมุมโลก ข้อตกลงกล่าวถึงเป้าหมายในการรักษาอุณหภูมิของโลกไม่ให้สูงขึ้นเกิน 2 องศาเซลเซียส เป็นผลให้ประเทศที่พัฒนาแล้วหรือประเทศที่ร่ำรวยเร่งพัฒนาเทคโนโลยีลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หนึ่งในเทคโนโลยีที่แม้ว่ายังมีราคาสูง แต่กำลังได้รับการพัฒนาให้สามารถใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ คือ เทคโนโลยีดักจับและเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage: CCS) เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนสู่โลกแห่งพลังงานสะอาด ที่มีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับศูนย์

จากเนื้อความดังกล่าวสรุปได้ว่า เครื่องดูดควันเป็นเครื่องมือในการกำจัด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการประกอบอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะอาหารปิ้งย่าง ซึ่งเป็นที่นิยมของคนในปัจจุบันทั้งที่บ้านและร้านอาหาร เพื่อความปลอดภัยทั้งสุขภาพและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ลดอุณหภูมิของโลกและบรรเทาวิกฤตการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลกอีกด้วย

2.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ทวีความรุนแรงและส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วน สาเหตุหนึ่งมาจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้น จากการกระทำของมนุษย์

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ประกอบด้วยคาร์บอน 1 อะตอม และออกซิเจน 2 อะตอม ต่อหนึ่งโมเลกุล มีสูตรเคมีคือ CO_2 เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ มีความหนาแน่น 1.98 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประมาณ 1.5 เท่าของอากาศ 0.033% โดยปริมาตร ในชั้นบรรยากาศ มีน้ำหนักโมเลกุล 44.01 หากอยู่ในสถานะของแข็ง เรียกว่า คาร์บอนไดออกไซด์แข็งหรือ Solid Carbon dioxide หรือน้ำแข็งแห้ง (Dry Ice) เมื่ออุณหภูมิ -78 องศาเซลเซียส ก๊าซนี้จะกลายเป็นของแข็งสีขาว โดยไม่ผ่านการเป็นของเหลวก่อน แต่ถ้าใช้ความดันไม่น้อยกว่า 5.1 บรรยากาศ (bar) ก็สามารถทำให้ก๊าซนี้เป็นของเหลวได้ ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ 1% ของสารละลายนั้นจะกลายเป็นกรดคาร์บอนิก และจะเปลี่ยนรูปเป็นไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตภายหลัง

นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ยังมีคุณสมบัติเป็นก๊าซเรือนกระจก เก็บความอบอุ่นไว้ภายในโลก หากปราศจากก๊าซนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกจะหนาวเย็นถึง -18 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก แต่หากมีก๊าซนี้มากเกินไป จะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

2.2.2 แหล่งกำเนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทีอยู่ในบรรยากาศโลก ประมาณร้อยละ 0.03 โดยปริมาตร ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณก๊าซเพียงเล็กน้อยมาก เมื่อเทียบกับก๊าซอื่นที่เป็นส่วนประกอบของอากาศ เช่น ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซออกซิเจน (O_2) โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตพวกพืชสีเขียวจะนำก๊าซนี้มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) สำหรับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ถือว่าก๊าซนี้ค่อนข้างค่อนข้างเป็นตัวปัญหาและพยายามหาทางในการกำจัดหรือลดปริมาณ เพื่อให้เกิดความสมดุล เนื่องจากปริมาณก๊าซนี้เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน และเป็นตัวการหนึ่งในทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ซึ่งมีที่มา ดังนี้

2.2.2.1 แหล่งที่มาจากธรรมชาติ เช่น กระบวนการหายใจ (respiration) ของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังหมายรวมถึงการหายใจระดับเซลล์ เพื่อผลิตพลังงานที่ต้องการ ซึ่งพืชและสัตว์ทุกชนิดที่คืนก๊าซนี้สู่บรรยากาศ ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + H_2O + Energy$$

อีกทั้งการสลายตัวก็ทำให้เกิดก๊าซนี้ด้วยเช่นกัน โดยที่สิ่งมีชีวิตตายลง จะถูกย่อยสลายจากแบคทีเรีย แล้วทำให้เกิดก๊าซชนิดนี้และไอน้ำปล่อยออกสู่บรรยากาศ ในระหว่างประบวนการย่อยสลาย (degradation process)

2.2.2.2 แหล่งที่มาจากจากฝีมือมนุษย์ ได้แก่

1) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล ที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอย่างสมบูรณ์ ซึ่งช่วงเวลาที่ผ่านมามีการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับการตัดไม้ทำลายป่า ทำให้ต้นไม้ที่ทำหน้าที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงประมาณ 126.8 ล้านล้านกิโลกรัมต่อปี แต่คายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของพืชประมาณ 12 ล้านล้านกิโลกรัมต่อปี มีจำนวนลดลง เมื่อหักลบแล้วพืชจะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสร้างเป็นเนื้อเยื่อไม้ประมาณ 4.8 ล้านล้านกิโลกรัมต่อปี อีกทั้งโรงงานอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซนี้ออกมาจากการเผาไหม้ โดยเฉพาะโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 5.3 ล้านล้านกิโลกรัมต่อปี หากรวมกับที่เกิดจากการสลายตัวของก๊าซมีเทนในชั้นบรรยากาศจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นประมาณ 6.8 ล้านล้านกิโลกรัมต่อปี และพืชใช้ก๊าซนี้ 4.8 ล้านล้านกิโลกรัมต่อปี จะเหลือก๊าซนี้ 2 ล้านล้านกิโลกรัมต่อปี ที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ ปริมาณก๊าซในส่วนนี้จะถูกน้ำฝนละลายลงสู่

ทะเลประมาณ 2 ล้านล้านกิโลกรัมต่อปี ทำให้เห็นถึงสมดุลของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คงเหลืออยู่ในชั้นบรรยากาศ 387 ppm. (แสวง เกิดประทุม, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2557)

2) กิจวัตรประจำวันของมนุษย์ เกือบทุกกิจกรรมในชีวิตของคนสมัยใหม่ ทิ้งรอยเท้าคาร์บอน (carbon footprint) ไว้เสมอ สำหรับคนไทยเฉลี่ยแต่ละปีในการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของคนแต่ละคนมากถึง 3.9 ตัน โดยมีกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้ (Workpoint New, 2020)

2.1 การขับรถ ซึ่งต้องใช้เชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน โดยเฉพาะการใช้น้ำมันดีเซลล์ 1 ลิตร ในการขับรถ เชื้อเพลิงนี้จะถูกเผาผลาญแล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 2.66 กิโลกรัม หากขับรถด้วยการใช้น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร เท่ากัน จะปล่อยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 2.29 กิโลกรัม

2.2 การผลิตหรือการประกอบอาหาร เช่น

2.2.1 การผลิตและขนส่งเบียร์หนึ่งขวด ขนาด 0.5 ลิตร (ผลิตในประเทศ) โดยเฉลี่ยแล้วจะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 500 กรัม แต่ถ้าหากนำเข้า (ผลิตต่างประเทศ) หรือขนส่งที่ระยะทางไกล สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 900 กรัม นอกจากนี้วัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ในการหมักเบียร์ ยังสามารถสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากถึงร้อยละ 38 รองลงมาคือไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ร้อยละ 27 และกระบวนการขนส่งทั้งหมดร้อยละ 18

2.2.2 แฮมเบอร์เกอร์ จากกระบวนการผลิตขนาดชิ้นมาตรฐานน้ำหนัก 115 กรัม สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2.5 กิโลกรัม ซึ่งส่วนใหญ่มาจากเนื้อวัวที่อยู่กลางชิ้นแฮมเบอร์เกอร์น้ำหนัก 108 กรัม ก่อนมาถึงมือผู้บริโภคได้สร้างก๊าซนี้ให้โลกมากถึง 1,910 กรัม เนื่องจากกระบวนการเลี้ยงวัวต้องใช้อาหารและน้ำปริมาณมาก

2.2.3 อาหารปิ้งย่างที่มีไขมัน เช่น หมูปิ้ง หมูย่าง ไก่ปิ้ง เนื้อย่าง เวลาปิ้งหรือย่างจะมีไขมันตกลงไปในถ่าน ทำให้เกิดก๊าซที่เป็นพิษด้วยเช่นกัน (คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล; 2557)

2.3 การดูทีวี หากเป็นทีวีจอแบนขนาด 32 นิ้ว เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 97 กรัม ส่วนทีวีจอพลาสมาขนาด 42 นิ้ว เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สร้างก๊าซนี้ 240 กรัม

2.4 . การใช้โทรศัพท์มือถือ โดยการคุย 1 นาที สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 57 กรัม หากเป็นโทรศัพท์ Nokia รุ่น N7600 สร้างก๊าซนี้ร้อยละ 6.8 ของทั้งหมด ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กว่าร้อยละ 49 มาจากส่วนที่เกี่ยวข้องกับเสาส่งสัญญาณมือถือ

2.5 การต้มน้ำชงกาแฟ โดยการชงกาแฟ 1 ถ้วย ต้องต้มน้ำซึ่งต้องพลังงานไฟฟ้า หากต้มน้ำในปริมาณ 1 ถ้วยพอดีเป๊ะ จะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 23 กรัม แต่ถ้าเป็นกาแฟที่ใส่นม และน้ำที่ต้มนั้นเกินกว่าที่ต้องใช้ชงกาแฟถ้วยนั้นจริง ๆ เท่าตัว จะสร้างก๊าซนี้ 74 กรัม

2.6 การเสิร์ชกูเกิ้ล (Google Search) แต่ละครั้งเฉลี่ยแล้ว สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.35 กรัม แบ่งเป็น พลังงานจากไฟฟ้าที่ใช้โดยกูเกิ้ล 0.2 กรัม และ จากคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก ฝั่งผู้ใช้ 0.1 กรัม นอกจากนี้ไฟฟ้าที่ผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตต้องใช้ด้วย ซึ่งคาดว่าน่าจะคิดเป็นร้อยละ 50 ของไฟฟ้าที่คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กใช้หรือเท่ากับ 0.05 กรัม รวมแล้วการเสิร์ชกูเกิ้ล 1 ครั้ง สร้างก๊าซรี้อย่างน้อย 0.35 กรัม และตัวเลขสูงกว่านี้ หากเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นเก่าที่กินไฟมาก อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าตัวเลข 0.35 กรัม จะดูเป็นตัวเลขที่ไม่มาก แต่ถ้าคนทั่วโลกใช้กูเกิ้ลเสิร์ชกันในแต่ละวัน ๆ ละ 3,500 ครั้ง หรือปีละมากกว่า 1.2 ล้านล้านครั้ง จะสามารถสร้างก๊าซนี้ในปริมาณไม่น้อยเลย

2.2.3 ผลกระทบที่เกิดจาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลอยฟุ้งกระจาย ที่ลอยฟุ้งกระจายในบรรยากาศโลก หากสัมผัสหรือได้รับสารนี้เข้าไป จะส่งผลกระทบ ดังนี้

2.2.3.1 สุขภาพอนามัยของมนุษย์ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ ทำให้เกิดอาการเฉียบพลันได้ในกรณีที่ก๊าซนี้แทนที่ออกซิเจนในบริเวณที่จำกัด ทำให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจ หากสูดดมเข้าไปในปริมาณมาก ๆ จะทำให้เลือดเป็นกรดและกระตุ้นระบบหายใจให้หายใจเร็วขึ้น ทำให้หัวใจเต้นเร็ว หายใจติดขัด หายใจลำบาก จนถึงอาการขาดออกซิเจนคือปวดศีรษะ วิงเวียน ความดันสูง อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น ความเข้มข้นสูงถึงร้อยละ 12 หรือมากกว่าจะหมดสติภายใน 1-2 นาที

2.2.3.2 สิ่งแวดล้อม

1)ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น น้ำท่วมฉับพลัน เป็นผลมาจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เพิ่มมากขึ้นในบรรยากาศถึงร้อยละ 20 ทำให้อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้น น้ำทะเลขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน น้ำแข็งในแถบขั้วโลกละลายเป็นน้ำ ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 40 – 120 เซนติเมตร และทำให้เกิดความแปรปรวนของอากาศ มีพายุลมมรสุมในคาบสมุทรเอเชียแปซิฟิกเพิ่มกำลังแรงมากขึ้น และพัดเลยขึ้นเหนือไป ทำให้ฝนตกในที่กันดาร ตลอดจนส่งผลให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันบางแห่ง บางแห่งจะเกิดปัญหาน้ำเซาะ ดินพังทลายลง ตะกอนที่มากับกับน้ำขุ่นทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน ในทางกลับกันบางที่ที่เคยมีฝนตกชุกอาจเกิดความแห้งแล้งได้ นอกจากนี้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศยังมีผลต่อการเพิ่มของปริมาณน้ำฝนถึงร้อยละ 7 -15 ทั่วโลก เนื่องจากพืชมีการเร่งการสังเคราะห์ด้วยแสงขึ้น ส่งผลต่อการเกิดวัฏจักรของน้ำด้วย

2) ปรากฏการณ์โลกร้อน (Grobal warming) หมายถึง การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทรตั้งแต่ช่วงครึ่งหลังคริสต์สตวรรษที่ 20 เพิ่มสูงขึ้นและ

คาดการณ์ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก เป็นผลมาจากก๊าซเรือนกระจก

3) วัสดุ อาคาร และสิ่งปลูกสร้าง เนื่องจากสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาในอากาศรวมตัวกับน้ำฝน ทำให้น้ำฝนมีสภาพความเป็นกรดหรือเรียกว่า “ฝนกรด” (acid rain) คือ กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำฝนที่ตกตามธรรมชาติมีความเป็นกรดที่ค่า pH 5.6 แต่ถ้าตกในบริเวณที่มีระดับความเข้มข้นของสารมลพิษสูงจะทำให้กรดมีฤทธิ์ที่รุนแรง สามารถทำลายวัสดุอาคาร และสิ่งปลูกสร้างที่มีส่วนประกอบจากหินปูน ($CaCO_3$) ก็จะสามารถกัดกร่อนได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สูญเสียความงดงามของสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งรูปปั้นที่ใช้ตกแต่งตามอาคารจะมีรูปร่างผิดไปจากเดิม สิ้นเปลืองทรัพย์สินในการบูรณะซ่อมแซมให้กลับมามีลักษณะที่ดีดังเดิม

4) ระบบนิเวศทางน้ำ ด้วยความเป็นกรดนี้มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ฮอร์โมน และโปรตีนอื่น ๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ซึ่งตามปกติแล้วสิ่งมีชีวิตสามารถควบคุมค่าความเป็นกรด ภายในร่างกายได้พอสมควรเท่าที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามค่า pH ของสิ่งแวดล้อมที่ต่ำอย่างเนื่องจะส่งผลต่อระบบการทำงานของร่างกาย รวมทั้งไข่ของสัตว์ที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการปฏิสนธิ เช่น ปลา หากค่า pH ต่ำจะทำให้ไข่ฝ่อก่อนจะเป็นตัวอ่อน มีผลต่อการขยายพันธุ์ของปลา ทำให้ประชากรปลาลดลง นอกจากนี้ระบบนิเวศทางน้ำที่เป็นกรดยังมีผลต่อสายพันธุ์ สปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่ไวต่อความเป็นกรดจนอาจถึงตายได้

2.2.4 กระบวนการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซชีวภาพ

กระบวนการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซชีวภาพนั้นเป็นกระบวนการดักจับหรือทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลุดออกหรือแยกตัวออกจากก๊าซชีวภาพที่ผสมอยู่ซึ่งกรรมวิธีในการแยกก๊าซชีวภาพที่พบเห็นโดยทั่วไปเป็นการแยกด้วยวิธีดูดซับ (Adsorption) ซึ่งการดูดซับเป็นกระบวนการที่เกี่ยวกับการสะสมตัวของสารหรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิวหน้า (Interface) กระบวนการนี้เกิดขึ้นระหว่างสาร 2 สถานะเช่น ก๊าซกับของแข็ง หรือของเหลวกับของแข็ง โดยโมเลกุลที่ถูกดูดซับ (Adsorbate) ส่วนสารที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกว่า (Adsorbent) โดยในการดูดติดผิวจะมีอยู่ 2 แบบ คือ การดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.4.1 การดูดซับทางกายภาพ

เป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อน คือแรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals Forces) ซึ่งเกิดจากการรวมแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic force)

แรงการกระจาย (Dispersion force) หรือแรงลอนดอน (London force) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลที่ค้นพบโดยลอนดอน (Fritz-London) เมื่อปี ค.ศ. 1950 แรงชนิดนี้เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลที่ไม่มีขั้วหรือระหว่างอะตอมของพวกแก๊สเฉื่อย เนื่องมาจากการกระจายของหมอก

อิเล็กตรอนซึ่งเกิดการไม่สมมาตรเพราะการเคลื่อนที่ตลอดเวลาของอิเล็กตรอนทำให้เกิดขั้วขึ้นชั่วคราวบนอะตอมหรือโมเลกุลสารนั้น ๆ ขั้วที่ตรงข้ามกันจะเกิดการดึงดูดกันจึงเกิดแรงชนิดนี้ขึ้น ซึ่งแสดงการยึดระหว่างพันธะ

แรงไฟฟ้าสถิต เป็นแรงในกลุ่มโมเลกุล (สารประกอบโคเวเลนต์) ที่มีขั้วแต่ไม่เกิดพันธะไฮโดรเจน โดยขั้วที่ต่างกันจะเกิดแรงดึงดูดกันอย่างอ่อน ๆ

จากแรงดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนทำให้การดูดซับประเภทนี้มีการคายพลังงานความร้อนค่อนข้างน้อยหรือต่ำกว่า 20 KJ/mole และสามารถเกิดการผันกลับของกระบวนการได้ง่ายหรือสามารถฟื้นฟูสภาพของสารดูดซับได้ง่าย โดยสารที่ถูกดูดซับสามารถเกาะอยู่บริเวณรอบ ๆ ผิวของสารดูดซับได้หลายชั้น(Multilayer) หรือในแต่ละชั้นของโมเลกุลสารถูกดูดซับจะติดอยู่กับชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับในชั้นก่อนหน้านี้ โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารถูกดูดซับและจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของสารถูกละลายในสารละลายนั้น สำหรับสารดูดซับที่นิยมนำมาใช้ในการดูดซับมีหลายชนิดเช่น ถ่านกัมมันต์ ซีโอไลต์ ซิลิกาเจล แกรไฟล์และอัลคาไรด์ เป็นต้น

2.2.4.2 การดูดซับทางเคมี

เป็นการดูดซับที่เกิดขึ้น เมื่อสารถูกดูดซับกับสารดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ส่งผลให้เกิดดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารถูกดูดซับเดิม คือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเดิมแล้วมีการจัดเรียงอะตอมไปเป็นสารประกอบใหม่ โดยพันธะเคมีซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรงมีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้มีการคายพลังงานความร้อนออกมาค่อนข้างสูงประมาณ 50 – 400 KJ/mole จึงทำให้การกำจัดสารถูกดูดซับออกจากผิวสารดูดซับทำได้ยาก คือไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ (Irreversible) และการดูดซับประเภทนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Monolayer) เท่านั้น สำหรับสารดูดซับที่นิยมนำมาใช้ในการดูดซับทางเคมี มีหลายชนิดเช่น สารละลายแคลเซียมและสารละลายลิเทียม เป็นต้น

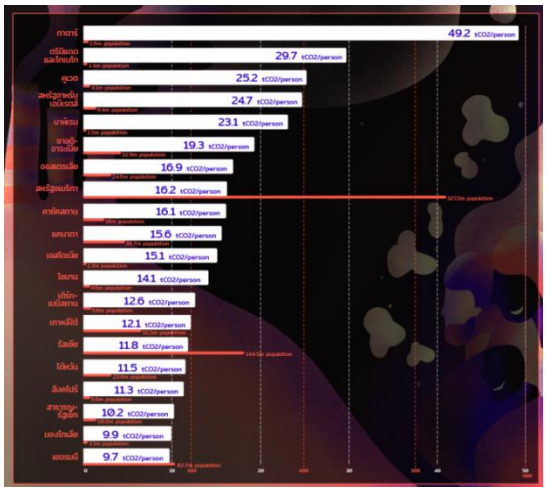
2.2.5 อันดับประเทศที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดในโลก

สถาบัน American Meteorological Society ได้รายงานถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างไม่เคยมีมาก่อนอย่างน้อยประมาณ 800,000 ปี โดยปี พ.ศ. 2561 สูงถึงระดับ 407.4 ppm (Parts per Million) ซึ่งเพิ่มจากปี พ.ศ. 2559 ถึงปริมาณ 2.4 ppm และเมื่อพิจารณาจากรายงานของ Global Carbon Project ของ Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) ถึงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในปี พ.ศ. 2559 ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ในแต่ละประเทศมาจัดอันดับพบว่า ประเทศที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดเป็นอันดับที่ 1 ได้แก่ ประเทศจีน คิดเป็นร้อยละ 27.2 ของปริมาณก๊าซทั้งหมด 36,153 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ($MtCO_2$)

รองลงมาเป็นประเทศสหรัฐอเมริกาและอินเดีย ซึ่งหากรวมปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทั้ง 3 ประเทศนี้ ถือว่าเป็นปริมาณครึ่งหนึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดทั่วโลก และประเทศที่มีอันดับรองลงมาอีก 5 ประเทศ ได้แก่ ประเทศรัสเซีย และประเทศญี่ปุ่นดังภาพ 2.7

ภาพที่ 2.7 ประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในโลก
ที่มา: https://themomentum.co/world-emissions/ (2562: ออนไลน์)

แต่ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรในแต่ละประเทศกับจำนวนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ประเทศที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรได้แก่ ประเทศการ์ตา เป็นอันดับที่ 1 รองลงมาคือประเทศตรินิแดดโตเบโก ประเทศคูเวต ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และประเทศบาห์เรน ดังภาพ 2.8



ภาพที่ 2.8 ประเทศที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเมื่อเทียบกับจำนวนประชากร
ที่มา: https://themomentum.co/world-emissions/ (2562: ออนไลน์)

หากพิจารณาจากข้อมูลทั้ง 2 ชุดที่กล่าวมาข้างต้นประกอบกันจะมี 6 ประเทศที่ติดทั้งกลุ่มประเทศที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดและประเทศที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนประชากร ได้แก่ ประเทศซาอุดิอาระเบีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศแคนาดา ประเทศเกาหลีใต้ ประเทศรัสเซีย และประเทศเยอรมนี

สำหรับสถานการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย ได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมข้อตกลงปารีส ภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติที่ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปี พ.ศ. 2559 โดยได้กำหนดเป้าหมายการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเฟสแรกให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 7 ภายในปี พ.ศ. 2563 และร้อยละ 20 – 25 ภายในปีพ.ศ. 2573 ซึ่งในปี พ.ศ. 2562 ที่ผ่านมา ประเทศไทยสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 45.68 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเท่ากับร้อยละ 12 ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่ประกาศไว้ และคาดว่าเมื่อถึงปี พ.ศ. 2573 ประเทศไทยจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 156.86 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือร้อยละ 28.2 (https://themomentum.co/world-emissions/, 2562: ออนไลน์)

จากเนื้อความดังกล่าวสรุปได้ว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วยคาร์บอน 1 อะตอม และออกซิเจน 2 อะตอม พบในชั้นบรรยากาศโลก เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล กิจวัตรประจำวันของมนุษย์ การผลิตหรือการประกอบอาหาร ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคนและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก นับวันยิ่งมีปริมาณสูงขึ้นทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศจีน ซึ่งติดอันดับหนึ่งของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด

2.3 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับ

การดูดซับเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสะสมตัวของสารหรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิวหน้า (Interface)

2.3.1 การดูดซับ

การดูดซับ (Adsorption) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่พื้นที่ผิวของสารถูกดูดซับ (Adsorbate) ที่สัมผัสโดยตรงกับสารดูดซับ (Adsorbent) โดยสารที่มีพลังงานอิสระที่ผิว (Surface free energy) ต่ำจะถูกดูดซับได้ แต่สารที่มีพลังงานอิสระที่ผิวสูงจะไม่ถูกดูดซับ กระบวนการดูดซับเกิดขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างสารถูกดูดซับกับสารดูดซับ ปริมาณการดูดซับขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ธรรมชาติของสารถูกดูดซับกับสารดูดซับ พื้นที่ผิวของตัวดูดซับ พลังงานกระตุ้นของตัวดูดซับ และสภาวะการดูดซับ อาทิ อุณหภูมิ ความเข้มข้น ความดัน และพลังงานศักย์ของอันตรกิริยาระหว่างสารที่ถูกดูดซับ (อาจเป็นของแข็ง ของเหลวหรือแก๊ส) กับสารดูด

ซับ (ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือของแข็ง) ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันหรือความเข้มข้น และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ปริมาณการดูดซับเปลี่ยนแปลง

เมื่อพิจารณาถึงสถานะของสารละลายและสถานะของตัวดูดซับที่สัมผัสกันแล้ว สามารถจำแนกการดูดซับได้เป็น

การดูดซับของเหลวโดยของเหลว (Liquid-Liquid Adsorption)

การดูดซับก๊าซโดยของเหลว (Gas – Liquid Adsorption)

การดูดซับของเหลวโดยของแข็ง (Liquid – Solid Adsorption)

การดูดซับก๊าซโดยของแข็ง (Gas – Solid Adsorption)

หากโมเลกุลของของเหลวหรือโมเลกุลของก๊าซที่ถูกดูดซับไว้หลุดออกจากผิวของสารดูดซับเข้าสู่วัฏภาคของก๊าซหรือของเหลว เรียกว่า การคายกลับ (Desorption) การนำสารถูกดูดซับออกมาจากตัวดูดซับเพื่อให้สามารถนำเอาสารดูดซับกลับมาใช้ใหม่ เรียกว่า กระบวนการรีเจนเนเรชัน (Regeneration Processing) อาจกระทำได้โดยการใช้ความร้อน (Thermal Swing Regeneration) หรือลดความดัน (Pressure Swing Regeneration) (ซูไฮณี บินเยาะ, 2554: 8)

การเคลื่อนย้ายสารจากของเหลวมายังผิวของของแข็งจะเกิดขึ้นใน 2 ลักษณะ คือ

1. สารที่ไม่ชอบตัวทำละลาย (Lyophobic) ในกรณีที่ของเหลวเป็นน้ำ สารที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) จะพยายามแทรกตัวอยู่ระหว่างน้ำกับของแข็งและดูดติดที่ผิวของของแข็งในที่สุด

2. สารที่ชอบตัวทำละลาย (Lyophilic) โดยความชอบของตัวถูกละลายที่จะไปเกาะติดที่ผิวของของแข็งมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ ดังนี้

2.1 แรงดึงดูดทางไฟฟ้า (Electrical Attraction Force) เป็นแรงที่มีการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งไอออนที่มีประจุจะเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนและเกาะติดกับโมเลกุลของสารอื่นได้

2.2 แรงดึงดูดแวนเดอร์วาล (Van Der Waal's Force) เป็นแรงที่มีลักษณะการดูดซับทางกายภาพ (Physical Adsorption) โดยตัวถูกละลายจะไม่เกาะติดที่ส่วนใดส่วนหนึ่งแต่จะสามารถเกาะติดได้อย่างอิสระ และเคลื่อนที่ได้ระหว่างผิวของสารทั้งสอง บางครั้งเรียกได้ว่าเป็นการดูดซับในอุดมคติ (Ideal Adsorption) ซึ่งการดูดซับลักษณะนี้จะเกิดขึ้นได้ดีในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ

2.3 ธรรมชาติทางเคมี (Chemical Nature) จะเกิดในลักษณะที่ตัวถูกดูดซับเกิดปฏิกิริยากับตัวดูดซับ โดยการดูดซับจะเกิดได้ดีในที่ที่อุณหภูมิสูง เรียกชื่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่า Chemical Adsorption, Activated Adsorption หรือ Chemisorptions ซึ่งการดูดซับลักษณะนี้ ตัวถูกดูดซับจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในระหว่างผิวของสารทั้งสองและเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (ปรินทร เต็มญารศิลป์, 2551:33)

การดูดซับมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เนื่องจากสามารถใช้ดูดซับโมเลกุลของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่น สี เชื้อโรค และสารพิษต่าง ๆ การเกาะติดผิว

ของโมเลกุลสารอินทรีย์ตามธรรมชาติบน Ion Exchange Resins และ Adsorbent Resins เป็นสิ่งที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ และมีบทบาทมากในการผลิตน้ำประปา เนื่องจากสามารถกำจัดมลสารที่เล็กมาก ๆ ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้โดยวิธีตกตะกอนหรือการกรองธรรมดา สารดูดซับที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ Activated Carbon, Adsorbent Resins, Ion Exchange Resins, Metal Oxides, Hydroxides and Carbonate, Clays, Activated Alumina และของแข็งอื่น ๆ ที่แขวนลอยอยู่หรือสัมผัสกับน้ำ (อธิชัย นพแก้ว ,2539:9)

2.3.2 กลไกการดูดซับ

การดูดซับของสารประกอบอินทรีย์ เกิดจากแรงรวมตัว (Binding Force) หลายชนิดระหว่างโมเลกุลของสารอินทรีย์และพื้นผิวของคาร์บอน ซึ่งแรงทั้งหมดมีแหล่งที่มาจากอันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interaction) การดูดซับที่สำคัญแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การดูดซับทางกายภาพ (Physisorption) และ การดูดซับทางเคมี (Chemisorption) การดูดซับทั้ง 2 แบบนี้เกิดขึ้น เมื่อโมเลกุลในชั้นของเหลวเข้าใกล้และยึดติดกับผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดที่ผิวของของแข็ง สามารถเอาชนะพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารที่อยู่ในของเหลว ซึ่งความแตกต่างของการดูดซับทางกายภาพและทางเคมี มีรายละเอียดดังนี้

2.3.2.1 การดูดซับทางกายภาพ

การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorptiob หรือ Physisorption) อาศัยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าอย่างอ่อน ๆ เรียกว่า แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals) หรือพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) แรงดึงดูดระหว่างสารที่อยู่ในของเหลวกับสารดูดซับมีมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างสารในของเหลวกับของเหลว ทำให้สารที่อยู่ในของเหลวเข้าติดอยู่ที่สารดูดซับแทน การดูดซับทางกายภาพไม่มีแรงกระตุ้น (Activation energy) มาเกี่ยวข้องความร้อนของการดูดซับมีค่าน้อยการกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับได้ง่ายและการดูดซับเกิดซ้อนกันได้หลายชั้น (Multilayer) โดยแต่ละชั้นจะซ้อนทับกันอยู่เหนือชั้นที่เกิดขึ้นก่อน โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารและเกิดขึ้นได้ไม่ดีที่อุณหภูมิต่ำ

2.3.2.2 การดูดซับทางเคมี

การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption หรือ chemisorption) เกิดขึ้นเมื่อตัวดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากตัวถูกดูดซับเดิม คือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมและกลุ่มอะตอมเดิม แล้วมีการจัดเรียงอะตอมขึ้นใหม่ โดยมีพันธะเคมีที่แข็งแรง แรงที่ใช้ดูดซับเป็นพันธะโคเวเลนซ์ มักเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตของสารที่ถูกดูดซับ มีพลังงานกระตุ้น (Activation energy) เข้ามาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูงการกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับได้ยากและการดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว

2.3.3 สารดูดซับ

สารดูดซับที่ใช้ในกระบวนการดูดซับมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ดินเหนียวประเภทต่าง ๆ แอคติเวตเต็ดซิลิกา แอคติเวตเต็ดอลูมินา ซิลิการเจล แมกนีเซียมออกไซด์ และถ่านกะลามะพร้าว เป็นต้น อย่างไรก็ตามสารพวกโลหะหมู่ 1 และหมู่ 2 สามารถนำมาใช้เป็นตัวดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดังนี้

2.3.3.1 ลิเทียมไฮดรอกไซด์ (Lithium hydroxide, LiOH)

ลิเทียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตร LiOH เป็นวัสดุผลึกสีขาวที่ดูดกลืนได้ สามารถละลายได้ในน้ำและละลายได้เล็กน้อยในเอธานอลและสามารถใช้ได้ในเชิงพาณิชย์ในรูปแบบไม่มีน้ำและเป็น monohydrate ($LiOH.H_2O$) ซึ่งทั้งสองอย่างนี้เป็นฐานที่แข็งแรง เป็นฐานที่อ่อนที่สุดในโลหะไฮดรอกไซด์ โลหะอัลคาไลด์

การผลิตและปฏิกิริยา

ลิเทียมไฮดรอกไซด์เกิดขึ้นในปฏิกิริยาระหว่างโลหะลิเทียมคาร์บอเนตกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

$$Li_2CO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2LiOH + CaCO_3$$

ในห้องปฏิบัติการลิเทียมไฮดรอกไซด์เกิดจากการกระทำของน้ำลิเทียมหรือลิเทียมออกไซด์ ดังสมการ

$$2Li + 2H_2O \longrightarrow 2LiOH + H_2$$

$$Li_2 + H_2O \longrightarrow 2LiOH$$

โดยปกติปฏิกิริยาเหล่านี้จะถูกหลีกเลี่ยง แม้ว่าลิเทียมคาร์บอเนตจะใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น แต่ไฮดรอกไซด์เป็นสารตั้งต้นที่มีประสิทธิภาพสำหรับเกลือลิเทียม เช่น

$$LiOH + HF \longrightarrow LiF + H_2O$$

การประยุกต์ใช้

1) ลิเทียมไฮดรอกไซด์ใช้เพื่อผลิตจาระบีลิเทียม จาระบีลิเทียมที่นิยมคือลิเทียมสเตียเรท ซึ่งเป็นน้ำมันหล่อลื่นสำหรับการหล่อลื่นทั่วไป เนื่องจากความต้านทานต่อน้ำและความสามารถในการใช้งานที่อุณหภูมิสูงและต่ำ

2) ลิเทียมไฮดรอกไซด์เป็นสารเคมีที่น้ำหนักเบาและมีประสิทธิภาพในการกรองให้อากาศบริสุทธิ์ ในพื้นที่จำกัด เช่น ยานอวกาศ ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สามารถทำให้เสียสุขภาพหรือเกิดพิษได้ ลิเทียมไฮดรอกไซด์จะช่วยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ โดยการเข้าทำปฏิกิริยาและเกิดเป็นลิเทียมคาร์บอเนต ดังสมการเคมี

$$2LiOH.H_2O + CO_2 \longrightarrow Li_2CO_3 + 3H_2O$$

หรือ

$$2LiOH + CO_2 \longrightarrow Li_2CO_3 + H_2O$$

2.3.3.2 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium hydroxide, $Ca(OH)_2$)

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือเรียกว่าปูนผิว เป็นอนินทรีย์ที่มีสูตรทางเคมี $Ca(OH)_2$ มีมวลโมเลกุล 74.09 กรัม/โมล ลักษณะเป็นผลึกไม่มีสีหรือผงสีขาวได้จากการเจือจางแคลเซียมออกไซด์กับน้ำที่มีความหนาแน่น 2.21 กรัม และจุดหลอมละลาย 580 องศาเซลเซียส สารละลายอิ่มตัวของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ รู้จักในชื่อน้ำปูนใส หากทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปแบบแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีประโยชน์ที่เรียกว่า carbonatation ดังสมการเคมี

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

1) การนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาใช้ประโยชน์

เราสามารถนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาใช้ประโยชน์ ได้ดังนี้

1.1 ด้านอุตสาหกรรม เช่น ในกระบวนการกระดาษคราฟท์ เป็นตะกอนในน้ำและบำบัดน้ำเสีย ในการเตรียมความพร้อมของแอมโมเนีย และตัวปรับค่า pH นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในซีเมนต์ฉาบและครก

1.2 ด้านอาหาร แคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถ

1.2.1 ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหาร ไม่ว่าจะเป็นผัก แป้ง ขนม ของหวาน หรือเนื้อสัตว์ ให้มีความแข็งหรือความกรอบเพิ่มขึ้น โครงสร้างของอาหารยึดเกาะกันได้ดีขึ้น เนื้ออาหารไม่แฉะหรือติดมือ

1.2.2 ช่วยรักษาสภาพของเนื้อสัมผัสให้คงรูปอยู่เสมอ และป้องกันการเปื่อยยุ่ยของอาหารได้ เพราะแคลเซียมอิออนจากสารละลายจะแทรกตัวอยู่ในเนื้อเยื่อของอาหาร และเข้าทำปฏิกิริยากับ

เพคตินในผนังเซลล์ของอาหารกลายเป็นแคลเซียมเพคเทต ที่มีคุณสมบัติแข็งแรง โมเลกุลไม่ละลายน้ำ และไม่ยอมให้น้ำผ่านเข้าได้

1.2.3 เป็นแหล่งเพิ่มธาตุแคลเซียมให้แก่อาหาร เพราะเมื่อใช้น้ำปูนใสในการแช่หรือเติมในอาหารนั้น จะมีธาตุแคลเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำปูนใสผสมเข้ากับอาหารด้วย ซึ่งเมื่อรับประทานอาหารเหล่านี้ ก็ย่อมได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงโรคกระดูกพรุน ลดความเสี่ยงโรคข้อกระดูกเสื่อม และเสริมสร้างกระบวนการสร้างกระดูก เป็นต้น

1.2.4 หากใช้กับผลไม้หรือเนื้อสัตว์ นอกจากจะทำให้เนื้อสัมผัสมีความกรอบแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นสารกันบูดด้านการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และป้องกันอาหารบูดเน่าได้

1.2.5 เมื่อฉีดพรมผักหรือผลไม้ จะมีส่วนสำคัญในการยืดอายุของผักหรือผลไม้ได้

1.2.6 การแช่ผักหรือผลไม้ด้วยน้ำปูนใส ความเป็นด่างของน้ำปูนใสจะช่วยล้างยาฆ่าแมลง และโลหะหนักที่ตกค้างได้ จึงเป็นที่นิยมนำน้ำปูนใสมาล้างผักหรือผลไม้ก่อนรับประทานเช่นกัน

2.3.3.3 ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอน เช่น วัตถุดิบจากการเกษตร ถ่านโค้ก ถ่านหิน เป็นต้น นำมาเผาไล่องค์ประกอบที่ระเหยง่ายที่อุณหภูมิ 400 – 500 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่ไม่มีออกซิเจน จะได้ถ่านที่มีรูพรุนหรือพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จึงต้องมีการเพิ่มพื้นที่ผิวโดยทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซออกซิไดซ์บางชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือไอน้ำ เป็นต้น จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 300 – 2,500 ตารางเมตรต่อกรัม (Yang, 1987) และพื้นที่ผิวไม่มีขั้ว จึงเหมาะสำหรับการดูดซับสารประกอบที่ไม่มีขั้ว โดยมากใช้ดูดซับไอของสารประกอบอินทรีย์ในก๊าซหรืออากาศหรือดูดซับสารประกอบอินทรีย์ที่เจือปนในน้ำ (ภาวนี ตาลเถื่อน, 2556)

2.3.3.4 อะลูมินา

อะลูมินา ผลิตจากสารประกอบอะลูมินัมไตรไฮเดรต ($Al(OH)_3$) ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยการเผาไล่โมเลกุลของน้ำออกจากสารประกอบที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ เพื่อให้เกิดผลึกอะลูมินา ซึ่งพื้นที่ผิวประมาณ 250 ตารางเมตรต่อกรัม หรืออาจเผาไล่น้ำที่อุณหภูมิ 400 – 800 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อให้ได้อะลูมินาที่มีพื้นที่ผิวประมาณ 300 – 350 ตารางเมตรต่อกรัม และมีรูพรุนขนาดใหญ่กว่า 50 อังสตรอม พื้นผิวมีลักษณะความเป็นขั้วสูง จึงเหมาะสำหรับการดูดซับโมเลกุลที่มีขั้ว เช่น ไอน้ำ เป็นต้น (ภาวนี ตาลเถื่อน, 2556)

2.3.3.5 ซิลิกาเจล (Silica Gel)

ซิลิกาเจลที่มาจากการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาเคมีระหว่าง สารประกอบโซเดียมซิลิเกต และกรดกำมันถัน (H_2SO_4) หรือกรดเกลือ (HCl) จะได้ผลึกซิลิกาที่มีน้ำอยู่ด้วยหรือ ไฮโดรซอล

(hydrosol, SiO_2,nH_2O) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเจล เมื่ออบให้แห้งจะได้ผลึกของซิลิกาเจล ขึ้นความเข้มข้นของซิลิกา อุณหภูมิ และความเป็นกรดด่างในกระบวนการผลิต ดังนั้นผลึกซิลิกาเจลจึงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ซิลิกาเจลชนิดธรรมดาที่มีพื้นที่ผิวประมาณ 750 – 850 ตารางเมตรต่อกรัม และมีขนาดรูพรุนเฉลี่ยประมาณ 22 – 26 อังสตรอม กับซิลิกาเจลที่มีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งมีพื้นที่ผิวประมาณ 100 -150 อังสตรอม เนื่องจากพื้นที่ผิวของซิลิกาเจลมีขั้วจึงสามารถดูดซับโมเลกุลมีขั้วได้ดีเช่นเดียวกับอะลูมินา แต่ความสามารถในการดูดซับจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงนิยมใช้ดูดความชื้นที่ช่วงอุณหภูมิปกติหรือสูงกว่าอุณหภูมิปกติเล็กน้อย ในขณะเดียวกันพลังงานจากการดูดซับโมเลกุลของน้ำใกล้เคียงกับปริมาณความร้อนแฝงของการควบแน่นไอน้ำที่สภาวะเดียวกัน จึงสามารถนำซิลิกาเจลกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย โดยการอบไล่โมเลกุลของน้ำที่ถูกดูดซับไว้ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส (ภาวนี ตาลเถื่อน, 2556)

จากเนื้อความดังกล่าวสรุปได้ว่า การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีกลไกการดูดซับทางเคมีและทางกายภาพ นอกจากนี้ยังมารดูดซับที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้แก่ ลิเทียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ถ่านกัมมันต์ อะลูมินา และซิลิกาเจล ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภทตามคุณลักษณะสำคัญของสารดูดซับนั้น ๆ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เยาวรินทร์ รอดมณี และ ระพี กาญจน (2555) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซี่เซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต พบว่าเครื่องดูดควันที่ใช้ตามร้านขายอาหารมักจะไม่มีระบบบำบัดอากาศ จึงส่งผลให้เกิดมลพิษอากาศ ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต เพื่อสลายควันจากการประกอบอาหาร โดยใช้แรงไฟฟ้าแยกอนุภาคออกจากอากาศ เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องช่วยในการออกแบบ โดยการหาความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์นำมาใช้ร่วมกับทฤษฎีฟัซซี่เซต (FQFD) เพื่อลดความคลุมเครือ จากการประเมินของลูกค้าและทีมพัฒนา การดำเนินงานวิจัยใช้แบบสอบถามในการสำรวจความต้องการกลุ่มตัวอย่างคือผู้ประกอบการร้านขายอาหาร ที่ใช้เครื่องดูดควันแบบติดตั้งภายนอกอาคารจำนวน 100 ราย จากนั้นใช้ FQFD แปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นลักษณะทางวิศวกรรม (เฟสที่ 1 การวางแผนผลิตภัณฑ์) (เฟสที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์) โดยศึกษาจากฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับปัจจัยประหยัดไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือ ความปลอดภัยในการใช้งานและสามารถดูดควันได้หมด ผลจาก FQFD เฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 ทำให้ได้ข้อกำหนดส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ข้อ แรกคือ ขนาดพัดลม วัสดุใช้ทแรกคือ ขนาดพัดลม วัสดุใช้ทำโครงและวัสดุที่ใช้กรองฝุ่น

นันท์นภัส รุนรักษา อาทิตย์ เนรมิตตกพงศ์ และ สุธาสินี เนรมิตตกพงศ์ (2556) ได้ทำการศึกษาการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิต่ำด้วยแคลเซียมออกไซด์ โดยทำการเตรียมตัวดูดซับด้วยการเติมโพแทสเซียมคาร์บอเนตลงบนตัวรองรับแคลเซียมออกไซด์ ในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดดิ่ง ที่สภาวะภายใต้ความดันบรรยากาศอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดสอบพบว่า โพแทสเซียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับแคลเซียมออกไซด์และแคลเซียมออกไซด์เกรดการค้า มีความสามารถในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 145.66 และ 62.74 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตัวดูดซับ 1 กรัม และเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD พบว่าตัวดูดซับโพแทสเซียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับแคลเซียมออกไซด์ มีโครงสร้างใหม่เกิดขึ้นคือ $K_2Ca(CO_3)_2$ และ $CaCO_3$ ซึ่งอาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำปฏิกิริยาการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จีระศักดิ์ เพ็งคุณ (2557) ได้ทำการศึกษาทดลองหาพฤติกรรมการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยถ่านกัมมันต์และดูดซึมด้วยน้ำ ภายใต้เงื่อนไขของเขตการทดลอง ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้ ส่วนที่หนึ่ง เป็นการทดลองหาสภาวะความดันและอัตราการไหลของก๊าซรวมทั้งค่า pH ของน้ำที่เมาะสมสำหรับการดูดซับก๊าซของถ่านกัมมันต์ รวมทั้งทดลองหาพฤติกรรมการดูดซึมของน้ำและถ่านกัมมันต์หลังการฟื้นสภาพ ส่วนการทดลองที่สองเป็นการทดลองหาพฤติกรรมการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมของน้ำและการดูดซับของถ่านกัมมันต์ภายใต้ค่าความดัน อัตราการไหลของก๊าซ และค่า pH ของน้ำที่ได้จากผลการทดลองส่วนที่หนึ่ง ซึ่งการทดลองส่วนที่หนึ่งจะใช้น้ำปริมาตรรวม 7,000 cm^3 ถ่านกัมมันต์ปริมาตรรวม 4,000 cm^3 และค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1,894.86 mg ต่อปริมาตรก๊าซรวม 1,000 cm^3 ส่วนการทดลองที่สองจะใช้ปริมาณน้ำและถ่านกัมมันต์เท่ากับการทดลองส่วนที่หนึ่งแต่ก๊าซที่ใช้สำหรับทดลองจะใช้ก๊าซที่ได้จากการผสมระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจนในอัตราส่วน 3:3:4 โดยการทดลองทั้งสองส่วนดังกล่าวข้างต้นจะใช้วิธีการทดลองแบบเบดนิ่ง (fixed bed) และใช้เทคนิคการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบสลับความดัน (PSA) รวมทั้งทำการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิห้อง (30 ℃) และทำการตรวจวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลังผ่านน้ำและถ่านกัมมันต์ทุก ๆ หนึ่งนาทีจนกระทั่งได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซตามที่ต้องการ

ผลการทดลองส่วนที่หนึ่ง พบว่าที่ค่าความดันของก๊าซเท่ากับ 10 bar อัตราการไหลของก๊าซเท่ากับ 1,000 cm^3/min และค่า pH ของน้ำเท่ากับ 14 เป็นสภาวะเงื่อนไขที่น้ำและถ่านกัมมันต์สามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุดและยังพบอีกว่า การใช้ถ่านกัมมันต์ดูดวับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะดูดซับได้ดีกว่าการใช้น้ำดูดซึมถึง 4.532 เท่า และหากใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำร่วมกันจะสามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มขึ้นถึง 0.21% คิดเป็น 99.37% ของค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้นที่ใช้สำหรับทดลอง นอกจากนี้ยังพบอีกว่าน้ำและถ่านกัมมันต์ไม่เหมาะที่จะฟื้นสภาพด้วยเทคนิคลดความดันแต่หากจำเป็นต้องใช้เทคนิคนี้ในการฟื้นสภาพน้ำและ

ถ่านกัมมันต์ควรใช้วิธีอื่นร่วมด้วย ซึ่งจะช่วยให้สามารถไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากผิวของน้ำและรูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้ดียิ่งขึ้น

ผลการทดลองส่วนที่สอง พบว่าถ่านกัมมันต์และน้ำสามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมได้ โดยในส่วนของถ่านกัมมันต์สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีกว่าน้ำแต่ถ่านกัมมันต์จะไม่สามารถดูดซับก๊าซที่มีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่ารู้พรุนของถ่านกัมมันต์ได้ เช่น ก๊าซออกซิเจน ส่วนน้ำนั้นถึงจะดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยกว่าถ่านกัมมันต์แต่ก็สามารถดูดซึมก๊าซอื่น ๆ ที่ถ่านกัมมันต์ไม่สามารถดูดซับได้ เช่น ก๊าซออกซิเจน เป็นต้น

เทพ เกื้อทวีกุล,ภาคิณ มณีโชติ, จตุรงค์ ธงชัย และเพ่ง วศินวงศ์สว่าง (2558) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาเครื่องดูดควันอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับร้านขายอาหารในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มรายได้ ซึ่งในการพัฒนาเครื่องดูดควันนี้เลือกใช้วัสดุเหลือใช้หรือมือสองมาทำการพัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากับเครื่องดูดควันต้นแบบผ่านชุดชาร์จเจอร์ โดยมีแบตเตอรีเป็นอุปกรณ์เก็บพลังงานและใช้การควบคุมอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์ความร้อน จากผลการทดสอบพบว่า เครื่องดูดควันที่ทำการพัฒนาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้งานร้านขายอาหารในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มรายได้อย่างยั่งยืนได้

กรกนก ยุวพัฒนวงศ์, ปรัชญ์วิไล นุชประมูล และ ปิยศักดิ์ วิทยบูรณานนท์ (2559) ได้ทำการศึกษาสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปัจจุบันระบบหายใจในเครื่องดมยาสลบส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีการจัดเรียงให้อากาศหมุนเวียนจนครบวงจรอากาศในระบบจะไหลไปในทิศทางเดียว นำอากาศที่ผู้ป่วยหายใจออกไหลผ่านสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อนจ่ายให้ผู้ป่วยในช่วงหายใจเข้า เพื่อป้องกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เจือปนในลมหายใจเข้า เมื่อใช้อากาศที่อัตราการไหลต่ำ จึงควรใช้สารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตาม พบว่าหลายปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดมยาสลบนั้นมีความสัมพันธ์กับการใช้สารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาทิเช่น อุณหภูมิในวงจรดมยาสลบเพิ่มสูงขึ้น แผ่นรองสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลอมละลาย พบประกายไฟในภาชนะบรรจุสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจเข้า พบการรั่วในเครื่องดมยาสลบ และทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะระบบหายใจล้มเหลวฉับพลันได้ ทำให้ทราบว่าการใช้สารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างไรให้ปลอดภัยนั้นเป็นสิ่งสำคัญ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ พื้นฐานโครงสร้างทางเคมี ความเสี่ยงและประโยชน์ในการใช้สารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละชนิด รวมทั้งข้อควรระวังและปัญหาระหว่างการใช้สารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

S. Ma’ mun, Hallvard F. Svendsen, and IM. Bendiyasa (2017) ได้ศึกษาการใช้การดูดซับที่ใช้เอมีนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพารามิเตอร์จลน์

และการถ่ายเทมวลในกระบวนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยใช้โมโนเอทาโนลามีน (MEA), 2- เมธิลามิโน เอทานอล (MMEA) และ 2-(เอทิลามิโน) เอทานอล (EMEA) เป็นสารดูดซับ การทดลองดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์ฟองที่มีความดันบรรยากาศและอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 10 โวลต์ 5 NL/men ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ถูกวัดโดยเครื่องวิเคราะห์ IR CO_2 ผลที่ได้รับจากการทดลองนี้คือ อัตราการดูดซึมโดยรวมซึ่งประกอบด้วยปฏิกิริยาเคมีและการถ่ายเทมวล ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และเอมีนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการถ่ายเทมวลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากก๊าซไปยังของเหลวผ่านฟิล์มของก๊าซจะควบคุมอัตราการดูดซึมโดยรวม

Ravinder Kumer, Mohammad Hossein Ahmadi, Dipen Kumer Rajak, Mohammad Alhuyi Nazari (2019) ได้ศึกษาการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งเป็นการใช้ตัวทำละลายไฮบริด ที่เน้นการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยใช้ตัวทำละลายไฮบริดชนิดต่าง ๆ ในคอลัมน์ที่บรรจุ สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับและทิศทางในอนาคตจะถูกกล่าวถึงในงานปัจจุบัน สรุปได้จากการสำรวจวรรณกรรมว่าตัวทำละลายไฮบริดแสดงประสิทธิภาพที่ดีกว่า เมื่อเทียบกับสารละลายที่ใช้ในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งสารละลายไฮบริดดังกล่าวได้ MEA-MeOH (monoethanol amine - Methanol) มีประสิทธิภาพดีกว่า เมื่อเทียบกับสารละลาย MEA (monoethanolamine) ในน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิในการสร้างใหม่ต่ำกว่าสารละลาย MEA (monoethanolamine) ในน้ำ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการสร้างเครื่องดูดควัน เป็นวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างเครื่องดูดควันที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยการใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) หรือน้ำปูนใส ซึ่งการวิจัยได้กำหนด วิธีดำเนินการวิจัยมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

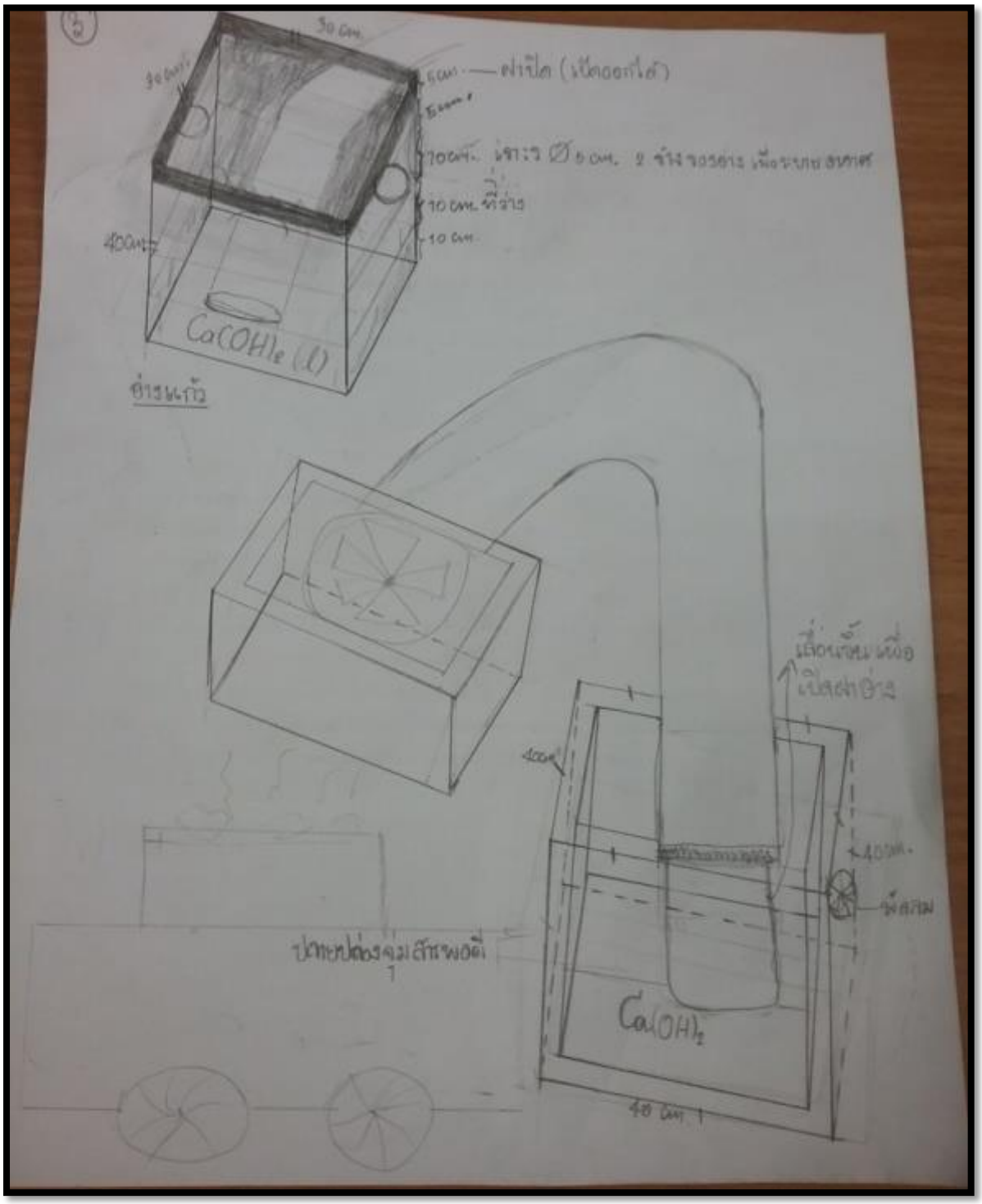
ขั้นตอนที่ 1 เตรียมการ
ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสร้างเครื่องดูดควัน
ขั้นตอนที่ 3 ขั้นทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควัน
ขั้นตอนที่ 4 ขั้นดำเนินการทดลองใช้เครื่องดูดควัน กับร้านขายส้มตำ คอหมูย่าง

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมการ มีรายละเอียด ดังนี้

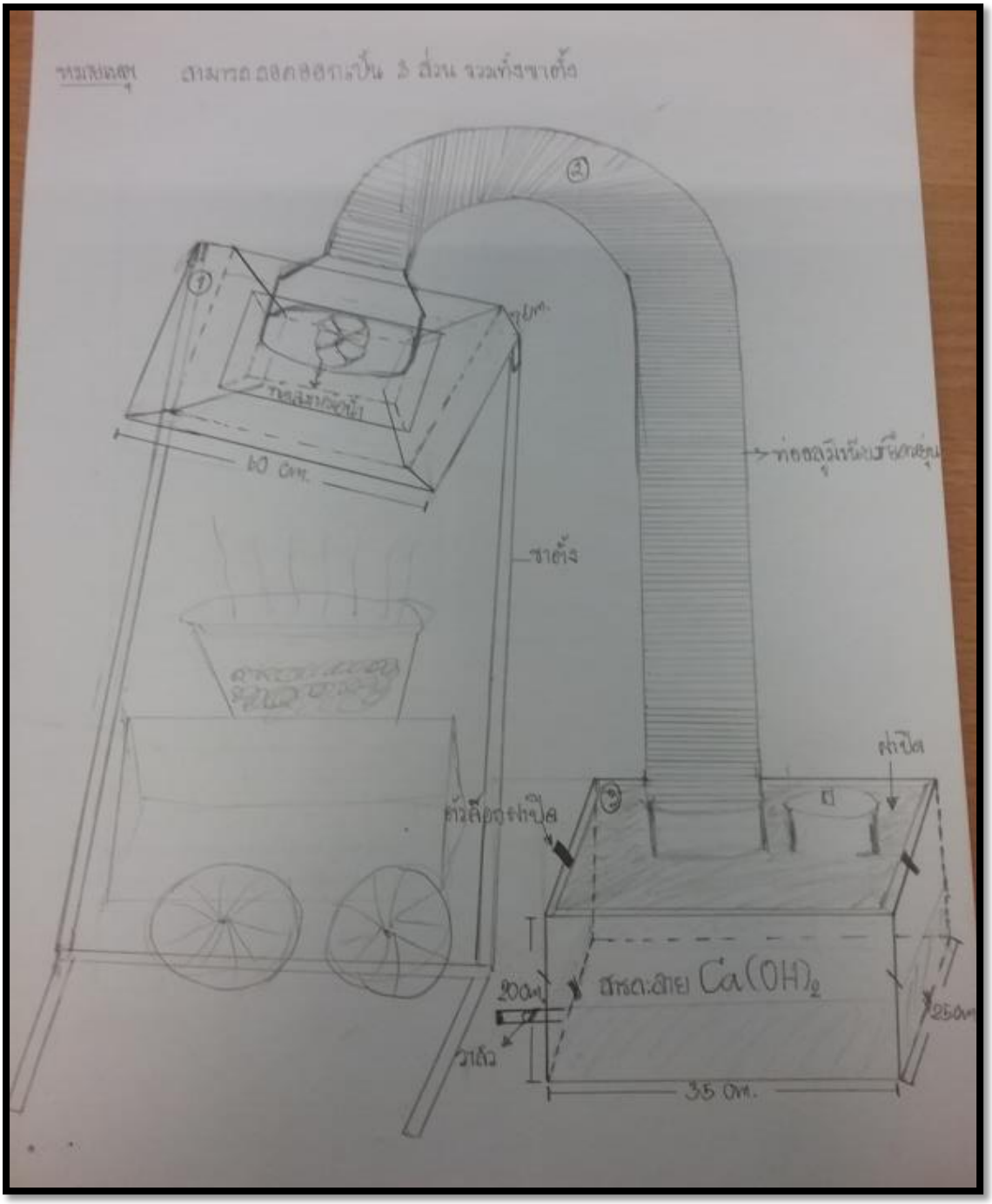
1. จัดหาอุปกรณ์ ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องดูดควัน ประกอบด้วย
   1.1 พัดลมหม้อน้ำรถยนต์ ขนาด 12 โวลต์ 90 วัตต์ 10 ใบพัด 1 ตัว
   1.2 พัดลมระบายอากาศ ขนาด 6 นิ้ว 24 โวลต์ 1.8 แอมแปร์ 1 ตัว
   1.3 ตัวควบคุมความเร็ว ขนาด 220-240 โวลต์ 8 แอมแปร์ 1 ตัว
   1.4 ท่ออลูมิเนียมยืดหยุ่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยืดได้ 3 เมตร 1 ท่อ
   1.5 แผ่นสแตนเลส ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 0.7 มิลลิเมตร 2 แผ่น
   1.6 แบตเตอร์รี่รถยนต์ 1 ลูก พร้อมสายพ่วง 1 ชุด
   1.7 ท่อสแตนเลสกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 2 เมตร 2 อัน
   1.8 ท่อสแตนเลสเหลี่ยม ขนาด 2 x 2 นิ้ว ยาว 1 เมตร 1 เส้น
   1.9 มินิบอลวาล์ว เกลียวนอก - ใน 1 อัน
   1.10 กระดาษกาวอลูมิเนียม ขนาด 50 มิลลิเมตร ยาว 45 เมตร 1 ม้วน
   1.11 เครื่องชั่งขนาด 1 กิโลกรัม 1 เครื่อง
2. สารเคมี
   2.1 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) 250 กรัม 1 กระปุก
   2.2 น้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสร้างเครื่องดูดควัน

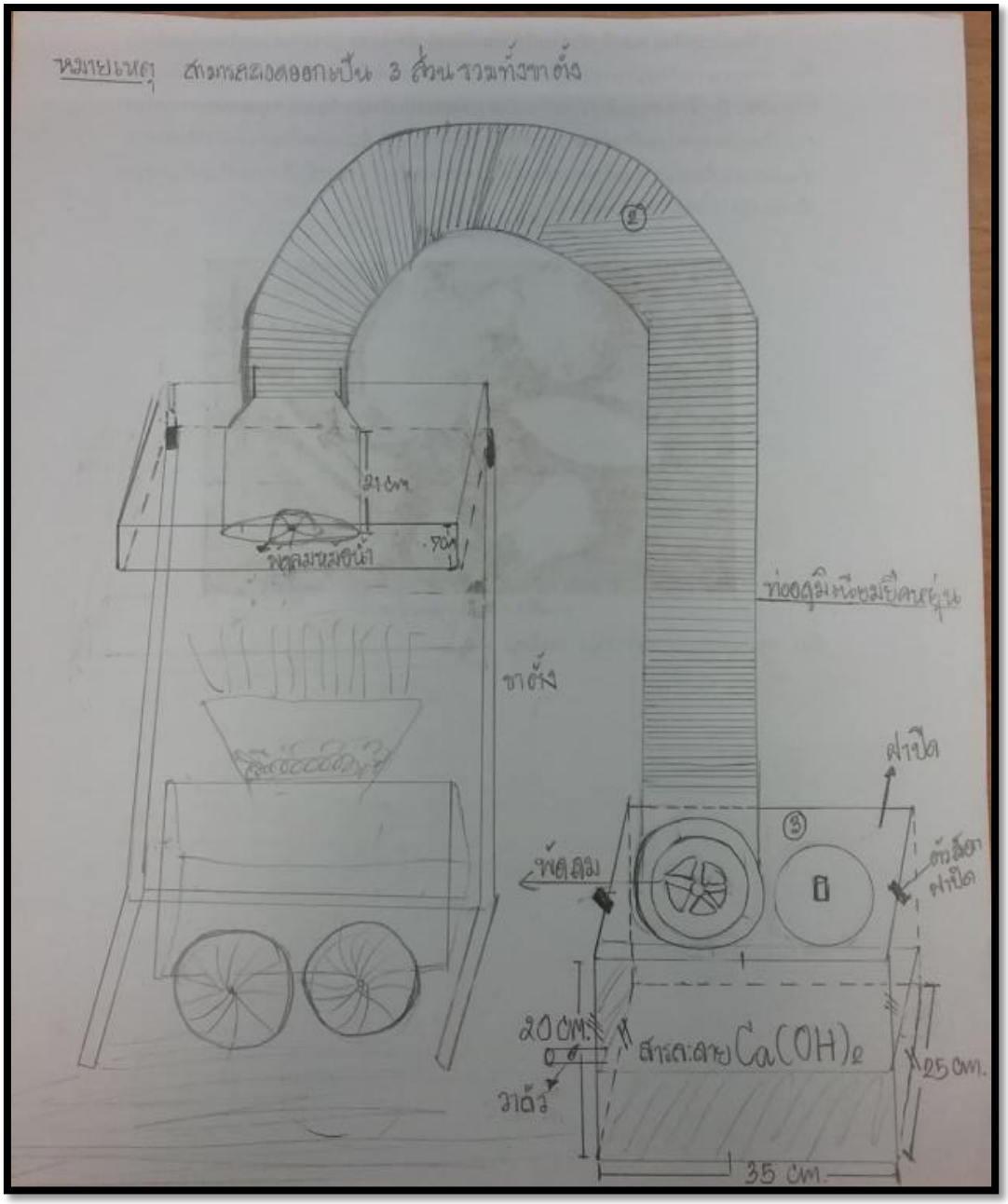
สร้างตามโครงสร้าง ดังภาพ



ภาพที่ 3.1 แบบร่างที่ 1 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน



ภาพที่ 3.2 แบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน



ภาพที่ 3.3 แบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควัน

ขั้นทดสอบประสิทธิภาพเครื่องดูดควัน เพื่อให้พร้อมต่อการทดลองในขั้นตอนต่อไป ซึ่งประเมินจากการความสามารถในการดูดควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้มาทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จากควันธูป 100 ดอก โดยใช้เวลาในการจุดแต่ละครั้งห่างกัน 30 นาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง รวมจุดธูปทั้งสิ้น 1,000 ดอก โดย

1. หาปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับน้ำเพื่อให้ได้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ใช้เป็นสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ที่เหมาะสม จากวิธีทดลอง ดังนี้

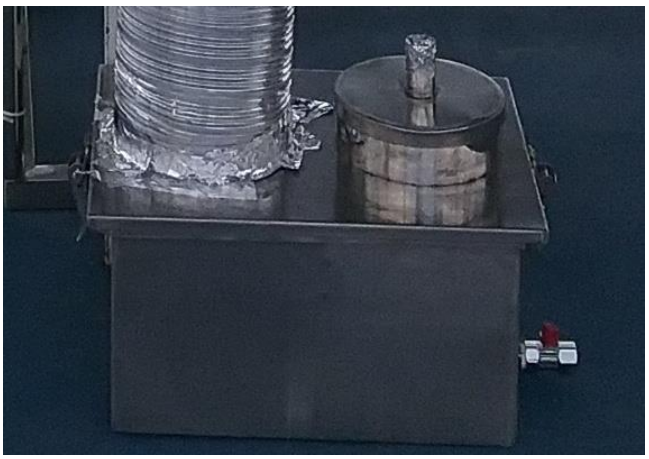
1.1 เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (น้ำปูนใส) โดยนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ชั่งแล้ว เทใส่ลงภาชนะที่บรรจุน้ำ คนให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 8 – 10 ชั่วโมง ดังภาพที่ 3.4 และ 3.5

ภาพที่ 3.4 แคลเซียมไฮดรอกไซด์

ภาพที่ 3.5 สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

1.2 นำสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่ใส ดังภาพที่ 3.6 เทใส่ลงในถังบรรจุสารของเครื่องดูดควัน ปิดฝาให้สนิท ดังภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.6 สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่ใส



ภาพที่ 3.7 ถังบรรจุสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่ใส ปิดฝาสนิท

1.3 จัดตั้งเครื่องดูดควันให้พร้อมสำหรับทดสอบ พร้อมจุดธูป 100 ดอก ดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 เครื่องดูดควันที่ติดตั้งเรียบร้อย พร้อมทดสอบ

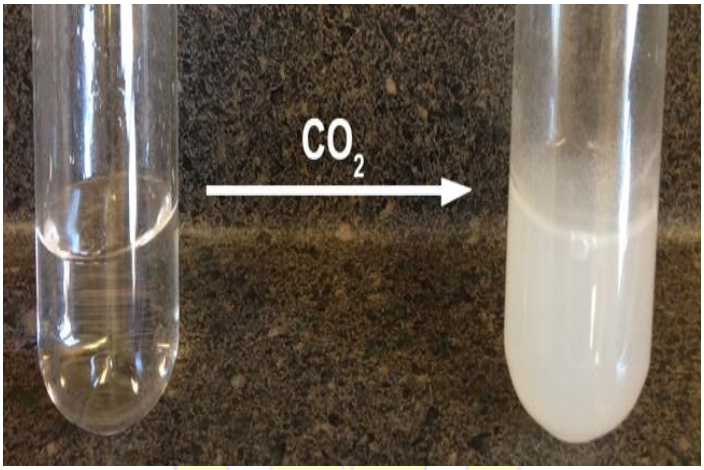
1.5 เปิดเครื่องดูดควันให้เครื่องทำงานจนกระทั่งได้เวลา 5 ชั่วโมง

1.6 เมื่อครบ 5 ชั่วโมง สังเกตปฏิกิริยาที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เครื่องดูดเข้ามาในถังบรรจุสารกับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ บันทึกผล

1.7 ทดสอบตามข้อ 1.1 – 1.6 จนกว่าจะหาปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำ ที่เหมาะสม

หมายเหตุ

การทำปฏิกิริยาระหว่าง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กับ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะได้สารที่มีสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และน้ำ ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้สารสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม

ที่มา: Stefan V. , 2015 (ออนไลน์)

2. นำผลการทดสอบเครื่องดูดควัน มาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้พร้อมในการนำไปทดลองใช้กับร้านขายอาหารปิ้งย่าง ต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นดำเนินการทดลองใช้เครื่องดูดควัน กับร้านขายส้มตำ คอหมูย่าง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำ ที่เหมาะสม จากขั้นตอนที่ 3

2. เทสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ใส่ลงในถังบรรจุสาร ปิดฝาให้สนิท

3. จัดตั้งเครื่องดูดควันให้พร้อมสำหรับการทดลอง ดังภาพ 3.10 เปิดเครื่องดูดควันตั้งแต่เริ่มปิ้งจนถึงเลิกปิ้ง ใช้เวลาประมาณวันละ 4 - 5 ชั่วโมง

ภาพที่ 3.10 การทดลองใช้เครื่องดูดควันที่ร้านขายส้มตำ คอหมูย่าง

4. หลังจากเลิกปิ้งอาหารแล้ว ปิดเครื่อง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในถังบรรจุสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ บันทึกผล

5. ปรับปรุงเครื่องดูดควัน (กรณีที่ยังพบข้อบกพร่องที่ต้องแก้ไข)

6. นำเครื่องดูดควันกลับไปใช้กับร้านขายส้มตำ คอหมูย่าง อีกครั้ง โดยทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1 - 5 เป็นเวลา 3 วัน

บทที่ 4
ผลการทดลอง

การวิจัยเรื่อง การสร้างเครื่องดูดควัน ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการดำเนินการสร้างเครื่องดูดควันตามแบบร่าง ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควัน และทดลองนำเครื่องดูดควันไปใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่าง ซึ่งได้ผลการดำเนินการ เพื่อสร้างเครื่องดูดควันที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยการใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)
ผลการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างเครื่องดูดควันตามแบบร่างโครงสร้างเครื่องดูดควัน

ตอนที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควัน

ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้เครื่องดูดควันกับร้านขายส้มตำ คอหมูย่าง

ตอนที่ 1 ผลการสร้างเครื่องดูดควันตามแบบร่างโครงสร้างเครื่องดูดควัน

หลังจากเขียนแบบร่างที่ 1 ของโครงสร้างเครื่องดูดควันแล้ว นำแบบร่างนี้มาปรึกษากับช่างสร้างเครื่องดูดควัน ได้ข้อสรุปให้มีการปรับเปลี่ยนการสร้างจากแบบร่างที่ 1 เป็นแบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควันแทน ดังภาพที่ 4.1

เครื่องดูดควันที่ดี พิจารณาจากความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากเตาปิ้งย่างของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์แล้วเกิดสารสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสารและน้ำ (H_2O) มีเกณฑ์ดังนี้

1. มีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ระดับดีมาก คือ เกิดสารสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร บางส่วนตกตะกอนอยู่ก้นถังบรรจุสาร เมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 30 นาที แยกตัวออกจากน้ำ (H_2O) ซึ่งเป็นของเหลวใส โดยไม่มีควันเหลืออยู่ที่เตาปิ้งย่าง

2. มีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ระดับดี คือ เกิดสารสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร บางส่วนตกตะกอนอยู่ก้นถังบรรจุสาร เมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 30 นาที แยกตัวออกจากน้ำ (H_2O) ซึ่งเป็นของเหลวใส โดยมีควันเหลืออยู่ที่เตาปิ้งย่างประมาณร้อยละ 20 ของควันที่เกิดจากเตาปิ้งย่าง

3. มีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ระดับปานกลาง คือ เกิดสารสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร บางส่วนตกตะกอนอยู่ก้นถังบรรจุ

สาร เมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 30 นาที แยกตัวออกจากน้ำ (H_2O) ซึ่งเป็นของเหลวใส โดยไม่มีควันเหลืออยู่ที่เตาปิ้งย่างหรือมีบ้างเล็กน้อยประมาณร้อยละ 30 ของควันที่เกิดจากเตาปิ้งย่าง

4. มีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ระดับน้อย คือ เกิดสารสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร บางส่วนตกตะกอนอยู่ก้นถังบรรจุสาร เมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 30 นาที แยกตัวออกจากน้ำ (H_2O) ซึ่งเป็นของเหลวใส โดยไม่มีควันเหลืออยู่ที่เตาปิ้งย่างหรือมีบ้างเล็กน้อยประมาณร้อยละ 40 ของควันที่เกิดจากเตาปิ้งย่าง

5. มีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ระดับน้อยที่สุด คือ เกิดสารสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร บางส่วนตกตะกอนอยู่ก้นถังบรรจุสาร เมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 30 นาที แยกตัวออกจากน้ำ (H_2O) ซึ่งเป็นของเหลวใส โดยไม่มีควันเหลืออยู่ที่เตาปิ้งย่างหรือมีบ้างเล็กน้อยประมาณร้อยละ 60 ของควันที่เกิดจากเตาปิ้งย่าง สรุปได้ดังภาพที่ 4.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏ RAJAPRUK UNIVERSITY

ภาพที่ 4.1 เครื่องดูดควันที่สร้างตามแบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน

นำเครื่องดูดควันที่สร้างตามแบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควันมาทดสอบประสิทธิภาพของการใช้งาน ตามขั้นตอนการทดสอบในบทที่ 3 ขั้นตอนที่ 3 พบว่า เครื่องดูดควันสามารถดูดควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากธูป 100 ดอก เข้ามาทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ในถังบรรจุสารแล้ว ได้ผลึกฝ้าขาวลอยอยู่ด้านบนของสารละลาย ซึ่งก็คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ลอยแยกชั้นกับน้ำที่อยู่ด้านล่าง เมื่อกวนน้ำผลึกฝ้าแตกออกเป็นของแข็งสีขาวขุ่นแขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร ตั้งทิ้งไว้สักระยะ จะตกตะกอนนอนก้นถังบรรจุสาร ถือได้ว่าเครื่องดูดควันนี้มีประสิทธิภาพพร้อมใช้งานในการทดลองกับร้านขายส้มตำ คอหมูย่างต่อไป

นำเครื่องดูดควันที่สร้างจากแบบร่างที่ 2 และทดสอบประสิทธิภาพแล้ว ไปใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่าง พบว่าเครื่องดูดควันสามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากควันของการย่างคอหมู เข้ามาทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ในถังบรรจุสารเกิดเป็นสารสีขาวขุ่นแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร เมื่อทดลองใช้ประมาณ 2 ชั่วโมง พบว่าเครื่องดูดควันมีการปล่อยลมเย็นบางส่วนออกมายังเตาปิ้งคอหมู ทั้งนี้สมมติฐานได้ว่า 1) ตัวพัดลมที่ติดกับ Hood อยู่ในระดับที่สูงเกินไป จึงทำให้อยู่ห่างจากเตาปิ้งย่าง 2) มีพัดลมเพียงตัวเดียวที่ติดกับ Hood เป็นผลให้ดึงควันที่ดูดจากเตาปิ้งย่างเข้ามาในถังบรรจุสารได้ไม่ดี 3) พัดลมที่ติดกับ Hood มีกำลังสูง พัดเร็วและแรงเกินไป จึงทำให้ต้องหยุดการทดลองในวันนั้น แล้วนำเครื่องดูดควันมาปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยการเพิ่มพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ตรงบริเวณถังบรรจุสาร ปรับความสูงของ Hood ลงมาเพื่อให้พัดลมที่ติดบริเวณ Hood อยู่ใกล้กับปลาย Hood มากขึ้น และเพิ่มตัวควบคุมความเร็วของพัดลม ตามแบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน จากนั้นนำไปทดลองใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่างอีกครั้ง ดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 เครื่องดูดควันที่สร้างตามแบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน

ตอนที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควัน

นำเครื่องดูดควันที่สร้างจากแบบร่างที่ 2 มาทดสอบประสิทธิภาพ ตามขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำ ที่เหมาะสม จากขั้นตอนที่ 3

2. เทสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ใส่ลงในถังบรรจุสาร ปิดฝาให้สนิท

3. จัดตั้งเครื่องดูดควันให้พร้อมสำหรับการทดลอง ดังภาพ 3.10 เปิดเครื่องดูดควันตั้งแต่เริ่มปิ้งจนถึงเลิกปิ้ง ใช้เวลาประมาณวันละ 4 - 5 ชั่วโมง

4. หลังจากเลิกปิ้งอาหารแล้ว ปิดเครื่อง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในถังบรรจุสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ บันทึกผล

โดยทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 7 วัน จากควันธูป 100 ดอก ซึ่งใช้เวลาในการจุดแต่ละครั้งห่างกัน 30 นาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง รวมจุดธูปทั้งสิ้น 1,000 ดอก ประเมินผลจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากการหาปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำที่เหมาะสม ได้ผลการทดสอบดังนี้

การทดสอบวันแรก

เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยชั่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 10.38 กรัม เทลงในน้ำ 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ 8 – 10 ชั่วโมง นำส่วนที่ใสของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เทลงในถังบรรจุสาร นำไปทดสอบกับเครื่องดูดควัน พบว่า ควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากธูปที่ดูดเข้าไปปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในถังบรรจุสาร ได้ผลึกสีเหลืองออกน้ำตาลอ่อนของแคลเซียมคาร์บอเนตลอยแยกตัวอยู่ส่วนบนส่วนด้านล่างเป็นน้ำ (H_2O) และตกตะกอนลงก้นถังบรรจุสาร เมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะหนึ่ง ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3 ตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จากการทดสอบวันแรก

การทดสอบวันที่สอง

เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (น้ำปูนใส) โดยชั่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 15.59 กรัม เทลงในน้ำ 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ 8 – 10 ชั่วโมง นำส่วนที่ใสของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เทลงในถังบรรจุสาร นำไปทดสอบกับเครื่องดูดควัน พบว่าบริเวณผิวหน้าของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อยู่ในถังบรรจุสาร มีลักษณะเป็นฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต กับน้ำ (H_2O) และเมื่อกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร ฝ้าขาวจะแตกเป็นแผ่นบางแขวนลอยอยู่ในถังและตกตะกอน เมื่อตั้งทิ้งไว้สักครู่ ดังภาพที่ 4.4 และ 4.5

ภาพที่ 4.4 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่สอง

ภาพที่ 4.5 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่สอง

การทดสอบวันที่สาม

เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (น้ำปูนใส) โดยชั่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 62.28 กรัม เทลงในน้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ 8 – 10 ชั่วโมง นำส่วนที่ใสของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เทลงในถังบรรจุสาร นำไปทดสอบกับเครื่องดูดควัน พบว่าบริเวณผิวหน้าของสารละลายที่อยู่ในถังบรรจุสารมีลักษณะเป็นฝ้าขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนตกับน้ำ (H_2O) ดังภาพที่ 4.6 เมื่อเขย่าถังบรรจุสาร ฝ้าที่เกาะผิวหน้าจะแตกออกเป็นแผ่นบางแขวนลอยอยู่ในถัง ตั้งทิ้งไว้จะตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสาร ดังภาพที่ 4.7

ภาพที่ 4.6 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่สาม

ภาพที่ 4.7 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่สาม

การทดสอบวันที่สี่

เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (น้ำปูนใส) โดยชั่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 103.8 กรัม เทลงในน้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ 8 – 10 ชั่วโมง นำส่วนที่ใสของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เทลงในถังบรรจุสาร นำไปทดสอบกับเครื่องดูดควัน พบว่าบริเวณผิวหน้าของสารละลายที่อยู่ในถังบรรจุสารมีลักษณะเป็นฝ้าขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนตหนาแน่นกว่าทั้งสามวันที่ผ่านมาและน้ำ (H_2O) ดังภาพที่ 4.8 เมื่อเขย่าถังบรรจุสาร ฝ้าที่เกาะผิวหน้าจะแตกออกเป็นแผ่นเล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ในถัง ตั้งทิ้งไว้จะตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสารปริมาณมากกว่าทั้งสามวันด้วยเช่นกัน ดังภาพที่ 4.9

ภาพที่ 4.8 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่สี่

ภาพที่ 4.9 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางขนาดเล็ก ๆ แตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่สี่

การทดสอบวันที่ห้า

เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (น้ำปูนใส) โดยชั่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 124.56 กรัม เทลงในน้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ 8 – 10 ชั่วโมง นำส่วนที่ใส

ของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เทลงในถังบรรจุสาร นำไปทดสอบกับเครื่องดูดควัน พบว่า ฝ้าขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าสารละลายในถังบรรจุสารหนากว่าวันที่สี่ ที่ผ่านมากับน้ำ (H_2O) ที่อยู่ด้านล่าง ดังภาพที่ 4.10 เมื่อกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร ฝ้าขาวขุ่นแตกออกเป็นแผ่นเล็ก ๆ ค่อนข้างละเอียด เมื่อตั้งทิ้งไว้จะตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสาร ดังภาพที่ 4.11

ภาพที่ 4.10 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่ห้า

ภาพที่ 4.11 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางขนาดเล็ก ๆ ค่อนข้างละเอียดแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่ห้า

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องดูดควันจกการหาปริมาณของสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำ ที่เหมาะสม ในการทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เครื่องดูดควันดูดเข้ามาในถังบรรจุสารแล้ว พบว่ามีฝ้าขาวขุ่นลอยอยู่บริเวณผิวหน้าของสารละลายแยกตัวออกจากน้ำ (H_2O) ซึ่งอยู่ด้านล่างของถังบรรจุสาร คือ ปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ 124.56 กรัม กับประมาณน้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากปริมาณที่ได้นี้ทำให้เครื่องดูดควันดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามาทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในถังบรรจุสารได้ดี สังเกตจากลักษณะของแผ่นฝ้าบางของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ลอยอยู่ด้านบนของสารละลายในถังบรรจุสารที่มีขนาดเล็กและได้น้ำ(H_2O) ที่ใสแยกตัวจากแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ด้านล่าง

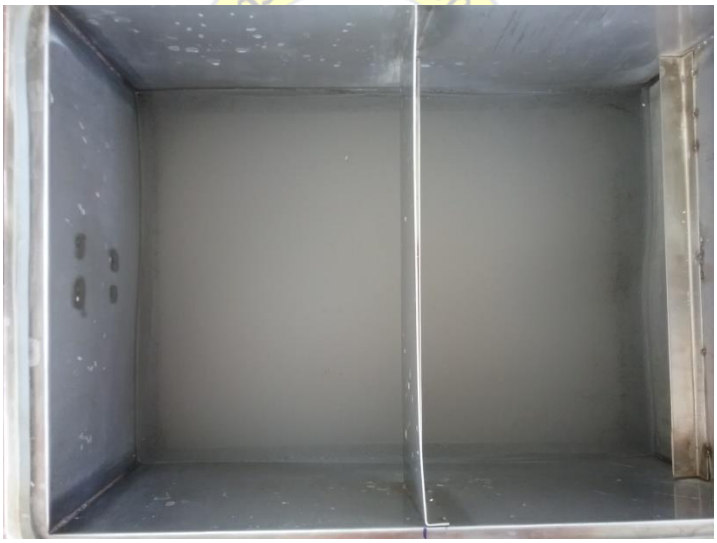
นอกจากจะได้ผลการทดสอบหาปริมาณสารและน้ำที่เหมาะสมแล้วนั้น ยังเป็นผลให้เกิดความสะดวกในการเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของแม่ค้า ที่จะนำไปใช้ เพราะแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ซื้อมานั้นบรรจุในกระปุกพลาสติก 1 กระปุก ปริมาณ 250 กรัม หากเตรียมในปริมาณดังกล่าวต่อครั้งจะใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ครึ่งกระปุก และปริมาณน้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นปริมาณที่วัดได้จากการนำขวดน้ำพลาสติกเปล่าที่บรรจุน้ำขายตามท้องตลาดที่ใช้น้ำหมดแล้วนำมาใช้ตวงได้ โดยไม่ต้องหาอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้ตวงให้ยุ่งยาก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบซ้ำอีกสองครั้ง เพื่อตรวจสอบประสิทธิความแม่นยำของเครื่องดูดควัน ซึ่งจะทำการทดสอบอีก 2 วัน โดยใช้ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์และปริมาณเช่นเดียวกับการทดสอบวันที่ห้าที่ผ่านมา

การทดสอบวันที่หกและวันที่เจ็ด

เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (น้ำปูนใส) โดยชั่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 124.56 กรัม เทลงในน้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ 8 – 10 ชั่วโมง นำส่วนที่ใสของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เทลงในถังบรรจุสาร นำไปทดสอบกับเครื่องดูดควัน พบว่า ฝ้าขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าสารละลายในถังบรรจุสารเหมือนกับที่ทดสอบวันที่ห้าวันที่ห้าที่ผ่านมา กับน้ำ (H_2O) ที่อยู่ด้านล่าง ดังภาพที่ 4.12 และ 4.13 เมื่อกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร ฝ้าขาวขุ่นแตกออกเป็นแผ่นเล็ก ๆ ค่อนข้างละเอียด เมื่อตั้งทิ้งไว้จะตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสาร ดังภาพที่ 4.14 และ 4.15 และเมื่อนำมาเทใส่ขวดน้ำพลาสติก สังเกตเห็นสารสีขาวขุ่นแขวนลอยอยู่ในขวด ดังภาพที่ 4.16

ภาพที่ 4.12 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่หก



ภาพที่ 4.13 ฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ลอยอยู่ผิวหน้าของสารละลายในถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่เจ็ด

ภาพที่ 4.14 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางขนาดเล็ก ๆ ค่อนข้างละเอียดแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่หก

ภาพที่ 4.15 แคลเซียมคาร์บอเนตแผ่นบางขนาดเล็ก ๆ ค่อนข้างละเอียดแตกกระจาย จากการกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร จากการทดสอบวันที่เจ็ด

ภาพที่ 4.16 แคลเซียมคาร์บอเนตสีขาวขุ่นที่แขวนลอยอยู่ในขวด

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องดูดควันตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่เจ็ด

วันที่ทดลอง	**ปริมาณแคลเซียม-ไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)/กรัม**	**ปริมาณน้ำ (H_2O)/ ลูกบาศก์เซนติเมตร**	**สภาพที่เปลี่ยนแปลงของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)**
วันแรก	10.38	3,000	ได้ผลึกทีเหลืองออกน้ำตาลของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ลอยแยกตัวอยู่ด้านบน ส่วนด้านล่างเป็นน้ำ และตกตะกอนลงก้นถังบรรจุสาร เมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะหนึ่ง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องดูดควันตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่เจ็ด (ต่อ)

วันที่ทดลอง	**ปริมาณแคลเซียม-ไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)/กรัม**	**ปริมาณน้ำ (H_2O)/ ลูกบาศก์เซนติเมตร**	**สภาพที่เปลี่ยนแปลงของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)**
วันที่สอง	15.59	3,000	บริเวณผิวหน้าของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่อยู่ในถังบรรจุสารมีลักษณะเป็นฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับน้ำ เมื่อกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสาร ฝ้าขาวจะแตกเป็นแผ่นบางแขวนลอยอยู่ในถังและตกตะกอน เมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะหนึ่ง
วันที่สาม	62.28	6,000	บริเวณผิวหน้าของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ในถังบรรจุสารมีลักษณะเป็นฝ้าขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับน้ำ เมื่อเขย่าถังบรรจุสาร ฝ้าที่เกาะผิวหน้าจะแตกออกเป็นแผ่นบางแขวนลอยอยู่ในถัง เมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะหนึ่ง จะตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสาร
วันที่สี่	103.8	6,000	บริเวณผิวหน้าของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อยู่ในถังบรรจุสาร มีลักษณะเป็นฝ้าขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) หนาแน่นกว่าทั้งสามวันที่ผ่านมาและน้ำเมื่อเขย่าถังบรรจุสาร ฝ้าที่เกาะผิวหน้าจะแตกออกเป็นแผ่นเล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ในถัง เมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสารปริมาณมากกว่าทั้งสามวันที่ผ่านมาด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องดูดควันตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่เจ็ด (ต่อ)

วันที่ทดลอง	**ปริมาณแคลเซียม-ไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)/กรัม**	**ปริมาณน้ำ (H_2O)/ ลูกบาศก์เซนติเมตร**	**สภาพที่เปลี่ยนแปลงของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)**
วันที่ห้า	124.56	6,000	เกิดฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่ลอยอยู่ผิวหน้าสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในถังบรรจุสารหนาแน่นกว่าวันที่สี่ที่ผ่านมากับน้ำที่อยู่ด้านล่าง เมื่อกวนหรือเขย่าถังบรรจุสารฝ้าขาวขุ่นจะแตกออกเป็นแผ่นเล็ก ๆ ค่อนข้างละเอียด เมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสาร
วันที่หกและวันที่เจ็ด	124.56	6,000	เกิดฝ้าสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่ลอยอยู่ผิวหน้าสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในถังบรรจุสารเหมือนกับที่ทดลองในวันที่ห้าที่ผ่านมากับน้ำทีอยู่ด้านล่าง เมื่อกวนน้ำหรือเขย่าถังบรรจุสารฝ้าสีขาวขุ่นแตกออกเป็นแผ่นเล็ก ๆ ค่อนข่างละเอียด เมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสารและเมื่อนำมาเทใสขวดพลาสติกใส สังเกตเห็นสารสีขาวขุ่นแขวนลอยอยู่ในขวด เมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะตกตะกอยลงมาที่ก้นขวดพลาสติกด้วยเช่นกัน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควัน ซึ่งประเมินจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วได้แคลเซียมคาร์บอเนตกับน้ำ ดังสมการเคมี

$$Ca(OH)_{2\ (aq)} + CO_{2\ (g)} \rightarrow CaCO_{3\ (s)} + H_2O_{\ (l)}$$

ซึ่งผลการทดสอบตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น ได้ผลตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในถังบรรจุสาร เกิดเป็นสารสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผิวหน้าของสารกับน้ำที่อยู่ด้านล่าง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเครื่องดูดควันที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานแล้วนี้ ไปใช้ทดสอบกับร้านขายส้มตำคอหมูย่าง ต่อไป

ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้เครื่องดูดควันกับร้านขายส้มตำคอหมูย่าง

ภายหลังจากนำเครื่องดูดควันที่ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานแล้วมาใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่างพบข้อบกพร่องในการดูดควัน เนื่องจากมีการปล่อยลมเย็นออกมาสู่เตาปิ้งแทนที่จะดูดเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารละลายในถังบรรจุสาร ผู้วิจัยจึงนำเครื่องดูดควันไปปรับปรุงแก้ไขตามที่กล่าวมาแล้วในตอนที่ 1 จากนั้นนำเครื่องดูดควันที่ปรับปรุงแล้วมาทดลองใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่างอีกครั้งเป็นเวลา 3 วัน โดยเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในตอนที่ 2 แต่เพิ่มปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไปอีกเท่าตัวคือจากเดิม ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 124.58 กรัม มาเป็น 250 กรัม ซึ่งเท่ากับ 1 กระปุก ส่วนปริมาณเท่าเดิมคือ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากปริมาณควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการปิ้งคอหมูย่างมากกว่าควันธูป และเพื่อให้สะดวกต่อการเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของแม่ค้า ซึ่งเตรียมโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1 กระปุก (250 กรัม) กับน้ำ 1 ขวดใหญ่ (ขนาด 6 ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือ 6 ลิตร) หรือ 1:1 ซึ่งการเพิ่มปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้สารละลายมีความเข้มข้นสูงขึ้น ส่งผลต่อดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้หากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้ามายังถังบรรจุสารมีมากเกินไป ผลของปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะเกิดเป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนตหรือแคลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($Ca(HCO_3)_2$) ที่ละลายน้ำ ดังสมการเคมี

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

เมื่อนำเครื่องดูดควันดังกล่าวมาใช้กับร้านส้มตำคอหมูย่าง โดยเริ่มใช้เครื่องตั้งแต่เริ่มย่างจนย่างคอหมูย่างหมด (10.00 – 15.00 น.) ใช้เวลาเฉลี่ยวันละ 5 ชั่วโมง พบว่าสารที่อยู่ในถังบรรจุสารมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวขนาดเล็กของแคลเซียมคาร์บอเนตแขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร จนทำให้

เห็นเป็นของเหลวสีขาวขุ่น ดังภาพที่ 4.17 และ 4.18 เมื่อตั้งทิ้งไว้ของแข็งสีขาวที่แขวนลอยตกตะกอนลงมาก้นถังบรรจุสาร 4.19

ภาพที่ 4.17 แคลเซียมคาร์บอเนตสีขาวขุ่นที่แขวนลอย บางส่วนเป็นแผ่นฝ้าขาวขุ่นลอยผิวหน้า จากร้านขายส้มตำคอหมูย่าง

ภาพที่ 4.18 แคลเซียมคาร์บอเนตสีขาวขุ่นที่แขวนลอยอยู่ในขวดพลาสติก จากร้านขายส้มตำคอหมูย่าง

ภาพที่ 4.19 แคลเซียมคาร์บอเนตสีขาวขุ่นตกตะกอนลงมาที่ก้นขวดพลาสติก เมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที จากร้านขายส้มตำคอหมูย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏ RAJAPRUK UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยการสร้างเครื่องดูดควัน มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องดูดควันที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบร่างโครงสร้างเครื่องดูดควันไว้ 3 แบบ ซึ่งสามารถนำมาใช้สร้างเครื่องดูดควันที่เหมาะสมกับการใช้งานได้ 2 แบบคือ แบบร่างที่ 2 และแบบร่างที่ 3 จากนั้นนำเครื่องดูดควันที่สร้างจากแบบร่างที่ 2 เสร็จสมบูรณ์แล้ว ไปทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน เพื่อให้ได้เครื่องดูดควันที่มีประสิทธิภาพก่อนนำไปทดลองใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่าง และเมื่อนำเครื่องดูดควันดังกล่าวไปทดลองใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่างวันประมาณ 2 ชั่วโมง พบข้อบกพร่องในการดูดควันเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในถังบรรจุสาร จึงหยุดการทดลองแล้วนำเครื่องดูดควันไปปรับปรุงแก้ไขตามแบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน หลังจากนั้นน้ำเครื่องดูดควันกลับมาทดลองใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่างอีกครั้ง

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษา ทดสอบ ทดลอง ได้ข้อค้นพบโดยสรุปดังนี้

5.1.1 ภายหลังจากสร้างเครื่องดูดควันตามแบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดควันแล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควัน ซึ่งประเมินจากความสามารถในการดูดควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เข้ามาทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในถังบรรจุสาร เมื่อจุดธูป 100 ดอก ซึ่งใช้เวลาในการจุดห่างกัน 30 นาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง รวมจุดธูป 1,000 ดอก โดยการหาปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทดสอบพบว่า ปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำที่เหมาะสมคือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ปริมาณ 124.56 กรัม กับปริมาณที่ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากเป็นปริมาณที่เมื่อนำมาเตรียมเป็นสารละลายแล้วได้สารที่มีความสามารถในการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เข้ามาทำปฏิกิริยากันในถังบรรสารแล้วเกิดเป็นสารสีขาวของแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำแขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร มีฝ้าบาง ๆ สีขาวขุ่นลอยอยู่บริเวณผิวหน้าสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ บางส่วนตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสารแยกตัวออกจากน้ำ ดังสมการเคมี

$$Ca(OH)_{2\ (aq)} + CO_{2\ (g)} \rightarrow CaCO_{3\ (s)} + H_2O_{\ (l)}$$

ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องดูดควันที่กำหนดไว้

5.1.2 ภายหลังจากที่นำเครื่องดูดควันที่สร้างตามแบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควัน ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่พบจากการนำเครื่องดูดควันที่สร้างตามแบบร่างที่ 2 ของโครงสร้างเครื่องดูดไปทดลองใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่างวันแรกพบว่ามีการปล่อยลมเย็นบางส่วนจากเครื่องดูดควันออกมายังเตาปิ้งคอหมูย่าง ซึ่งควันจากเตาควรถูกดูดเข้าไปในถังบรรจุสาร จึงต้องหยุดทดลองในวันนั้น เพื่อนำเครื่องดูดควันมาปรับปรุงแก้ไข โดยเพิ่มพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ตรงบริเวณถังบรรจุสารปรับความสูงของ Hood ลงมาเพื่อให้พัดลมที่ติดอยู่บริเวณ Hood อยู่ใกล้กับปลาย Hood และใกล้กับเตาปิ้งย่างมากขึ้น และเพิ่มตัวควบคุมความเร็วของพัดลม จากนั้นนำเครื่องดูดควันตามแบบร่างที่ 3 ของโครงสร้างเครื่องดูดควันดังที่กล่าวมาข้างต้น กลับไปทดลองใช้กับร้านขายส้มตำคอหมูย่างอีกครั้ง เป็นเวลา 3 วัน โดยการเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในตอนที่ 2 ของบทที่ 3 แต่ปรับเปลี่ยนปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็น 250 กรัม น้ำ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรเช่นเดิม เนื่องจากควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่างคอหมูมากกว่าควันจากธูป และเพื่อให้สะดวกต่อการเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของแม่ค้า ซึ่งสามารถเตรียมได้จาก การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1 กระปุก (250 กรัม) กับน้ำ 1 ขวดใหญ่ (6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือคิดเป็นสัดส่วน 1 : 1 แล้วนำเครื่องดูดควันมาทดลองกับการปิ้งคอหมูเป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่า สารที่อยู่ในถังบรรจุสารมีลักษณะเป็นสารสีขาวของแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำแขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร มีฝ้าบาง ๆ สีขาวขุ่นลอยอยู่บริเวณผิวหน้าสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ บางส่วนตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสารแยกตัวออกจากน้ำ ดังสมการเคมี

$$Ca(OH)_{2\ (aq)} + CO_{2\ (g)} \rightarrow CaCO_{3\ (s)} + H_2O_{\ (l)}$$

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องดูดควันและการทดลองใช้เครื่องดูดควันกับร้านขายส้มตำคอหมูย่างพบว่า เครื่องดูดควันมีความสามารถในการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเตาปิ้งย่างอยู่ในระดับดี คือเกิดสารสีขาวขุ่นของแคลเซียมคาร์บอเนตแขวนลอยอยู่ในถังบรรจุสาร บางส่วนตกตะกอนลงมาที่ก้นถังบรรจุสาร เมื่อตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที แยกตัวออกจากน้ำ ซึ่งเป็นของเหลวใส มีควันเหลืออยู่บริเวณเตาปิ้งย่างประมาณร้อยละ 20 ของควันที่เกิดจากเตาปิ้งย่าง

5.2 อภิปรายผล

เครื่องดูดควันจากงานวิจัยครั้งนี้ สามารถดูดควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเตาปิ้งย่างให้เข้ามาทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถังบรรจุสาร ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของ กรกนก ยุวพัฒนวงศ์ ปรัชญ์วิไล นุชประมูล และ ปิยศักดิ์ วิทยบูรณานนท์ (2559) ที่กล่าวถึงประวัติของสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1777 โดยมีการทดลองให้ผึ้งอยู่ในครอบแก้วที่มีสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ในครอบแก้วด้วยเป็นเวลา 8 วัน ซึ่งผึ้งสามารถมีชีวิตอยู่ได้ ต่อมาปี ค.ศ. 1847 ได้ทำการทดลองนำสุนัขมาอยู่ในครอบแก้วปิด ภายในมีสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ พบว่าเวลาผ่านไป 4 วัน สุนัขยังมีชีวิตอยู่ ปี ค.ศ. 1919 ได้มีการผลิตและจำหน่ายสารดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้บริษัท Wilson Soda lime และในปี ค.ศ. 1929 ใช้ชื่อทางการค้าว่า “Soda sorb” นอกจากนี้ในส่วนของงานวิจัยยังพบสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ชนิดใหม่ อยู่ภายใต้ชื่อ Yabashi lime ซึ่งมีส่วนประกอบของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 84

นอกจากนี้หากพิจารณาในด้านของความคุ้มค่าของการนำเครื่องดูดควันมาใช้ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะร้านขายอาหารที่ต้องมีการปิ้งย่างอาหารบางชนิด เช่น คอหมู เนื้อหมู เนื้อไก่ กุ้ง และปลา เป็นต้น เมื่อเทียบกับต้นทุนในการสร้างเครื่องดูดควันจากงานวิจัยครั้งนี้กับผลกระทบที่เกิดจากการปิ้งย่างแล้วให้ควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศแล้ว ถือว่ามีความคุ้มค่า คุ้มทุนอย่างมาก ทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่าง ๆ ดังนี้

5.2.1 สุขภาพอนามัยของมนุษย์ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ ทำให้เกิดอาการเฉียบพลันได้ในกรณีที่ก๊าซนี้แทนที่ออกซิเจนในบริเวณที่จำกัด ทำให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจ หากสูดดมเข้าไปในปริมาณมาก ๆ จะทำให้เลือดเป็นกรดและกระตุ้นระบบหายใจให้หายใจเร็วขึ้น ทำให้หัวใจเต้นเร็ว หายใจติดขัด หายใจลำบาก จนถึงอาการขาดออกซิเจน คือปวดศีรษะ วิงเวียน ความดันสูง อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น ความเข้มข้นสูงถึงร้อยละ 12 หรือมากกว่าจะหมดสติภายใน 1-2 นาที

5.2.2 สิ่งแวดล้อม

1) ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น น้ำท่วมฉับพลัน เป็นผลมาจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้นในบรรยากาศถึงร้อยละ 20 ทำให้อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้น น้ำทะเลขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน น้ำแข็งในแถบขั้วโลกละลายเป็นน้ำ ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 40 – 120 เซนติเมตร และทำให้เกิดความแปรปรวนของอากาศ มีพายุลมมรสุมในคาบสมุทรเอเชียแปซิฟิกเพิ่มกำลังแรงมากขึ้นและพัดเลยขึ้นเหนือไป ทำให้ฝนตกในที่กันดาร ตลอดจนส่งผลให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันบางแห่ง บาง

แห่งจะเกิดปัญหาน้ำเซาะ ดินพังทลายลง ตะกอนที่มากับกับน้ำขุ่นทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน ในทางกลับกันบางที่ที่เคยมีฝนตกชุกอาจเกิดความแห้งแล้งได้ นอกจากนี้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศยังมีผลต่อการเพิ่มของปริมาณน้ำฝนถึงร้อยละ 7 -15 ทั่วโลก เนื่องจากพืชมีการเร่งการสังเคราะห์ด้วยแสงขึ้น ส่งผลต่อการเกิดวัฏจักรของน้ำด้วย

2) ปรากฏการณ์โลกร้อน (global warming) หมายถึง การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทรตั้งแต่ช่วงครึ่งหลังคริสต์สตวรรษที่ 20 เพิ่มสูงขึ้นและคาดการณ์ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก เป็นผลมาจากก๊าซเรือนกระจก

3) วัสดุ อาคาร และสิ่งปลูกสร้าง เนื่องจากสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาในอากาศรวมตัวกับน้ำฝน ทำให้น้ำฝนมีสภาพความเป็นกรดหรือเรียกว่า “ฝนกรด” (acid rain) คือ กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำฝนที่ตกตามธรรมชาติมีความเป็นกรดที่ค่า pH 5.6 แต่ถ้าตกในบริเวณที่มีระดับความเข้มข้นของสารมลพิษสูงจะทำให้กรดมีฤทธิ์ที่รุนแรง สามารถทำลายวัสดุ อาคาร และสิ่งปลูกสร้างที่มีส่วนประกอบจากหินปูน ($CaCO_3$) ก็จะสามารถกัดกร่อนได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สูญเสียความงดงามของสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งรูปปั้นที่ใช้ตกแต่งตามอาคารจะมีรูปร่างผิดไปจากเดิม สิ้นเปลืองทรัพย์สินในการบูรณะซ่อมแซมให้กลับมามีลักษณะที่ดีดังเดิม

4) ระบบนิเวศทางน้ำ ด้วยความเป็นกรดนี้มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ฮอร์โมน และโปรตีนอื่น ๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ซึ่งตามปกติแล้วสิ่งมีชีวิตสามารถควบคุมค่าความเป็นกรด ภายในร่างกายได้พอสมควรเท่าที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามค่า pH ของสิ่งแวดล้อมที่ต่ำอย่างเนื่องจะส่งผลต่อระบบการทำงานของร่างกาย รวมทั้งไข่ของสัตว์ที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการปฏิสนธิ เช่น ปลา หากค่า pH ต่ำจะทำให้ไข่ฝ่อก่อนจะเป็นตัวอ่อน มีผลต่อการขยายพันธุ์ของปลา ทำให้ประชากรปลาลดลง นอกจากนี้ระบบนิเวศทางน้ำที่เป็นกรดยังมีผลต่อสายพันธุ์ สปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่ไวต่อความเป็นกรดจนอาจถึงตายได้

ต้นทุนในการสร้างเครื่องดูดควัน มีดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 รายการต้นทุนในการสร้างเครื่องดูดควัน

ที่	รายการ	ราคา (บาท)
1.	ค่าวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องดูดควัน	8,000
2	แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1 กระปุก ราคา 58 บาท ใช้ 7 กระปุก	406
3	ค่าธูป ขนาดความยาว 32 ซม. 1 ห่อราคา 125 บาท ใช้ 11 ห่อ	1,375
4	เครื่องชั่ง	145
5	กระดาษกาวอลูมิเนียม 1 ม้วน ราคา 180 บาท ใช้ 3 ม้วน	540
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น		**9,970**

หมายเหตุ

1. หากใช้ที่ร้านค้าจะมีการติดตั้งเครื่องดูดควันไว้กับที่ โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายแล้วถอดออกเป็นชิ้นส่วน 3 ชิ้น จึงลดค่าใช้จ่ายกระดาษกาวอลูมิเนียมลงได้

2. ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายธูปในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องดูดควัน

3. ขณะนี้ยังไม่มีการผลิตเครื่องดูดควันตามลักษณะเดียวกับงานวิจัย หากเทียบกับที่ร้านขายอาหารปิ้งย่างใช้อยู่เป็นเพียงการย้ายควันจากตรงบริเวณเตาปิ้งย่างออกไปสู่บรรยากาศ

4. แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1 กระปุก ใช้งานได้ 1 ครั้ง เวลาเฉลี่ยประมาณ 5 ชั่วโมง

ดังนั้นเครื่องดูดควันจากงานวิจัยครั้งนี้ มีราคาประมาณ 8,058 บาท (รวมค่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1 กระปุก ต่อการใช้งาน1ครั้ง)

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยพบว่า การสร้างเครื่องดูดควัน โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นรัฐบาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ควรกำหนดเป็นนโยบายในการดูแล ป้องกันสิ่งแวดล้อม ดังนี้

5.3.1.1 เชิงนโยบาย

1) ส่งเสริมและสร้างความตระหนักและจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมให้ประชาชน โดยมีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ และองคารบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก เป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินงาน กำหนดนโยบายลงไปสู่องค์การบริหารส่วนตำบลทุกองค์กรบริหารส่วนตำบลในประเทศไทย นำไปใช้กับประชาชนในตำบล

2) พัฒนาองค์ความรู้ในการบริหารจัดการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมให้กับนักวิชาการ นักวิจัยและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมขององค์การบริหารส่วนจังหวัด ได้ลงไปกระตุ้นและแนะนำหรือถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับบุคลากรขององค์การบริหารส่วนตำบลในประเทศไทย เพื่อนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปใช้ในการพัฒนาต่อไป

5.3.1.2 เชิงปฏิบัติการ โดย

องค์การบริหารส่วนตำบล มีการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเครื่องมือหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ช่วยกำจัดหรือลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจัดกิจกรรม ดังนี้

1) การประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้สื่อ เสียงตามสาย แผนพับ ใบปลิว อย่างต่อเนื่อง

2) อบรมให้ความรู้เกี่ยวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และวิธีการกำจัดหรือลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับผู้นำชุมชน เพื่อนำไปถ่ายถอดให้กับประชาชนในชุมชน

3) สรรหาอาสาสมัครพิทักษ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประจำองค์การบริหารหรือชุมชน ๆ ละ 5 – 10 คน ในการสอดส่อง ดูแลและเฝ้าระวังเกี่ยวกับการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งแนะนำเครื่องมือที่ช่วยในการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรทำงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่องดูดควัน โดยใช้ลิเทียมไฮดรอกไซด์ (LiOH) หรือ น้ำ (H_2O) เป็นสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5.3.2.2 ควรทำงานวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดูดควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเครื่องดูดควันตามงานวิจัยนี้

5.3.2.3 ควรทำงานวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาร 3 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)

5.3.2.4 ควรทำงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนภายหลังจากการนำเครื่องดูดควันมาใช้ในการทำธุรกิจอาหารปิ้งย่าง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2560). **เทคโนโลยีการดักจับคาร์บอนฯกุญแจความสำเร็จของข้อตกลงปารีส.** ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2560, จาก https:www.egat.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1814:0170118-art01&catid=49&Itemid=251

กิตติแก๊ส. (2557). **เครื่องดูดควัน.** ค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2561,จาก https://www.srangbaan.com/libary-ch19-smorke.htm?PHPSESSID=7f817e793of04acdd62fe41b48d83

จีระศักดิ์ เพ็งคุณ. (2557). **การศึกษาทดลองการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ถ่านกัมมันต์และดูดซึมโดยน้ำ.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จุฑารัตน์ ฉัตรวิริยาวงศ์ และ วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์. (2555). **พิษวิทยาอาชีพ.** พิมพ์ครั้งที่ 2.ชลบุรี: สัมมาอาชีวะ.

เจ้าของร้านคิตเช่นฟอร์ม. (2559). **ตัวกรองเครื่องดูดควัน.** ค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2561, จาก https://www.Kitchenform-itt.com/article/72/ตัวกรองน้ำมัน-เครื่องดูดควัน.

ณัฐพล คำชู, นพกมล กาญจนางกูร และนงนภัส โพธิ์แก้ว. (2557). **เครื่องดูดควันธูป.** โรงเรียนกัลยาณวัตร. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 25. จังหวัดขอนแก่น.

ณัฐะยาน์ พงศ์สถาบดี และคณะ.(2558). **การเลือกดักจับแก๊สเรือนกระจกคาร์บอนไดออกไซด์จากแก๊สผสมกระแสไฮโดรเจนเข้มข้นบนตัวดูดซับของแข็งชนิดดินที่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวด้วยเอมีน.** โครงการวิจัยแห่งชาติและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทพ เกื้อทวีกุล, ภาคิณ มณีโชติ, จตุรงค์ ธงชัย และเพ่ง วศินวงศ์สว่าง. (2558). **การพัฒนาเครื่องดูดควันอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับร้านขายอาหารในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.** การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ไทยรัฐออนไลน์. (2555). **ควันปิ้งย่างก่อโอโซนมลพิษ กทม.ยันอันตราย “ปอดพัง” ชี้ “คนขาย” สัมผัสพิษมากที่สุด.** ค้นเมื่อ 4 มกราคม 2561, จาก https:www.thairath.co.th/content/275046

นันท์นภัส รุนรักษา, อาทิตย์ เนรมิตตกพงศ์ และ สุธาสินี เนรมิตตกพงศ์. (2556). **ผลการเติมโพแทสเซียมคาร์บอเนตลงบนตัวรองรับแคลเซียมออกไซด์ สำหรับการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิต่ำ.** Graduate Research Conference. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภาวิณี ตาลเถื่อน. (2556). **การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนในก๊าซผสมสังเคราะห์ด้วยซีโอไลต์มาตรฐานชนิด 4A.** ค้นเมื่อ 11พฤษภาคม 2563, จาก https:www.sure.su.ad.th/xmiui/handle/123456789/10803?locale-attribute=th

เยาวรินทร์ รอดมณี และ ระพี กาญจน. (2555). *การประยุกต์ใช้ฟัซซี่เซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันแบบไฟฟ้าสถิต.* **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี,** ปีที่ 10 (ฉบับที่ 2).

วชิรเวชสารและวารสารเวชศาสตร์เขตเมือง. (2559). **สารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.** ค้นเมื่อ 21 พฤษภาคม 2561, จาก https://www.he02.tci.thaijo.org

วารสารสิ่งแวดล้อม. (2562). **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับบทบาทการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคผลิตไฟฟ้าของไทย.** ค้นเมื่อ 16 เมษายน 2563,จาก https://www.ej.eric.chula.ac.th/content/6109/65

สมฤดี หวานรื่น. (2558). **ปิ้งย่างเมนูยอดฮิต.** ค้นเมื่อ 23 มกราคม 2561, จาก https://www.univerv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?TOPIC_ID=6109

สมาคมฟิสิกส์ไทย. (2562). **เครื่องดูดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากอากาศ.** ค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม 2563, จาก https://www.thaiphysoc.org/article

แสวง เกิดประทุม. (2559). **คาร์บอนไดออกไซด์.** ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2563, จาก https://www.tistr.or.th/ed/?p=566

DM motor. (2562). **มอเตอร์พัดลมคืออะไร.** ค้นเมื่อ 27 เมษายน 2563, จาก https://www.dmfammotor.com/blog-page.html_____.(2562). **เครื่องดูดควันเชิงพาณิชย์ประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างไร.** ค้นเมื่อ 27 เมษายน 2563,จาก https://www.dmfammotor.com/blog-page.html

_____.(2562). **การดูแลเครื่องดูดควันของคุณและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมัน.** ค้นเมื่อ 27 เมษายน 2563, จาก https://www.dmfammotor.com/blog-page.html

Green NETWORK.magazine. (2562). **เทคโนโลยีดักจับคาร์บอน.** ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2563, จาก https://www.greenetwopkthailand.com/tag/เทคโนโลยีดักจับคาร์บอน/

Greenpeace.(2559). **ฝุ่นพิษ PM2.5 ทำไมใครก็ว่าร้าย.** ค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2561, จาก https://www.greenpeace.org/thailand/story/2162/pm25-invisible-villians/

Hatchery agent. (2563). **ระหว่างเครื่องดูดควันกับพัดลมระบายอากาศ มีคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างไร.** ค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2563, จาก https://www.thetrainerthailand.com/home/ระหว่าง-เครื่องดูดควัน-vs-2/

Kitchenform. **การเลือกซื้อเครื่องดูดควัน.** ค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2563, จาก https://www.kitchen-form.com/portfolio/เครื่องดูดควัน

Siamchemi.com. (2559). **น้ำปูนใสและประโยชน์ของน้ำปูนใส.** ค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2561, จาก https://www.siamchemi.com/น้ำปูนใส/

Tammasee-ตามมาซี. (2561). **ไก่ย่างแม่วันดีหน้าออมสินสาขานครสวรรค์นุ่มหอมชวนรับทาน.** ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2563, จาก https://www.tammasee.com/wp/view/774/

The Momentum. (2562). **อันดับประเทศที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในโลก.** ค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2563, จาก https://www.themomentum.co/world-emission/

Veridian E-Journal. (2559). **ตัวคูณอัตราการระบายและอัตราการระบายฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมครอน จากการปิ้งย่างอาหารด้วยเตาถ่าน[บทคัดย่อ].ค้น**เมื่อ 21 เมษายน 2563, จาก https://www.cmuccdc.org/research

Workpoint TODAY. (2563). **กิจกรรมประจำวันของมนุษย์สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากแค่ไหน.** ค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2563, จาก https://www.workpointnews.com/2020/02/03/how-much-co2-human-activities-generate/

ภาษาต่างประเทศ

American elements. (nd.). **Lithium Hydroxide Monohydrate.** Retrieved 13 January 2019 from https://www. Americanelements.com.

Biology Scientific Method. (2016). **CO_2&Photosynthesis.** Retrieved 13 January 2018 from http://google.Stscience.net/?p=9022

Britannica. (nd.). **Calcium Hydroxide.** Retrieved 30 September 2019 from https://www.britannica.com

_____. **Lithium Hydroxide.** Retrieved 18 August 2018 from https://www.britannica.com

Chemistry Libre Texts. (nd.). **Calcium hydroxide.** Retrieved 21 August 2019 from https://www.chem. Libretexts.org

Education.com. (nd.). **The Limewater Carbon Dioxide Test.** Retrieved 3 February 2018 from https://www.education.com/science-fair/article/gas-sniffers/

Pradthana's Weblog. (2008). **Adsoption Process.** Retrieved 13 February 2018 from https://pradthana.wordpress.com/2008/04/13/adsorption-process/

Ravinder Kumer, Mohammad Hossein Ahmadi, Dipen Kumer Rajak, Mohammad Alhuyi Nazari. (2019*). A study on CO_2 absorption using hybrid solvents in packed columns.* **International Journal of Low-Carbon Technologies, (LCT),** volume 14, Issue 4.

S. Ma' mun, Hallvard F. Svendsen, and I M. Bendiyasa. (2018). *Amine-based carbon dioxide absorption: evaluation of kinetic and mass transfer parameters.* **Journal of Mechanical Engineering and Science,** volume 12, Issue 4,. Malaysia Pahang University, Malaysia.

มหาวิทยาลัยราชภัฏ RAJAPRUK UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	อาจารย์ปรียาภัทร ชัชวาลย์สิน
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 20 เดือนมิถุนายน พุทธศักราช ตำบลบ้านชี อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ปริญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์, พ.ศ. 2544 มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา, พ.ศ. 2549
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน	มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาทั่วไป
ประสบการณ์ทำงาน	**ประสบการณ์ทำงาน**
2537 – 2540	อาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนทิวไผ่งาม กทม.
2541 – 2546	อาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนพระวรสาร จังหวัดลพบุรี
2547 – 2548	ผู้ช่วยผู้อำนวยการและอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนพลูหลวงวิทยา จังหวัด ตาก
2549 – 2555	หัวหน้ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีวิกรม์ กทม.
2556 – ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์

ชื่อผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่

ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักด้านจริยธรรมสิ่งแวดล้อมของประชาชนในชุมชนบางขนุน

รางวัลหรือทุนการศึกษาที่ได้รับ

-