# บทที่ 1 บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปริมาณความชื้นในบรรยากาศที่มากเกินไปส่งผลเสียต่องานด้านอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์หนัง อุตสาหกรรมเกี่ยวกับการขนส่งและบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งปัญหาความชื้นภายในครัวเรือนซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ การลดปริมาณความชื้นที่มากเกินไปด้วยสารดูดซับความชื้นจึงมีความจำเป็นทั้งในงานด้านอุตสาหกรรมและในครัวเรือน สารดูดซับความชื้นมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับความชื้นจึงแตกต่างกันด้วย สารดูดซับความชื้นที่นิยมใช้กันมีหลายชนิด เช่น ซิลิกาเจล (Silica gel) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่สกัดจากทรายขาวผสมกรดกำมะถัน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide) มีลักษณะเป็นเม็ดกลม มีความเป็นโพรงและรูพรุน ทำให้มีพื้นผิวที่ใช้ในการดูดความชื้นเป็นจำนวนมาก ประมาณ 800 ตารางเมตรต่อน้ำหนัก 1 กรัม หรือประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเอง นอกจากนี้ยังมีสารที่มีสมบัติไวต่อความชื้นซึ่งสามารถนำมาใช้ดูดความชื้นได้ เช่น สารดูดความชื้นจากธรรมชาติ (Natural clay) โมเลกุลลาร์ซีฟ (Molecular sieve) แคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide : CaO) แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulfate : $CaSO_4$)

แคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide : CaO) บางครั้งเรียกว่าหินปูน (Caustic lime / Quick lime) มีลักษณะเป็นผงสีขาว มีความสามารถในการดูดความชื้นได้ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเอง มีสมบัติเด่นในการดูดความชื้นที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และมีอัตราการคายความชื้นต่ำ ซึ่งในธรรมชาติมีวัสดุหลายชนิดที่มีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate : $CaCO_3$) เช่น ปะการัง เปลือกไข่ เปลือกหอย เปลือกกุ้ง บางชนิดเป็นวัสดุเหลือทิ้งไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ วัสดุเหล่านี้หากนำมาเผา แคลเซียมคาร์บอเนตที่เป็นส่วนประกอบเหลือทิ้งจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นสารดูดความชื้นได้

ในงานวิจัยนี้จึงนำวัสดุเหลือทิ้งจากเปลือก ไข่ไก่ ไข่เป็ด หอยแครง หอยแมลงภู่ ซึ่งมีองค์ประกอบของเปลือกเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต เผาที่อุณหภูมิต่างๆ จนเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมออกไซด์เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับความชื้น และทำการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับความชื้น รวมทั้งศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดซับความชื้นของตัวดูดซับแต่ ละชนิด

อันจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาตัวดูดซับความชื้นจากวัสดุธรรมชาติที่เหลือทิ้งมาก่อให้เกิดประโยชน์

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการเปลี่ยนโครงสร้างของเปลือกไข่ไก่ ไข่เป็ด หอยแครง และหอยแมลงภู่ ที่อุณหภูมิต่างๆ

1.2.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกไข่ไก่ ไข่เป็ด หอยแครง และหอยแมลงภู่ ที่ใช้เป็นตัวกลางในการดูดซับความชื้น

1.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเปลือกไข่ไก่ ไข่เป็ด หอยแครง และหอยแมลงภู่ ในการดูดซับความชื้น

## 1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wang และคณะ [1] ศึกษาปฏิกิริยาของ CaO เพื่อใช้เป็นสารดูดซับ $CO_2$ พบว่า ปฏิกิริยาในการดูดซับขึ้นอยู่กับจำนวนและเวลาที่ใช้ของสารดูดซับ ซึ่งในความสัมพันธ์นั้นพบว่า การเสื่อมสภาพของสารดูดซับจะลดลงตามพื้นที่ผิวที่ถูกแทนที่ด้วยสารถูกดูดซับ และจากการคำนวณสามารถทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานได้ระยะยาวนั้นเป็นจริง สามารถที่จะพัฒนากระบวนการดูดซับได้ดียิ่งขึ้น

Tsai และคณะ [2] การดูดซับสีย้อมผ้า blue 9 และ orange 51 จากสารละลาย โดยเปลือกไข่และผงเปลือกไข่ ถูกนำไปวัดประสิทธิภาพโดยวัด ความเร็วในการปั่นป่วน ความเข้มข้นของสีย้อมตอนเริ่มต้น มวลของตัวดูดซับ และอุณหภูมิ โดยผงเปลือกไข่สามารถดูดซับสี cationic basic blue 9 ได้น้อยกว่า acid orange 51 มาก ซึ่งขึ้นกับแรงกระทำของ ion ระหว่างกรด sulfonate group (เป็นประจุบวก) อยู่บนผิวของผงเปลือกไข่ และความสามารถในการดูดซับ acid orange 51 เปลือกไข่ น้อยกว่าผงเปลือกไข่ ซึ่งกระบวนการดูดซับสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง simple model, pseudo second order model ตามสมการในการดูดซับจาก pseudo second order reaction ที่เหมาะสม สามารถสนับสนุนผลของสมการ Freundlich model ได้ค่อนข้างดีกว่า Langmuir model และการเพิ่มอุณหภูมิในการดูดซับจาก 15 เป็น 45 °C ทำให้การดูดซับ acid orange 51 บนผงเปลือกไข่ดีขึ้น ซึ่งจากการทดลองทำให้ทราบว่าการดูดซับเป็นแบบดูดความร้อน (endothermic) หรือกระบวนการดูดซับทางเคมี จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้ประโยชน์จากขยะผงเปลือกไข่ เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมผ้าจากสารละลาย

Cunningham และคณะ [3] ศึกษาการลดความชื้นในเส้นพาสต้า โดยใช้กฎการแพร่มวลข้อที่ 2 ของ Fick's law มาอธิบายพฤติกรรมและใช้สมการของ Peleg & Weibull มาทำนายการดูดซับน้ำในพาสต้า จากการทดลองพบว่า ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเดียวกันของพาสต้านั้น การลดความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น

Jai และคณะ [4] ศึกษาการกำจัดโลหะหนักโดยใช้เปลือกไข่ ซึ่งได้มีการเตรียมโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ และพบว่า เปลือกไข่ที่มีเฟสเป็น calcite สามารถกำจัด Cd ได้มากกว่า 99% และพบว่ากำจัด Cr ได้ดีภายหลัง 10 นาที แต่การกำจัดก็ถือว่ายังไม่สมบูรณ์ โดยหลังจากผ่านไป 60 นาที การกำจัดโลหะหนักเริ่มช้าลง แต่เปลือกไข่ที่มีเฟสเป็น calcite สามารถทำให้น้ำเสียที่มีคุณสมบัติเป็นกรดมีความเป็นกลาง

Tsai และคณะ [5] ศึกษาคุณสมบัติลักษณะเฉพาะตัวและคุณสมบัติของการดูดซับของเปลือกไข่และเปลือกไข่ที่ยังมี membrane ติดอยู่ ซึ่งพบว่า โครงสร้างของทั้งสองมีลักษณะความเป็นรูพรุนที่ไม่แตกต่างกันและ เปลือกไข่มีความหนาแน่นมากกว่าเปลือกไข่ที่ยังมี membrane ติดอยู่ จากการทดสอบการดูดซับก๊าซ Nitrogen โดยใช้สมการ Freundlich และ สมการ Langmuir พบว่า สมการ Freundlich ค่อนข้างจะให้ผลการดูดซับที่ดีกว่าสมการ Langmuir และเปลือกไข่ทั้ง 2 ชนิด สามารถดูดซับได้น้อยกว่า 1.0 mg/g

อติพงศ์ นันทพันธุ์ และคณะ [6] ได้ออกแบบและสร้างชุดสารดูดซับความชื้นที่บรรจุด้วยซิลิกาเจลเพื่อทดสอบสมรรถนะของชุดสารดูดซับความชื้นทั้งในกรณีของกระบวนการดูดซับความชื้น และกระบวนการอบไล่ความชื้น โดยการศึกษาผลของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ , ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอุณหภูมิของอากาศด้านเข้าของชุดสารดูดซับความชื้น และเวลาที่ใช้ทดสอบ จากการทดลองพบว่าอัตราการดูดซับความชื้นของสารดูดซับความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิด้านเข้าของชุดสารดูดซับความชื้นของอากาศลดลง ขณะที่ปริมาณความชื้นที่ถูกขับออกมาจะลดลงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังได้พัฒนาโมเดลที่ใช้คำนวณปริมาณมวลของน้ำที่ถูกดูดหรือขับออกจากสารดูดซับความชื้นและอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น เพื่อใช้ทำนายผลการทดลอง

น้ำฝน ปราการสมบัติ และคณะ [7] ศึกษาการออกแบบ Adsorption Experiment สำหรับห้องปฏิบัติการ โดยการเลือกการดูดซับความชื้น 95 % ในอากาศด้วยซิลิกาเจล แล้ววัดค่าความชื้นของอากาศขาออกเพื่อศึกษา Breakthough Curve, MTZ, LUB, ค่าคงที่ของอัตราการดูดซับ (K) และ

ความสามารถในการดูดซับ (W) จากการทดลองพบว่า เมื่อความเร็วมีค่าเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการดูดซับจะลดลงและค่า MTZ, LUB และ K มีค่าเพิ่มขึ้น

จรรยาพร พุ่มงาม [8] ศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่ โดยศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการดูดซับโดยใช้สมการฟรุนดิชศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ ผลการนำเปลือกหอยขนาดต่างกันไปอบที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า เปลือกหอยแครงขนาด 20-60 เมช ซึ่งนำไปตากแดดสามารถกำจัดตะกั่วได้ดีสุด โดยมีค่าคงที่การดูดซับเท่ากับ $9.46 \times 10^5$ มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมของเปลือกหอย และการกำจัดตะกั่วเกิดได้ดีช่วงพีเอช 6.3 – 8.8 และประสิทธิภาพลดลงเมื่อช่วงพีเอชลดลง

ยุทธพงษ์ ภู่ทอง [9] ศึกษาการลดความชื้นที่คอยล์เย็นและในห้องแช่เย็นโดยใช้สารดูดความชื้น ทำการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ใส่ตัวดูดซับซิลิกาเจลกับกรณีที่ไม่ใส่ซิลิกาเจลในตู้เย็น จากการศึกษาพบว่ากรณีที่ใส่ตัวดูดซับซิลิกาเจลช่วงกลางในตู้เย็นสามารถเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นของตู้เย็นได้ดีกว่ากรณีที่ใส่ในตำแหน่งอื่นๆ และที่ไม่ใส่ตัวดูดซับ ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงและประหยัดพลังงานได้ 16.3% เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ซิลิกาเจล

ยุวรัตน์ ปรมีศนาภรณ์ [10] ศึกษาความสามารถในการดูดซับแคดเมียมของเปลือกไข่ 2 ชนิด คือ เปลือกไข่ธรรมดาและเปลือกไข่ปลอดโปรตีน โดยศึกษาการดูดซับ ณ สภาวะสมดุล พบว่า ณ สภาวะสมดุลที่ 120 นาที เปลือกไข่ธรรมดาและเปลือกไข่ปลอดโปรตีน ขนาด 60-80 เมช สามารถดูดซับแคดเมียมได้ดีที่สุดเท่ากับ 1.6028 และ 1.3170 มิลลิโมลต่อกรัมของเปลือกไข่

ศุภวรรณ กฤษณะทรัพย์ [11] ศึกษาการลดปริมาณตะกั่วโดยใช้เปลือกไข่ พบว่า เปลือกไข่ซึ่งมี Calcium Carbonate และเยื่อโปรตีน สามารถใช้ลดปริมาณตะกั่วในน้ำเสียได้กว่า 99% โดยความสามารถขึ้นกับขนาดอนุภาคของเปลือกไข่ สัดส่วนระหว่างความเร็วการไหลต่อปริมาตรของเปลือกไข่ในคอลัมน์ และระดับ pH

กนกปกรณ์ จันทร์ศิริสกุลและอัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ [12] ศึกษาผลความสูงของตัวดูดซับและอัตราการไหลของอากาศชื้นที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาเจลโดยผ่านอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 85 % เข้าหอดูดซับแบบตัวดูดซับนิ่งภายใต้ความดันบรรยากาศ จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาเจลเพิ่มขึ้น เมื่อความสูงตัวดูดซับของตัวดูดซับเพิ่มขึ้นและเมื่ออัตราการไหลของอากาศชื้นลดลง

## 1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.4.1 เตรียมตัวดูดซับที่สามารถดูดซับความชื้นจากเปลือก ไข่ไก่ ไข่เป็ด หอยแครง หอยแมลงภู่ โดยการบดให้ละเอียด แล้วเผาที่อุณหภูมิต่างๆจนกระทั่งแคลเซียมคาร์บอเนตเปลี่ยนเฟสเป็นแคลเซียมออกไซด์อย่างสมบูรณ์

1.4.2 ศึกษาปัจจัยของตัวดูดซับที่เหมาะสมโดยการทดลองเพื่อเปรียบเทียบอัตราการดูดซับความชื้นของตัวดูดซับแต่ละชนิด

1.4.3 ศึกษาปัจจัยของตัวดูดซับที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพในการดูดซับความชื้น โดยการทดลองการดูดซับความชื้นในหอดูดซับแบบเบดนิ่ง (Fixed bed) และตรวจสอบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในหอดูดซับ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถทราบถึงการเปลี่ยนโครงสร้างของเปลือกไข่ไก่ ไข่เป็ด หอยแครง และหอยแมลงภู่ ที่อุณหภูมิต่างๆ

1.5.2 เป็นทางเลือกหนึ่งในการดูดซับความชื้นในการผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม

1.5.3 สามารถนำเศษวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้และหาได้ง่ายมาก่อให้เกิดประโยชน์

1.5.4 เป็นการลดปริมาณการใช้สารเคมีให้น้อยลง