

การสาธิตทดลองสารกำหนดปริมาณโดยใช้สารเคมีใน ชีวิตประจำวัน

Experimental Demonstration of a Limiting Reagent using Chemicals in Daily Life

กুমารินทร์ ซาลีแสน, สุภาพ ดาเมือง, ปุริม จารุจรัส, มะลิวรรณ อมตรองไชย
และเสนอ ชัยรัมย์*

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

*Email: sanoe.c@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการสาธิตทดลองสารกำหนดปริมาณโดยใช้สารเคมีในชีวิตประจำวันจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู คาร์บอเนตจะทำปฏิกิริยากับกรดแอซิกแล้วได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งสามารถวัดได้โดยตรงจากการใช้กระบอกฉีดยาโดยไม่ต้องอาศัยการแทนที่น้ำ เมื่อใช้ปริมาณกรดคงที่ ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอเนตที่ใช้ เพราะฉะนั้น ผลที่ได้จากการทดลองช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเรื่องสารกำหนดปริมาณได้ดียิ่งขึ้น การสาธิตทดลองนี้น่าจะเป็นที่สนใจสำหรับครูและนักเรียนทุกระดับชั้นในวิชาเคมี

คำสำคัญ: การสาธิต ปริมาณสัมพันธ์ สารกำหนดปริมาณ เคมีของกรด-เบส

Abstract

This research aimed to present an experimental demonstration of a limiting reagent using chemicals in daily life from the reaction between carbonates and vinegar. Carbonates react with acetic acid to form carbon dioxide (CO₂) gas, which was directly measured using a syringe without the displacement of water. When the amount of vinegar was fixed, the volume of CO₂ gas generated from the reaction was dependent on the amount of carbonates used. Therefore, the

results could help students to clarify the concept of a limiting reagent. This experimental demonstration also should be of interest to teachers and students at all levels in chemistry.

Keywords: Demonstration; Stoichiometry; Limiting reagent; Acid-base chemistry

บทนำ

ปริมาณสัมพันธ์ (Stoichiometry) เป็นการศึกษาเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของสารเคมี ปริมาณของสารตั้งต้น ผลผลิต ตลอดจนปริมาณของพลังงานของสารที่เปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาเคมี (ทพวงมหาวิทยาลัย, 2541) ปริมาณสัมพันธ์ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยๆ หลายหัวข้อที่ยากต่อการทำความเข้าใจและเนื้อหาส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการคำนวณ เช่น โมล สารละลาย กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาณสารในสมการเคมี สารกำหนดปริมาณ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำการทดลองง่ายๆ ระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับปริมาณสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ในการใช้คาดคะเนปริมาณของสารที่ใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณตามต้องการ รวมทั้งสามารถบอกได้ว่าสารตั้งต้น ตัวใดทำปฏิกิริยาหมดและสารตั้งต้นตัวใดที่เหลือจากปฏิกิริยา ปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตเป็นตัวหนึ่งที่ที่น่าสนใจเพราะมีรูปเกลือของสารประกอบที่หลากหลาย

สารประกอบคาร์บอเนต คือ เกลือของกรดคาร์บอนิก พบในธรรมชาติหลายชนิด เช่น โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นต้น โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต หรือ ผงฟู (Baking soda) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างและทำปฏิกิริยากับกรดแล้วได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน (Karakstis and Van Hecke, 2000; Proksa and Tóthová, 2006) สารประกอบคาร์บอเนตอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากคือแคลเซียมคาร์บอเนต พบทั่วไปตามธรรมชาติในรูปของหินปูนหรือหินอ่อนและพบได้ในสัตว์ เช่น เปลือกหอย กระดุก เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดจะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารผลิตภัณฑ์ แคลเซียมคาร์บอเนตถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างมากมาย

นักเคมีศึกษานิยมใช้ปฏิกิริยาที่ให้แก๊สเป็นสารผลิตภัณฑ์มาทำการสาธิตทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมหรือคุณสมบัติของแก๊ส ตัวอย่าง Nyasulu, Paris, and Barlag (2009) ได้นำเสนอการทดลองเพื่อศึกษาค่าคงที่ของแก๊สได้อาศัยปฏิกิริยาระหว่าง

คาร์บอนเนตกับกรดและวัดปริมาณของแก๊สโดยการแทนที่น้ำ ในทำนองเดียวกัน Yu (2010) เสนอการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณสัมพันธ์ สมการรีดอกซ์ กฎความดันย่อยของดอลตัน ความดันไอของน้ำ และความดันบรรยากาศโดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไนไตรต์ (NaNO_2) กับกรดซัลฟามิก ($\text{H}(\text{NH}_2)\text{SO}_3$) จะเห็นได้ว่า การทดลองทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงด้วยตนเองและเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่า การติดตามปริมาตรของแก๊สผลิตภัณฑ์โดยอาศัยการแทนที่น้ำจะเป็นที่นิยม แต่ก็เป็นวิธีการวัดโดยทางอ้อม ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยต้องการนำเสนอการทดลองเพื่อศึกษาสารกำหนดปริมาณโดยอาศัยสารเคมีในชีวิตประจำวันจากปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนเนตกับกรดน้ำส้มสายชู แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นสามารถวัดได้โดยตรงจากอุปกรณ์วัดปริมาตร เช่น กระบอกฉีดยา (Syringe) ไม่ต้องอาศัยการแทนที่น้ำ การศึกษาในครั้งนี้ใช้สารประกอบคาร์บอนเนต 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอนเนต (NaHCO_3) หรือแคลเซียมคาร์บอนเนต (CaCO_3) ทำปฏิกิริยากับกรดแอซิติก (CH_3COOH) จากน้ำส้มสายชู จากงานวิจัย Artdej and Thongpanchang (2008) จุดสมมูลของปฏิกิริยาหรือจุดที่สารสองตัวทำปฏิกิริยาพอดีกันหาได้จากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชัน

ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ วิธีการทดลองทางวิทยาศาสตร์และวิธีการทางการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีการทดลองทางวิทยาศาสตร์

1.1. สารเคมีและอุปกรณ์

สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสาธิตทดลองมีดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 1)

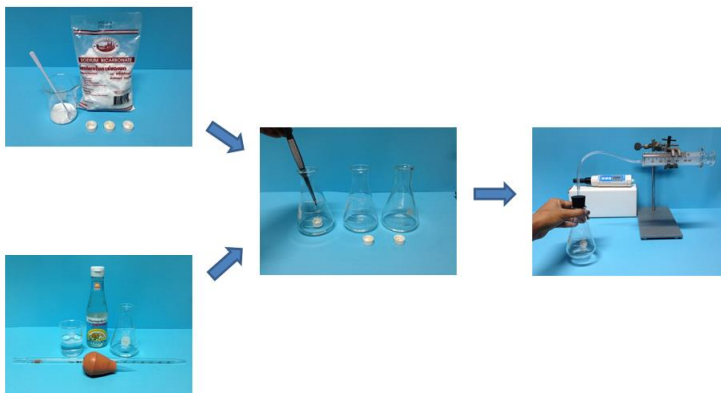
- ผงฟู (โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอนเนต, NaHCO_3)
- แคลเซียมคาร์บอนเนต (CaCO_3)
- กรดน้ำส้มสายชู (กรดแอซิติก 5% w/v, CH_3COOH)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร
- กระบอกฉีดยา (Syringe) แบบแก้ว ขนาด 50 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร

วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559

- ชุดน้ำแก๊ส (Gas outlet set) ประกอบด้วย สายยาง จุกยางปิดขวดรูปชมพู่ที่มีรูตรงกลาง
- ขาตั้งและมือจับ (Stand and Clamp)
- บีเปต (Pipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร
- ฝาพลาสติก (Plastic vial)
- คีมคีบ (Forceps)
- ช้อนตักสาร (Spatula)
- พาราฟิล์ม (Parafilm)
- บารอมิเตอร์ (Barometer)



ภาพที่ 1 สารเคมีและอุปกรณ์บางส่วนที่ใช้ในการสาธิตทดลอง



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทดลองสำหรับปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู

1.2 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 2) ชั่งสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ประมาณ 0.02 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) แล้วบรรจุลงในฝาพลาสติกปิเปตกรดน้ำส้มสายชู ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร แล้วบรรจุลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร วางฝาพลาสติกที่มีสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตลงในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุกรดน้ำส้มสายชูโดยใช้คีมคีบ (ระวัง! อย่าให้สารทั้งสองสัมผัสกันก่อน) ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยจุกยางที่มีสายยางนำแก๊สที่เชื่อมต่ออยู่กับกระบอกฉีดยา จากนั้นพันจุกยางด้วยแผ่นพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สที่เกิดขึ้น จากนั้นเขย่าขวดรูปชมพู่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดน้ำส้มสายชูอย่างสมบูรณ์ จากนั้น บันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นในกระบอกฉีดยา ทำการทดลองในลักษณะเดิมโดยคงปริมาตรน้ำส้มสายชูไว้ที่ 2.00 มิลลิลิตร แต่เพิ่มน้ำหนักของสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตขึ้นครั้งละ ประมาณ 0.02 กรัม รวมทั้งเปลี่ยนชนิดของสารประกอบคาร์บอเนตจากโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ให้ทำการทดลองซ้ำแต่ละจุดอีก 2 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแก๊สที่เกิดขึ้น

2. วิธีการทางการศึกษา

ในด้านการศึกษา การทดลองนี้ถูกนำไปใช้ห้องเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ หัวข้อความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการเคมี การหาสารกำหนดปริมาณ สาร เหลือ และผลได้ร้อยละ ในเบื้องต้น ครูจะเป็นผู้สาธิตการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้รู้จัก สารเคมีที่ใช้ ทักษะที่เป็นพื้นฐานในการปฏิบัติ และขั้นตอนของการทดลองทาง วิทยาศาสตร์ ภายหลังจากการสาธิต นักเรียนจะเป็นผู้ที่ได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง วิธี สอนในลักษณะนี้เป็นการมองประสบการณ์ตรงให้กับผู้เรียนและเป็นการสอนที่มุ่งให้เกิด การผสมผสานระหว่างทฤษฎีและภาคปฏิบัติ นักเรียนจะได้ทำการทดลองเป็นกลุ่มกลุ่มละ 3-5 คน หลังจากที่ได้ทำการทดลองด้วยตนเอง นักเรียนแต่ละกลุ่มในห้องเรียนอภิปราย ผลการทดลองและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผลการทดลองจริงกับทฤษฎี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในเบื้องต้น จะขอกล่าวถึงผลการวิจัยและอภิปรายผลจากการทดลองทาง วิทยาศาสตร์ จากปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) กับกรด แอซติกจากน้ำส้มสายชู สมการเคมีเป็นดังนี้



จากสมการข้างต้น ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะได้เกลือโซเดียมแอซเตต (CH_3COONa) น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารผลิตภัณฑ์ จากการทดลองดังกล่าว เราสามารถศึกษาปริมาณสัมพันธ์จากการวัดปริมาตรของแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นได้โดยใช้กระบอกณิดยาซึ่งเป็นเป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่หา ได้ง่าย ตารางที่ 1 แสดงปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง น้ำส้มสายชู (ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร) และโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (ผงฟู) จากนั้น นำผลในการทดลองแต่ละครั้งมาสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักของผงฟูกับปริมาตรของแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่อคงปริมาตรน้ำส้มสายชูไว้ที่ 2 มิลลิลิตร ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของผงฟูที่ใช้ ในการ ทดลองช่วงต้น เมื่อเพิ่มน้ำหนักของผงฟูให้มากขึ้น ตั้งแต่ 0.02-0.14 กรัม พบว่าปริมาตร ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ แสดงว่า ในช่วงดังกล่าวนี้ ผงฟูเป็นสารกำหนดปริมาณ (limiting reagent) ส่วนน้ำส้มสายชูเป็นสารที่มากเกินไป (excess) นั้นหมายความว่า การทดลองแต่ละครั้งในช่วงนี้จะมีน้ำส้มสายชูบางส่วนที่เหลือ

จากปฏิกิริยา ต่อมาเมื่อทำการทดลองต่อไปเรื่อยๆ โดยเพิ่มปริมาณผงฟูให้มากขึ้น พบว่า น้ำหนักของผงฟูในช่วง 0.16-0.26 กรัม ปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มคงที่ ถึงแม้ว่าจะใช้ผงฟูในปริมาณที่มากขึ้นก็ตาม แสดงว่า ในช่วงดังกล่าวนี้ น้ำส้มสายชูเป็นสารกำหนดปริมาณ ส่วนผงฟูกลายเป็นสารที่มากเกินไปพอแทน เราสามารถหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาหรือจุดที่สารสองตัวทำปฏิกิริยาพอดีกันได้จากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชัน จากกราฟที่แสดงในภาพที่ 3 พบว่า ผงฟูจำนวน 0.14 กรัม เป็นน้ำหนักทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดน้ำส้มสายชู ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร แล้วได้ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 42 มิลลิลิตร ผลการทดลองที่ได้ในส่วนนี้ให้ผลที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานวิจัยของ Artdej and Thongpanchang (2008)

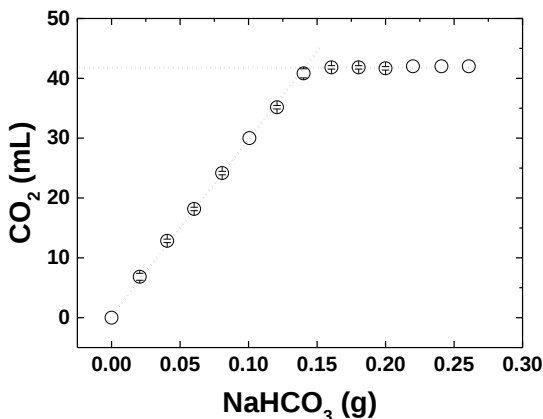
เพื่อศึกษาปริมาณสัมพันธ์ของปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู เราจึงเปลี่ยนชนิดของสารประกอบคาร์บอเนตจากโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต จากนั้น ทำการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกันที่กล่าวแล้วในการทดลองระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู สมการเคมีจากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) กับกรดแอซิดิกจากน้ำส้มสายชูเป็นดังนี้



เช่นเดียวกับปฏิกิริยาของผงฟูกับน้ำส้มสายชู สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) กับกรดแอซิดิกจากน้ำส้มสายชูจะได้เกลือของแคลเซียมแอซิเตต ($(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$) น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตารางที่ 2 แสดงปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำส้มสายชู (ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร) และแคลเซียมคาร์บอเนต จากนั้นนำผลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 1 ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างผงฟูและน้ำส้มสายชู (ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร)

ครั้งที่	NaHCO ₃ (g)	CO ₂ (mL)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	s.d.
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.02	6.50	6.50	7.50	6.83	0.58
3	0.04	13.00	13.00	12.50	12.83	0.29
4	0.06	18.00	18.50	18.00	18.17	0.29
5	0.08	24.50	24.00	24.00	24.17	0.29
6	0.10	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00
7	0.12	35.00	35.50	35.00	35.17	0.29
8	0.14	41.50	40.00	41.00	40.83	0.77
9	0.16	42.00	41.50	42.00	41.83	0.29
10	0.18	41.50	42.00	42.00	41.83	0.29
11	0.20	42.00	41.50	41.50	41.67	0.29
12	0.22	42.00	42.00	42.00	42.00	0.00
13	0.24	42.00	42.00	42.00	42.00	0.00
14	0.26	42.00	42.00	42.00	42.00	0.00



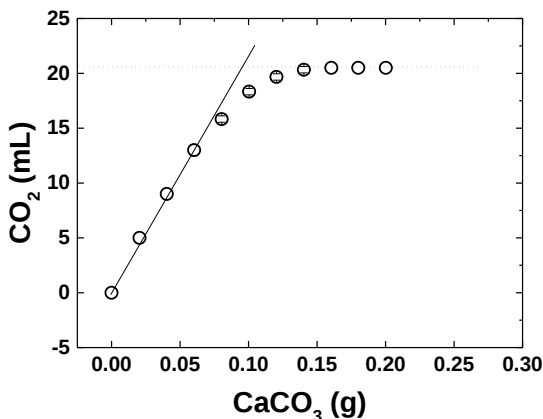
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) กับ ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นที่สภาวะ อุณหภูมิ 305.67 เคลวิน ความดัน 0.98 บรรยากาศ

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาในน้ำหนักของของแข็งที่เท่ากัน ปริมาตรของแก๊สที่วัดได้จากปฏิกิริยาของแคลเซียมคาร์บอเนตกับน้ำส้มสายชูจะมีค่าน้อยกว่าผงฟู อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกันกับปฏิกิริยาของผงฟูกับน้ำส้มสายชู ในช่วงเริ่มต้น เมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต (0.02-0.12 กรัม) ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต กล่าวคือ แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารกำหนดปริมาณ (limiting reagent) ส่วนน้ำส้มสายชูเป็นสารมากเกินไป (excess) ต่อมาเมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตให้มากขึ้น (0.16-0.20 กรัม) ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มคงที่ นั่นแสดงว่า น้ำส้มสายชูเป็นสารกำหนดปริมาณ ส่วนแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารมากเกินไปแทน เราสามารถหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชูโดยอาศัยหลักการที่กล่าวแล้วจากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชันจากกราฟ พบว่า น้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนตเท่ากับ 0.09 กรัม เป็นจุดสมมูลที่แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำส้มสายชู 2.00 มิลลิลิตร แล้วได้ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 20.5 มิลลิลิตร ปริมาณสัมพันธ์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรดแอซติก

ให้ผลที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Fagerlund, Zevenhoven, Huldén, and Södergård (2010)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง
น้ำส้มสายชู (ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร) และแคลเซียมคาร์บอเนต

ครั้งที่	NaHCO ₃ (g)	CO ₂ (mL)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	s.d.
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.02	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00
3	0.04	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00
4	0.06	13.00	12.50	13.50	13.00	0.50
5	0.08	16.00	15.50	16.00	15.83	0.29
6	0.10	18.50	18.00	18.50	18.33	0.29
7	0.12	19.50	19.50	20.00	19.67	0.29
8	0.14	20.50	20.00	20.50	20.33	0.29
9	0.16	20.50	20.50	20.50	20.50	0.00
10	0.18	20.50	20.50	20.50	20.50	0.00
11	0.20	20.50	20.50	20.50	20.50	0.00



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) กับปริมาตรของ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่เกิดขึ้นที่สภาวะ อุณหภูมิ 305.67 เคลวิน ความดัน 0.98 บรรยากาศ

จากผลการสาธิตทดลองทั้งสอง ปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ณ จุดสมมูลมีค่าแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าน้ำหนักของสารประกอบคาร์บอเนตและปริมาตรของน้ำส้มสายชูจะมีค่าเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนโมลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาในสมการเคมีไม่เท่ากัน กล่าวคือ ในสมการที่ (1) NaHCO₃ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ CH₃COOH ในอัตราส่วนโมลเป็น 1:1 ส่วนสมการที่ (2) CaCO₃ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ CH₃COOH ในอัตราส่วนโมลเป็น 1:2 ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อใช้จำนวนโมลของคาร์บอเนตในปริมาณที่เท่ากัน ปฏิกิริยาจาก NaHCO₃ จึงใช้กรดน้ำส้มสายชูน้อยกว่า จุดสมมูลจึงเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าและมีปริมาตรเป็นสองเท่าของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาของ CaCO₃ กับกรดน้ำส้มสายชู

ภายหลังจากที่ครูทำการทดลองนี้ไปสาธิตในห้องเรียน นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ถึงแม้ว่าต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือจำนวนมาก นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจต่อการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองอย่างมาก ได้รู้การใช้และการเก็บรักษาเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนรู้จักให้ความร่วมมือเพื่อนในกลุ่ม จากการตรวจผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากปฏิกิริยาได้ ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับทฤษฎี ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายในชั้น

เรียน จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน พบว่า การเปิดโอกาสได้ฝึกฝนความรู้ความเข้าใจจากทฤษฎีที่เรียนมามีส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการหาสารกำหนดปริมาณ สารเหลือ และคำนวณหาผลได้ร้อยละ

สรุปผลการวิจัย

การทดลองนี้มีประโยชน์อย่างมากในการสาธิตและอธิบายสารกำหนดปริมาณโดยอาศัยปฏิกิริยาจากสารเคมีในชีวิตประจำวันระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการเคมีที่เกี่ยวข้อง เราสามารถคำนวณหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาได้จากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชันเมื่อเปรียบเทียบกับ CaCO_3 ที่จุดสมมูล พบว่า ปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่าง NaHCO_3 กับกรดแอซติกจากกรดน้ำส้มสายชูจะมีค่าเป็นสองเท่าซึ่งสอดคล้องกับสมการเคมี นอกจากนี้ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในชั้นเรียนมีส่วนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการหาสารกำหนดปริมาณ สารเหลือ และคำนวณหาผลได้ร้อยละได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น การทดลองชุดนี้จะเป็นที่สนใจสำหรับครูและนักเรียนทุกระดับชั้นในการศึกษาสารกำหนดปริมาณ โดยเฉพาะโรงเรียนในเขตชนบท

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากแก๊สเป็นสารที่เกิดการรั่วไหลได้ง่าย อุปกรณ์ในการเก็บแก๊สบริเวณที่มีรอยต่อต้องปิดด้วยพาราฟิล์มให้สนิทเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ อุณหภูมิและความดันของบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ก็อาจมีผลต่อปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ ครูควรทำการทดลองในช่วงที่อุณหภูมิและความดันคงที่เพราะปัจจัยทั้งสองมีผลต่อการแพร่ขยายของแก๊ส หรือไม่ก็แก้ปัญหานี้โดยใช้อุปกรณ์เพิ่มมากขึ้นเพื่อทำการทดลองทั้งหมดพร้อมกัน อย่างไรก็ตาม การให้ลงมือปฏิบัติจริงที่มุ่งให้เกิดการผสมผสานระหว่างทฤษฎีและภาคปฏิบัติจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือจำนวนมาก ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องจึงต้องมากขึ้นด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ ครูผู้สอนยังสามารถนำชุดการทดลองนี้ไปประยุกต์ใช้ในหัวข้ออื่นในรายวิชาเคมีได้ เช่น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2556 – 2561) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

- ทบวงมหาวิทยาลัย. 2541. **เคมี เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.
- Artdej, R. and Thongpanchang, T. 2008. "A Dramatic Classroom Demonstration of Limiting Reagent Using the Vinegar and Sodium Hydrogen Carbonate Reaction". **Journal of Chemical Education**, 85(6): 1382-1384.
- Fagerlund, J., Zevenhoven, R., Huldén, S-G. and Södergård, B. 2010. "Gasometric Determination of CO₂ Released from Carbonate Materials" **Journal of Chemical Education**, 87(12): 1372-1376.
- Karakstis, K. K., and Van Hecke, G. R. 2000. **Chemistry connections: The chemical basis of everyday phenomena**. London: Academic Press.
- Nyasulu, F., Paris, S., and Barlag, R. 2009. "Wash Bottle Laboratory Exercises: Mass of NaHCO₃ in an Alka-Seltzer Tablet, Molar Mass of CO₂, and the Ideal Gas Law Constant". **Journal of Chemical Education**, 86(7): 842-844.
- Proksa, M. and Tóthová, A. 2006. "Using Balloons for a Dramatic Presentation of the Acid-Bicarbonate Reaction". **Journal of Chemical Education**, 83(10): 1471-1472.
- Yu, A. 2010. "Exploring the Ideal Gas Law through a Quantitative Gasometric Analysis of Nitrogen Produced by the Reaction of Sodium Nitrite with Sulfamic Acid". **Journal of Chemical Education**, 87(12): 1369-1371.