สเลอปี้

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลา 4 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

สเลอปี้หรือน้ำแข็งเกล็ดหิมะเป็นเครื่องดื่มหวานเย็นชนิดหนึ่ง หลักการของการทำสเลอปี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง สมบัติคอลลิเกทีฟ สภาวะเย็นยวดยิ่ง และปรากฏการณ์นิวคลีเอชัน กล่าวคือ การทำสเลอปี้เป็นการทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งอย่างรวดเร็ว ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของของเหลวนั้น ๆ ซึ่งการลดอุณหภูมิของของเหลวให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งหรือการทำให้ของเหลวเกิดสภาวะเย็นยวดยิ่งอาจทำได้โดยนำของเหลวไปแช่ในภาชนะที่มีน้ำแข็งผสมเกลือซึ่งมีอุณหภูมิติดลบ จากนั้นทำการรบกวนระบบของของเหลวที่สภาวะเย็นยวดยิ่งเพื่อกระตุ้นให้ของเหลวที่เย็นยวดยิ่งเกิดผลึกซึ่งจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นเกล็ดน้ำแข็งอย่างรวดเร็ว

ตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน/ผลการเรียนรู้

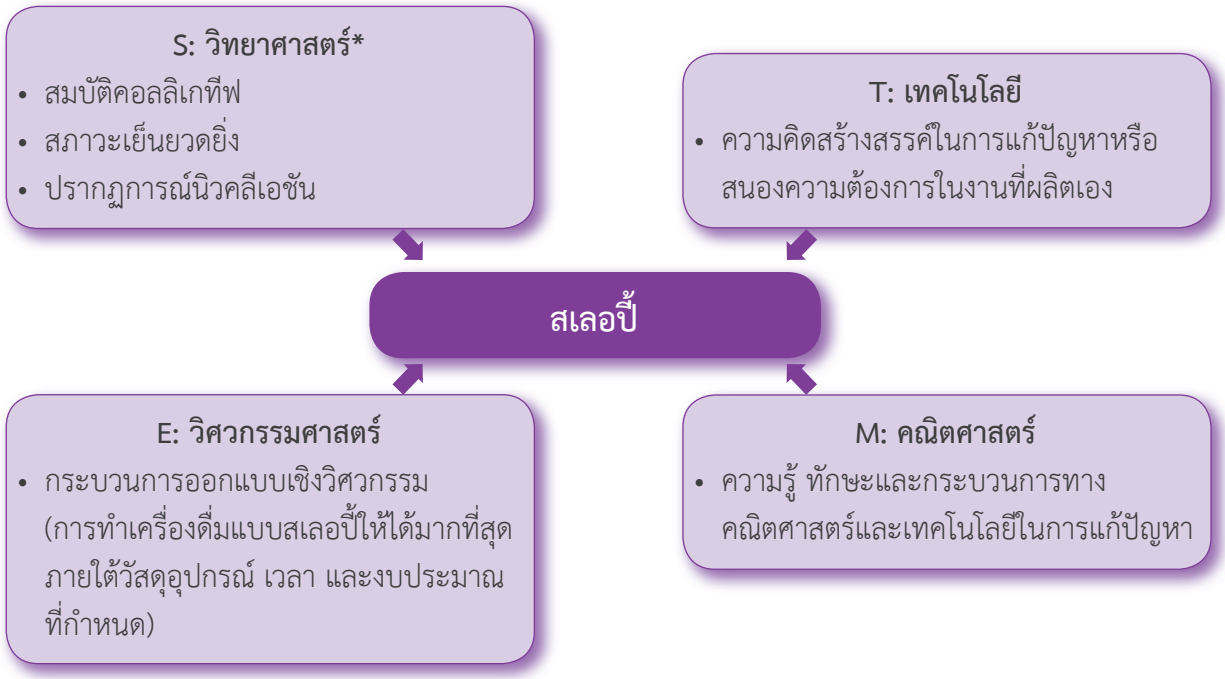
วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี*
1. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย	1. ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม	1. สร้างสิ่งของเครื่องใช้ ผลิตภัณฑ์ หรือวิธีการอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ตามกระบวนการเทคโนโลยี

หมายเหตุ: *ตัวชี้วัด เทคโนโลยี (T) ในที่นี้จะรวมตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี และสาระเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์ (E) ไม่ได้ปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถเทียบเคียงได้จากกระบวนการเทคโนโลยีในตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี

สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
- สภาวะเย็นยวดยิ่งเป็นสภาวะที่ของเหลวคงอยู่ในสถานะเดิมได้ทั้งที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของของเหลวนั้น - สมบัติคอลลิเกทีฟเป็นสมบัติหนึ่งของสารละลายเกิดจากการผสมสารบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปซึ่งจุดเดือดของสารละลายจะสูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ และจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารละลายจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของตัวทำละลายบริสุทธิ์	- การใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม	- การสร้างสิ่งของเครื่องใช้ ผลิตภัณฑ์ หรือวิธีการควรมีการฝึกความคิดสร้างสรรค์ 4 ลักษณะ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

กรอบแนวคิด



*เป็นวิชาหลักในการนำกิจกรรมนี้ (เคมี)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. อธิบายความรู้เรื่อง สมบัติคอลลิเกทีฟ สภาวะเย็นยวดยิ่ง และปรากฏการณ์นิวคลีเอชัน ในกระบวนการทำสเลอปี้
2. ออกแบบและทำสเลอปี้ภายใต้วัสดุอุปกรณ์ เวลา และงบประมาณที่กำหนด
3. ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการกำหนดราคาขาย คำนวณต้นทุน กำไร ในการทำสเลอปี้

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

วัสดุอุปกรณ์

ที่	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม	ที่	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1	ขวดพลาสติกใสแบบมีฝาปิด ขนาดใหญ่	2 ใบ	6	เครื่องชั่ง	1 เครื่อง
2	ขวดพลาสติกใสแบบมีฝาปิด ขนาดเล็ก	2 ใบ	7	ผ้าเช็ดโต๊ะ	1 ผืน
3	แก้วพลาสติกใส	2 ใบ	8	ถุงมือผ้า	2 คู่
4	ถาดพลาสติก (สำหรับรอง)	1 ใบ	9	เทอร์มอมิเตอร์ (ช่วงอุณหภูมิ -10 ˚C - 100 ˚C)	2 อัน
5	ช้อนพลาสติก	1 อัน			

สารเคมี

ที่	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1	เกลือ	500 กรัม
2	น้ำแข็งบดหรือน้ำแข็งแบบหลอดเล็ก	1 กิโลกรัม
3	เครื่องดื่มประเภทต่าง ๆ เช่น น้ำอัดลม น้ำหวาน	1 ขวด
4	น้ำเปล่า	1 ลิตร

แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นระบุปัญหา

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยสมมุติสถานการณ์ปัญหาว่า ถ้านักเรียนจะเปิดร้านขายเครื่องดื่มในช่วงกิจกรรมกีฬาสี นักเรียนจะขายอะไรดีที่น่าจะได้รับความนิยม (**แนวคำตอบ** น้ำอัดลม กาแฟ น้ำแข็งใส ไอศกรีมหลอด)
2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วสมมติสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษารายละเอียดและเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา ดังนี้
   “ชุมนุมธุรกิจของนักเรียนมีความเห็นว่าจะจัดตั้งร้านขายเครื่องดื่มให้กับนักกีฬาและกองเชียร์ในวันแข่งขันกีฬาสีของโรงเรียนซึ่งจะจัดขึ้นในช่วงฤดูร้อน จากการสำรวจพบว่า ‘สเลอปี้ (Slurpee)’ เป็นเครื่องดื่มที่นักเรียนต้องการดื่มเพื่อดับกระหายมากที่สุด นักเรียนจึงได้รับมอบหมายจากสมาชิกในชุมนุมธุรกิจให้ออกแบบและหาวิธีการทำเครื่องดื่มที่มีลักษณะเหมือนสเลอปี้โดยใช้เครื่องมือที่หาได้ง่ายและกำหนดราคาขายเพื่อให้ได้กำไร”
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า มีวิธีการใดบ้างที่จะสามารถทำเครื่องดื่มที่มีลักษณะเหมือนสเลอปี้โดยใช้เครื่องมือที่หาได้ง่าย (**แนวคำตอบ** นำน้ำอัดลมมาแช่ช่องแข็งของตู้เย็น นำน้ำอัดลมมาแช่ลงในน้ำแข็งผสมกับเกลือเหมือนการผลิตไอศกรีมหลอด ใช้ตู้ทำสเลอปี้อัตโนมัติ) ครูอาจให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายว่า วิธีการที่นักเรียนนำเสนอสามารถทำให้เกิดสเลอปี้ขึ้นได้อย่างไร และเครื่องมือที่ใช้ทำสเลอปี้ตามวิธีที่นักเรียนนำเสนอมานั้นมีต้นทุนสูงหรือไม่ อย่างไร

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

4. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้โดยชี้แจงให้นักเรียนทราบว่า เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการและสามารถทำสเลอปี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนจะต้องทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำสเลอปี้จากกิจกรรมการเรียนรู้ 3 กิจกรรม ดังต่อไปนี้

กิจกรรมที่ 1 เหตุใดจึงต้องเติมเกลือ

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกัน และคาดคะเนว่า อุณหภูมิของน้ำแข็ง และน้ำแข็งผสมเกลือ ที่ตั้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องว่าจะมีค่าเท่าใด โดยบันทึกตัวเลขจากการคาดคะเนลงในใบกิจกรรมที่ 1
2. ครูแจกวัสดุและอุปกรณ์ให้นักเรียนเพื่อทำการทดลองซึ่งประกอบด้วยขวดพลาสติกทรงกระบอก 2 ใบ เทอร์มอมิเตอร์ 2 อัน ช้อน 1 อัน น้ำแข็ง และเกลือ
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองวัดอุณหภูมิของน้ำแข็ง และน้ำแข็งผสมเกลือ (ใช้เกลือจำนวน 2 ช้อน) ที่ตั้งไว้ ณ อุณหภูมิห้อง จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 1 แล้วเปรียบเทียบสิ่งที่นักเรียนทำนายกับผลที่ได้จากการทดลองว่าเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
4. นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่อง สมบัติคอลลิเกทีฟ แล้วตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้สรุปได้ว่า เมื่อเติมเกลือลงในน้ำแข็ง จะได้สารละลายที่มีจุดเยือกแข็งต่ำกว่า 0 °C ตามสมบัติคอลลิเกทีฟ
6. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ 1 กับการทำสเลอปี้

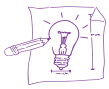
กิจกรรมที่ 2 ปริมาณเกลือสำคัญอย่างไร

1. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ปริมาณของเกลือที่เติมลงไปในถังน้ำแข็งมีผลต่ออุณหภูมิของสารละลายเกลือในถังน้ำแข็งหรือไม่ อย่างไร จะทำการทดสอบสมมติฐานเหล่านี้ได้อย่างไร
2. ครูแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนเพื่อทำการทดลองศึกษาผลของปริมาณเกลือในสารละลายที่มีต่ออุณหภูมิของสารละลาย โดยวัสดุและอุปกรณ์ประกอบด้วยขวดพลาสติกทรงกระบอก 1 ใบ เทอร์มอมิเตอร์ 1 อัน ช้อน 1 อัน น้ำแข็ง น้ำ และเกลือ
3. นักเรียนทำการทดลองโดยเติมน้ำเปล่าปริมาตรประมาณ 1/8 ของขวดพลาสติกทรงกระบอก จากนั้นเติมน้ำแข็งลงไปให้ได้ประมาณ 1/2 ของขวดพลาสติกทรงกระบอกแล้ววัดอุณหภูมิของน้ำผสมน้ำแข็ง จากนั้นเติมเกลือลงไป 1 ช้อน และวัดอุณหภูมิที่ได้ แล้วจึงเติมเกลือเพิ่มลงไปอีก 1 ช้อน และวัดอุณหภูมิที่ได้ โดยให้บันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 2
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย และสรุปผลที่ได้จากการทดลอง โดยบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 ซึ่งควรสรุปได้ว่า การเพิ่มความเข้มข้นของเกลือในสารละลาย จะทำให้อุณหภูมิของสารละลายลดต่ำลง โดยอุณหภูมิที่ลดลงสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงจุดเยือกแข็งของสารละลาย ตามสมบัติคอลลิเกทีฟ
5. ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 2
6. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ 2 กับการทำสเลอปี้

กิจกรรมที่ 3 ทำไมต้องเขย่า

1. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า การเขย่าภาชนะที่แช่เครื่องดื่มที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเครื่องดื่มนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
2. ครูแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนสำหรับทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการรบกวนการแข็งตัวของของเหลวด้วยการเขย่าภาชนะ โดยวัสดุและอุปกรณ์ประกอบด้วยขวดพลาสติกทรงกระบอก 2 ใบ ช้อน 1 อัน น้ำแข็ง น้ำอัดลม และเกลือ
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองโดยเติมน้ำแข็งลงในภาชนะ 2 ใบ ให้มีปริมาณเท่ากัน จากนั้นเติมเกลือจำนวน 2 ช้อน ลงไปในน้ำแข็งในภาชนะทั้งสองใบ นำเครื่องดื่มลงไปแช่เป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นเขย่าภาชนะใบที่ 1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มเปรียบเทียบกับภาชนะใบที่ 2 และบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 3 จากนั้นให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 2 เรื่องสภาวะเย็นยวดยิ่ง

4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย และสรุปผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งควรสรุปได้ว่า การนำน้ำอัดลมแช่ไว้ในถังน้ำแข็งผสมเกลือไว้ระยะเวลาหนึ่ง แล้วเขย่าภาชนะ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกล็ดน้ำแข็งคลายกับสเลอปี้มากกว่าการไม่เขย่าภาชนะ เนื่องจากการแช่เครื่องดื่มในภาชนะที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ จะทำให้เครื่องดื่มอยู่ในสภาวะเย็นยวดยิ่ง เมื่อเขย่าจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า นิวคลีเอชัน ซึ่งจะทำให้เครื่องดื่มก่อตัวเป็นเกล็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ
5. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 3
6. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ 3 กับการทำสเลอปี้



ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

5. ครูทบทวนสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมนี้อีกครั้งว่า นักเรียนจะต้องผลิตเครื่องดื่มที่มีลักษณะเหมือนสเลอปี้โดยใช้เครื่องมือที่หาได้ง่ายและกำหนดราคาขายเพื่อให้ได้กำไร โดยเชื่อมโยงความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการทำกิจกรรมที่ 1-3
6. ครูกำหนดเงื่อนไขต้นทุนเกี่ยวกับเครื่องดื่ม วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทำสเลอปี้ โดยมีราคาดังนี้
   - เครื่องดื่ม ราคาตามจริง/1 ขวด
   - เกลือ ราคา 2 บาท/100 กรัม (1 ขีด)
   - น้ำแข็ง ราคา 3 บาท/100 กรัม (1 ขีด)
7. ครูอธิบายเงื่อนไขการทำสเลอปี้ ดังนี้
   - หลังจากทุกกลุ่มได้รับวัสดุอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว จะเริ่มทำการผลิตพร้อมกัน โดยมีระยะเวลาทั้งสิ้น 15 นาที
   - วัดปริมาณสเลอปี้ที่ผลิตได้
   - กำหนดราคาขายสเลอปี้
8. ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและเขียนภาพร่างวิธีการทำสเลอปี้

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

9. ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผนการทำสเลอปี้ และดำเนินการทำสเลอปี้ตามขั้นตอนที่ได้ร่วมกันวางแผนไว้
10. ครูให้นักเรียนกำหนดราคาขาย โดยพิจารณาจากต้นทุน และบันทึกลงในใบกิจกรรม

ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

11. นักเรียนทำการวัดปริมาณสเลอปี้ที่ผลิตขึ้นและบันทึกลงในตารางบันทึกผล
12. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินผลงานของตนเอง รวมทั้งให้อภิปรายเพื่อปรับปรุงวิธีการทำสเลอปี้ เช่น ถ้าต้องการลดระยะเวลาในการทำสเลอปี้จะทำได้อย่างไร หรือถ้ากลุ่มใดไม่สามารถทำสเลอปี้ได้ ให้ร่วมกันอภิปรายเพื่อปรับปรุงแก้ไขวิธีการทำสเลอปี้อีกครั้งหนึ่ง

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

13. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดในการออกแบบและวิธีการทำสเลอปี้ โดยต้องอธิบายองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการออกแบบและทำสเลอปี้ พร้อมทั้งวิธีการปรับปรุงการทำสเลอปี้ ทั้งนี้สำหรับกลุ่มที่ไม่ประสบผลสำเร็จในการทำสเลอปี้ ให้นำเสนอสาเหตุ รวมทั้งแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขวิธีการด้วย
14. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการทำกิจกรรมโดยควรสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำสเลอปี้ที่นักเรียนได้เรียนจากกิจกรรมนี้ (**แนวคำตอบ** สมบัติคอลลิเกทีฟ สภาวะเย็นยวดยิ่ง ปรากฏการณ์นิวคลีเอชัน)

การวัดประเมินผล

รายการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)
1. การอธิบายความรู้เรื่องสมบัติคอลลิเกทีฟ สภาวะเย็นยวดยิ่ง และปรากฏการณ์นิวคลีเอชันในการทำสเลอปี้	ใบกิจกรรม	20
2. การให้เหตุผลในการออกแบบวิธีการทำสเลอปี้	ใบกิจกรรม	20
3. การเลือกใช้วัสดุในการทำสเลอปี้	ใบกิจกรรม	15
4. ความสำเร็จในการทำสเลอปี้	ใบประเมินชิ้นงาน	10
5. การนำเสนอ	ใบประเมินการนำเสนอ	15
6. ความคิดสร้างสรรค์ในการทำสเลอปี้	ใบประเมินชิ้นงาน	10
7. การทำงานเป็นกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรม	10

เกณฑ์การวัดประเมินผล

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การอธิบายความรู้เรื่องสมบัติคอลลิเกทีฟ สภาวะเย็นยวดยิ่งและปรากฏการณ์นิวคลีเอชันในการทำสเลอปี้	แสดงความรู้ที่เกี่ยวข้องและแสดงความเชื่อมโยงกับการออกแบบวิธีการทำสเลอปี้ได้ถูกต้อง	แสดงความรู้ที่เกี่ยวข้องแต่ไม่สามารถเชื่อมโยงกับการออกแบบวิธีการทำสเลอปี้ได้อย่างถูกต้อง	ไม่สามารถแสดงความรู้ที่เกี่ยวข้องและไม่สามารถเชื่อมโยงกับการออกแบบวิธีการทำสเลอปี้ได้อย่างถูกต้อง
2. การให้เหตุผลในการออกแบบวิธีการทำสเลอปี้	แสดงเหตุผลสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างครบถ้วน ชัดเจน	แสดงเหตุผลสนับสนุนในการออกแบบได้บางส่วน	ไม่สามารถแสดงเหตุผลในการออกแบบได้
3. การเลือกใช้วัสดุในการทำสเลอปี้	เลือกวัสดุที่เหมาะสมกับจุดประสงค์การใช้งานและสามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุได้	เลือกวัสดุที่เหมาะสมกับจุดประสงค์การใช้งานแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุได้	เลือกวัสดุไม่เหมาะสมกับจุดประสงค์การใช้งาน
4. ความสำเร็จในการทำสเลอปี้	ทำสเลอปี้ได้ตามที่ออกแบบไว้เสร็จสมบูรณ์โดยไม่ต้องปรับปรุงแก้ไขวิธีการ	ทำสเลอปี้ได้ตามที่ออกแบบไว้เสร็จสมบูรณ์แต่มีการปรับปรุงแก้ไขวิธีการระหว่างการดำเนินการ	ไม่สามารถทำสเลอปี้ตามที่ออกแบบไว้ได้
5. การนำเสนอ	ลำดับขั้นตอนการนำเสนอเข้าใจง่ายและรูปแบบการนำเสนอมีความน่าสนใจ	ลำดับขั้นตอนการนำเสนอเข้าใจง่าย หรือรูปแบบการนำเสนอมีความน่าสนใจ	ไม่สามารถนำเสนอได้
6. ความคิดสร้างสรรค์ในการทำสเลอปี้	มีความแปลกใหม่และประณีต	มีความแปลกใหม่หรือประณีต	ไม่มีความแปลกใหม่และไม่ประณีต
7. การทำงานเป็นกลุ่ม	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานแต่มีสมาชิกบางส่วนไม่มีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	สมาชิกบางส่วนไม่ได้มีส่วนร่วมในการทำงานและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

เกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพ

คะแนน	17 – 21	คะแนน	หมายถึง	ดี
คะแนน	8 - 16	คะแนน	หมายถึง	พอใช้
คะแนน	1 - 7	คะแนน	หมายถึง	ปรับปรุง

ข้อเสนอแนะในการทำกิจกรรม

1. ควรใช้น้ำแข็งบดหรือน้ำแข็งหลอดเล็ก
2. ครูอาจใช้เทอร์มอมิเตอร์ที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส เนื่องจากในการทดลองอุณหภูมิของสารละลายอาจมีค่าต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส
3. ครูอาจให้นักเรียนนำเครื่องดื่มมาเอง
4. ครูอาจจัดการทดลองเพิ่มเติมให้กับนักเรียนในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายและการลดลงของจุดเยือกแข็ง
5. ครูอาจให้ความรู้กับเพิ่มเติมกับนักเรียนว่า นอกจากการใช้พลังงานความร้อนในการสลายแรงดึงดูดของน้ำแข็งให้กลายเป็นน้ำแล้ว การนำเกลือมาละลายน้ำก็เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดความร้อนเช่นกัน โดยสารละลายเกลือเป็นสารประกอบไอออนิกที่ละลายในน้ำ พลังงานแลตทิซที่ใช้ในการดึงโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนให้หลุดออกจากโครงผลึกจะมีค่าประมาณ 779 kJ/mol ในขณะที่พลังงานไฮเดรชันที่คายออกมาเนื่องจากการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนจะมีค่าประมาณ 774 kJ/mol ดังนั้น การละลายของเกลือในน้ำจัดเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดความร้อน (endothermic change) ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเย็นลง

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 1 สมบัติคอลลิเกทีฟ
2. ใบความรู้ที่ 2 สภาวะเย็นยวดยิ่ง
3. วิดีโอหรือภาพแสดงขั้นตอนการทำสเลอปี้อย่างง่าย (ตัวอย่าง: https://youtu.be/5T68TvdoSbI)

แนวคำตอบ ใบกิจกรรมที่ 1

เหตุใดจึงต้องเติมเกลือ

1. ตารางบันทึกผล

วัตถุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	การคาดคะเน	ผลจากการวัด
- น้ำแข็งบด		0 ℃
- น้ำแข็งบด และเกลือ		- 8 ℃

2. สรุปผลการทดลอง
แนวคำตอบ เมื่อเติมเกลือลงในน้ำแข็งบดจะได้สารละลายที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำแข็งบด

3. จุดเยือกแข็งของสารละลายที่ได้จากการเติมเกลือลงในน้ำแข็ง เป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับจุดเยือกแข็งของน้ำ
แนวคำตอบ จุดเยือกแข็งของสารละลายที่ได้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ หรือ ต่ำกว่า 0 ℃ เนื่องจากสมบัติคอลลิเกทีฟ

แนวคำตอบ ใบกิจกรรมที่ 2

ปริมาณเกลือสำคัญอย่างไร

1. ตารางบันทึกผล

วัตถุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
- น้ำ กับ น้ำแข็งบด	0 °C
- น้ำ, น้ำแข็งบด และ เกลือ 1 ช้อน	- 4 °C
- น้ำ, น้ำแข็งบด และ เกลือ 2 ช้อน	- 6 °C

2. สรุปผลการทดลอง
แนวคำตอบ สารละลายที่มีปริมาณเกลือ 2 ช้อน จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าสารละลายที่มีปริมาณเกลือ 1 ช้อน และอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำผสมกับน้ำแข็งบด ตามลำดับ

3. ถ้าเติมเกลือเพิ่มอีก 1 ช้อน จากการทดลองนี้ จะทำให้อุณหภูมิของสารละลายเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ ถ้าเติมเกลือเพิ่มอีก 1 ช้อน จะเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเกลือ ดังนั้นจุดเยือกแข็งของสารละลายจะลดต่ำลงกว่าเดิม ดังนั้นอุณหภูมิของสารละลายจึงลดต่ำลงได้อีก

แนวคำตอบ ใบกิจกรรมที่ 3

ทำไมต้องเขย่า

1. ตารางบันทึกผล

วิธีการ	ลักษณะของผลิตภัณฑ์
- น้ำอัดลมแช่ไว้ถังน้ำแข็งกับเกลือ	*น้ำอัดลมแข็งตัวเป็นก้อนน้ำแข็ง*
- น้ำอัดลมแช่ไว้ถังน้ำแข็งกับเกลือที่มีการเขย่า	*น้ำอัดลมแข็งตัวเป็นเกล็ดน้ำแข็งคล้ายสเลอปี้*

2. สรุปผลการทดลอง

แนวคำตอบ การนำน้ำอัดลม ไปแช่ไว้ในถังน้ำแข็งกับเกลือระยะเวลาหนึ่ง แล้วจึงค่อยเขย่าภาชนะ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกล็ดน้ำแข็งคล้ายกับสเลอปี้ได้มากกว่าการไม่เขย่าภาชนะ

3. เพราะเหตุใด การเขย่าจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่น้ำอัดลมในถังที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งมีลักษณะแตกต่างจากการไม่เขย่า

แนวคำตอบ เมื่อแช่น้ำอัดลมในภาชนะที่มีอุณหภูมิต่ำมาก ๆ จะทำให้น้ำอัดลมอยู่ในสภาวะเย็นยวดยิ่ง การไม่เขย่าจะทำให้น้ำอัดลมค่อย ๆ เปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง อนุภาคจะจัดเรียงตัวเป็นระเบียบจึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นก้อนแข็ง แต่ถ้าทำการเขย่าจะเป็นการรบกวนระบบทำให้น้ำอัดลมเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งอย่างรวดเร็ว ทำให้อนุภาคจัดเรียงตัวได้เป็นระเบียบน้อยกว่ารวมทั้งเมื่อเขย่าน้ำอัดลมจะเกิดฟองแก๊สซึ่งจะแทรกอยู่ทั่วไปในน้ำอัดลมทำให้เมื่อเกิดการแข็งตัวจึงได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเกล็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ นั่นเอง

ใบความรู้ที่ 1

สมบัติคอลลิเกทีฟ (colligative properties)

สารละลายเป็นสารเนื้อเดียว เตรียมได้จากการผสมสารบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกัน สมบัติคอลลิเกทีฟ (colligative properties) เป็นสมบัติของสารละลายที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งมีอยู่ 4 ประการ ดังนี้

1. การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (boiling point elevation)
2. การลดลงของจุดเยือกแข็ง (freezing point depression)
3. การลดลงของความดันไอ (vapor pressure lowering)
4. การเกิดความดันออสโมติก (osmotic pressure)

ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดสมบัติคอลลิเกทีฟเฉพาะการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด และการลดลงของจุดเยือกแข็ง โดยจุดเดือดของสารละลายจะสูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ ส่วนจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารละลายจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์ ในกรณีที่สารละลายมีตัวทำละลายไม่แตกตัวเป็นไอออนและเป็นสารที่ระเหยยาก การเพิ่มขึ้นของจุดเดือดและการลดลงของจุดเยือกแข็งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย กล่าวคือ สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน และมีความเข้มข้นในหน่วยโมลต่อกิโลกรัม (โมแลล) เท่ากัน จะมีจุดเดือดหรือจุดเยือกแข็งเท่ากัน ยกตัวอย่างเช่น สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายและมีความเข้มข้น 1 โมแลล จะมีจุดเยือกแข็ง -1.86 °C และมีจุดเดือด 100.51 °C ส่วนสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายและมีความเข้มข้น 2 โมแลล จะมีจุดเยือกแข็ง -3.72 °C และมีจุดเดือด 101.02 °C ทั้งนี้ตัวละลายจะเป็นสารใดก็ได้

ผลต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 โมแลล หรือ 1 โมลต่อกิโลกรัม กับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์จะมีค่าคงที่ เรียกว่า ค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) ของตัวทำละลาย ในทำนองเดียวกันผลต่างระหว่างจุดหลอมเหลวของสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 โมแลล หรือ 1 โมลต่อกิโลกรัม กับจุดหลอมเหลวของตัวทำละลายบริสุทธิ์ก็มีค่าคงที่ เรียกว่า ค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) ของตัวทำละลาย

เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจุดเดือดเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นเป็นโมแลลของสารละลาย เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\Delta T_b \propto m$$
$$\Delta T_b = K_b m$$

เมื่อ ΔT_f = ผลต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายกับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์
m = ความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลหรือโมลต่อกิโลกรัม
K_b = ค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือดของตัวทำละลาย

ในทำนองเดียวกัน การลดลงของจุดเยือกแข็งก็เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นเป็นโมแลลของสารละลาย เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\Delta T_f \propto m$$
$$\Delta T_f = K_f m$$

เมื่อ ΔT_f = ผลต่างระหว่างจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์กับจุดเยือกแข็งของสารละลาย

m = ความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลหรือโมลต่อกิโลกรัม

K_f = ค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็งของตัวทำละลาย

ตัวอย่างจุดเดือด จุดเยือกแข็ง ค่า K_b และ K_f ของสารบางชนิดแสดงในตาราง

ตาราง จุดเดือด จุดเยือกแข็ง ค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด และค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบางชนิด

ตัวทำละลาย	จุดเดือด (°C)	K_b (°C/m)	จุดเยือกแข็ง (°C)	K_f (°C/m)
โพรพาโนน (C_3H_6)	56.20	1.71	-	-
ไตรคลอโรมีเทนหรือคลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$)	61.70	3.63	-	-
เมทานอล (CH_4O)	64.96	0.83	-	-
เอทานอล (C_2H_6O)	78.50	1.22	-	-
เบนซีน (C_6H_6)	80.10	2.53	5.50	4.90
แนฟทาลีน ($C_{10}H_8$)	-	-	80.55	6.98
น้ำ (H_2O)	100.00	0.51	0.00	1.86
กรดแอซีติก ($C_2H_4O_2$)	117.90	3.07	16.60	3.90
คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4)	76.54	5.03	-22.99	2.98

ค่า K_b และ K_f มีหน่วยเป็น °C/m เมื่อ m = molal หรือ °C/mol/kg หรือเขียนเป็น °Ckg/mol

จากข้อมูลในตาราง ค่า K_f ของเบนซีนเท่ากับ 4.90 องศาเซลเซียสต่อโมแลล หมายความว่า สารละลายที่มีเบนซีนเป็นตัวทำละลายเข้มข้น 1 โมแลล จะเยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำว่าจุดเยือกแข็งของเบนซีน 4.90 องศาเซลเซียส นั่นคือ จุดเยือกแข็งของสารละลายนี้มีค่าเท่ากับ 5.50 – 4.90 = 0.60 °C

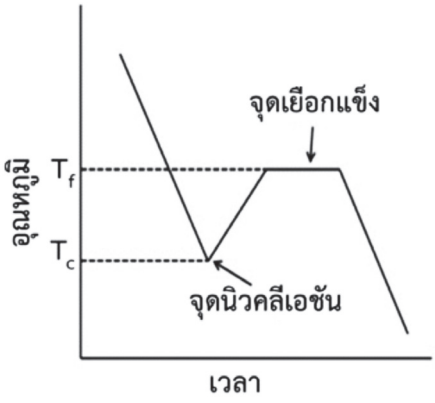
สำหรับในกรณีที่สารละลายมีตัวละลายแตกตัวเป็นไอออน การเพิ่มขึ้นของจุดเดือดและการลดลงของจุดเยือกแข็งจะแตกต่างจากสารละลายที่มีตัวละลายไม่แตกตัวและระเหยยากดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ตัวอย่างเช่น สารละลายเกลือแกง (NaCl) (แตกตัวให้โซเดียมไอออน (Na^+) และ คลอไรด์ไอออน (Cl^-)) ความเข้มข้น 1 โมแลล จะมีจุดเดือดสูงกว่าและมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าสารละลายน้ำตาลทราย ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ที่มีความเข้มข้นเท่ากัน

ในทางการค้าได้นำความรู้เกี่ยวกับสมบัติคอลลิเกทีฟไปใช้ประโยชน์ เช่น การรักษาอุณหภูมิของถังไอศกรีมให้มีอุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปหากใส่เฉพาะน้ำแข็งอย่างเดียวลงในถังไอศกรีม อุณหภูมิภายในถังจะอยู่ที่ประมาณ 4 – 5 °C แต่เมื่อเติมเกลือลงไป จะทำให้อุณหภูมิภายในถังไอศกรีมต่ำกว่า 0 °C ส่งผลให้ไอศกรีมคงตัวอยู่ได้นานและไม่หลอมเหลว ตัวอย่างการประยุกต์ใช้สมบัติคอลลิเกทีฟอื่น ๆ ที่พบ เช่น ในบางประเทศมีการใช้เกลือโรยหิมะเพื่อทำให้หิมะเกิดการหลอมเหลว หรือการเติมสารบางประเภทลงในเครื่องยนต์เพื่อป้องกันการแข็งตัวของน้ำในเครื่องยนต์

ใบความรู้ที่ 2

สภาวะเย็นยวดยิ่ง (supercooled state)

เป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่อลดอุณหภูมิของของเหลวจนถึงจุดเยือกแข็ง (freezing point) ของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง การเปลี่ยนสถานะของของเหลวดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ถ้าของเหลวนั้นมีอนุภาคของของแข็ง เช่น ฝุ่นละออง ปนอยู่ การเปลี่ยนสถานะของของเหลวเป็นของแข็งรวมทั้งการเกิดผลึก โมเลกุลของของเหลวจะยึดเกาะกับอนุภาคของของแข็งซึ่งทำหน้าที่เป็นแกนกลางหรือนิวเคลียส (nucleus) แม้จะมีอนุภาคของแข็งปนอยู่ในของเหลวในปริมาณที่น้อยมากการเปลี่ยนสถานะของของเหลวเป็นของแข็งที่จุดเยือกแข็งสามารถเกิดขึ้นได้ ในกรณีที่ของเหลวมีความบริสุทธิ์มาก ๆ หรือสารละลายที่ไม่มีอนุภาคของของแข็งปนอยู่ แม้จะลดอุณหภูมิจนต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ของเหลวยังมีสถานะเป็นของเหลว เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **สภาวะเย็นยวดยิ่ง (supercooled state)** เช่น น้ำ มีจุดเยือกแข็งที่อุณหภูมิ 0 °C ดังนั้นน้ำกลายเป็นน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 °C แต่หลายครั้งที่เมื่อนำน้ำดื่มที่บรรจุในขวดพลาสติกที่ยังไม่เปิดฝา ไปแช่ในช่องแช่แข็งที่อุณภูมิต่ำกว่า 0 °C เป็นเวลาหลายชั่วโมงน้ำยังคงสถานะของเหลวเช่นเดิม ที่เป็นเช่นนี้เพราะในน้ำบริสุทธิ์ไม่มีอนุภาคของของแข็งให้โมเลกุลของน้ำยึดเกาะ จากการศึกษาพบว่าน้ำที่บริสุทธิ์มาก ๆ สามารถคงสถานะของเหลวได้จนถึงอุณหภูมิ -40 °C จึงเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง อุณภูมิที่ของเหลวเย็นยวดยิ่งเปลี่ยนเป็นของแข็งได้เองโดยไม่มีการรบกวนระบบเรียกว่า **จุดนิวคลีเอชัน (nucleation point)**



ภาพที่ 1 อุณหภูมิสารยวดยิ่ง ณ จุดเยือกแข็ง (T_f) และอุณหภูมิ ณ จุดนิวคลีเอชัน (T_c)

การรบกวนระบบของสารที่เย็นยวดยิ่ง (supercooled substances) จะทำให้สารที่มีสถานะเป็นของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งอย่างรวดเร็ว เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **นิวคลีเอชัน (nucleation)** การรบกวนระบบที่ทำให้เกิดนิวคลีเอชันสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การหย่อนอนุภาคของแข็งลงในสารที่เย็นยวดยิ่ง อนุภาคที่เป็นของแข็งจะทำหน้าที่เป็นแกนกลางให้โมเลกุลของของเหลวยึดเกาะและกลายเป็นของแข็งหรือตกผลึก ทันทีที่ของเหลวเย็นยวดยิ่งมีเกล็ดของแข็งหรือผลึกแรกเกิดขึ้น กระบวนการนิวคลีเอชันจะเกิดขึ้นต่อเนื่องและรวดเร็วทำให้ของเหลวเย็นยวดยิ่งกลายเป็นของแข็งทั้งหมด

เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของของเหลวเย็นยวดยิ่งเป็นของแข็งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นของแข็งหรือผลึกที่เกิดขึ้นจะจัดเรียงตัวได้เป็นระเบียบน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการแข็งตัวของของเหลวปรกติที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นของแข็งที่เกิดจากของเหลวเย็นยวดยิ่งจะมีความแข็งน้อยกว่าของแข็งที่เกิดจากการเปลี่ยนสถานะที่จุดเยือกแข็งปรกติ

ในกรณีของสารละลายที่มีการอัดแก๊สลงในของเหลว เช่น เครื่องดื่มประเภทกรดคาร์บอนิก เมื่อเขย่าสารละลายเย็นยวดยิ่งของสารประเภทนี้ จะมีฟองแก๊สเกิดขึ้นจำนวนมากซึ่งฟองแก๊สที่เกิดขึ้นจะผสมและแทรกตัวอยู่ในโมเลกุลของของเหลวทำให้เมื่อเกิดการแข็งตัว สารที่ได้จะมีลักษณะเป็นเกล็ดเล็ก ๆ และเกิดการจับตัวเป็นก้อนน้อยกว่าเครื่องดื่มที่ไม่ได้อัดแก๊สลงไป

อ้างอิง

1. Lee, D., Park, C., Jeong, S. & Kang, C. (2014). Pressure effect on the release of supercooled water with dissolved air. *International Journal of Refrigeration*. 40, 51-60.
2. http://www.scienceinschool.org/2010/issue17/supercooling (เข้าถึงเมื่อ 24 พฤษภาคม 2558).