

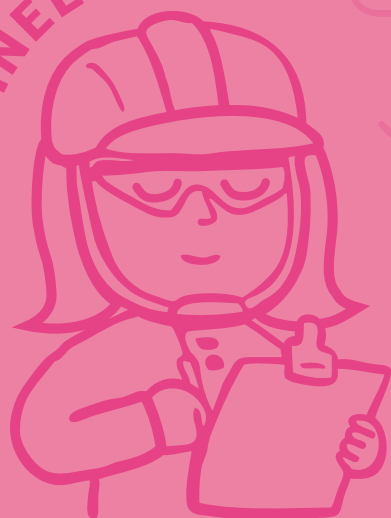
MODULE

2

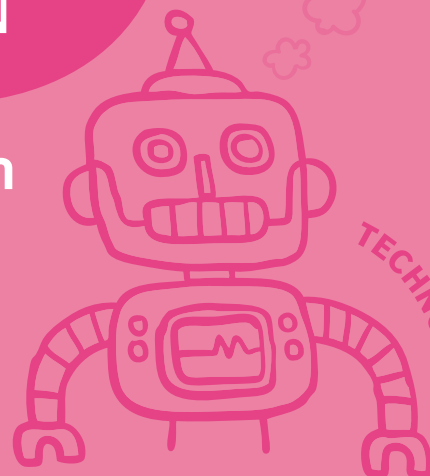
# STEM EDUCATION

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2: สิ่งประดิษฐ์ทางชีววิทยา  
BIOLOGY-BASED INVENTIONS

ENGINEERING



TECHNOLOGY



SCIENCE



คู่มือการเรียนรู้สำหรับนักเรียน  
STUDENT WORKBOOK



คู่มือการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 2: สิ่งประดิษฐ์ทางชีววิทยา

โครงการพัฒนาการอาชีวศึกษาด้าน STEM Education

โดยความร่วมมือระหว่างสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กับ บริติช เคานซิล ประเทศไทย

โดยการสนับสนุนของกองทุนนิวตัน (Newton Fund)

### พิมพ์ครั้งที่ 1

มกราคม พ.ศ. 2560

### แก้ไขครั้งที่ 1

กรกฎาคม พ.ศ. 2561

### จำนวนพิมพ์

800 เล่ม

### ผู้จัดทำและเผยแพร่โดย

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

บริติช เคานซิล ประเทศไทย และกองทุนนิวตัน

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

### พิมพ์ที่

บริษัท ภัณฑารักษ์ จำกัด

48 ซอย 48 ถนนเฉลิมพระเกียรติ ร.9 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250

โทรศัพท์ 0-2726-5707-8 โทรสาร 0-2328-0406

### ออกแบบรูปเล่มโดย

บริษัท ดิบดี จำกัด (Dib Dee Co.,Ltd.)

99/129 หมู่ที่ 2 ตำบลคลองเกลือ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

โทรศัพท์ 092-7478293, 083-4411686

# สารบัญ

วัตถุประสงค์หลัก

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

รายละเอียดกิจกรรม

หน้า

experiment

5

8

14

# SCIENCE

IDEAS

biology

ชื่อ-นามสกุล .....

เลขที่ ..... ชั้นเรียน .....

สถาบัน .....

# วัตถุประสงค์หลัก

## MODULE 2

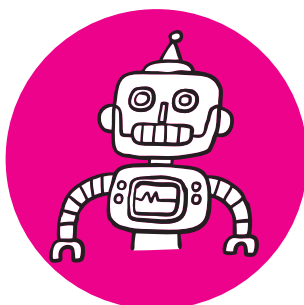
### หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

#### BIOLOGY-BASED INVENTIONS

#### สิ่งประดิษฐ์ทางชีววิทยา

#### หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1. เพื่อพัฒนาความรู้และความเข้าใจของนักเรียน เกี่ยวกับ
  - โรคเบาหวานและอินซูลิน
  - ชีวเคมีของน้ำตาล การหายใจ และการสังเคราะห์ด้วยแสง
  - ภาวะอ้วนดูล (การรักษาคุณภาพของร่างกายสิ่งมีชีวิต) ของการควบคุมน้ำตาลในเลือด
2. เพื่อพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูลและการหาข้อสรุปจากหลักฐานที่ได้มา
3. เพื่อพัฒนาและปรับปรุงทักษะการปฏิบัติและการสืบเสาะในห้องปฏิบัติการ
4. เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้นำการเรียนรู้และเน้นการพัฒนาทักษะเพิ่มเติม
5. เพื่อแนะนำให้นักเรียนรู้จักกลยุทธ์และเครื่องมือต่างๆ ที่จะสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้เรื่องอื่นๆ ได้
6. เพื่อเน้นทักษะทางสะเต็ม ซึ่งจะนำไปใช้ในการเรียนรู้ทั้งในรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิชาชีพสาขาวิชา/สาขางาน
7. เพื่อพัฒนาทักษะด้านการสื่อสาร (รวมถึงภาษาอังกฤษ) และตัวเลข ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน
8. เพื่อสร้างพื้นฐานที่มั่นคงในการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้อื่นๆ รวมถึงการทำงานและโครงการที่เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร
9. เพื่อพัฒนาความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการศึกษาในวิทยาลัย มหาวิทยาลัย และตลอดชีวิตการทำงาน
10. เพื่อพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความสะอาด (กาย วาจา ใจ) และภาวะความเป็นผู้นำของนักเรียน







# ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังสำหรับผู้จบการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

## หลักสูตร

## การอาชีวศึกษา

## หมวดวิชา

## พื้นฐานประยุกต์

## กลุ่มวิชา

## วิทยาศาสตร์

- เข้าใจเรื่องการรักษาสมดุลของเซลล์และกลไกต่างๆ ในการรักษาสมดุลของสิ่งมีชีวิต
- เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญ และผลกระทบของเทคโนโลยีชีวภาพ ที่มีต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่งผลให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีที่หลากหลาย ได้อย่างไร และการพัฒนาเทคโนโลยีสามารถส่งผลให้เกิดการค้นพบความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าได้อย่างไร รวมถึงผลกระทบของเทคโนโลยี ที่มีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ระบุปัญหา ตั้งคำถามเพื่อการสืบค้น และหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เสนอสมมุติฐานที่เป็นไปได้หลากหลาย และตัดสินใจเลือกพิสัยสมมุติฐานที่น่าจะมีความเป็นไปได้มากที่สุด
- วางแผนกระบวนการการสืบค้นและทดสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ วิเคราะห์ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ด้วยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้มาจากการสืบค้นข้อมูลและทดลอง
- สื่อสารความคิดและความรู้ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลผ่านการนำเสนอโดยการพูด หรือเขียน การจัดแสดง หรือประยุกต์ใช้ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศ
- อธิบายความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ในการดำรงชีวิตและการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม จัดทำโครงการหรือผลงาน ตามความสนใจของตนเอง
- แสดงความสนใจ การอุทิศตน ความรับผิดชอบ ความใส่ใจ และความซื่อสัตย์ ในการสำรวจตรวจสอบและแสวงหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ผลลัพธ์ ที่ถูกต้องน่าเชื่อถือ
- แสดงความพึงพอใจและชื่นชมความสามารถในการค้นพบความรู้ ค้นพบคำตอบ หรือแก้ปัญหา
- ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี แสดงความคิดเห็นโดยยึดตามแหล่งอ้างอิง ที่น่าเชื่อถือหรือมีเหตุผลที่เกิดจากการพัฒนาและประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ตระหนักถึงหน้าที่ที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และพร้อมจะรับฟัง ความคิดเห็นของผู้อื่น





**หลักสูตร****การอาชีวศึกษา****หมวดวิชา****พื้นฐานประยุกต์****กลุ่มวิชา****คณิตศาสตร์**

- มีความเข้าใจและสามารถใช้ตรรกะเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย
- มีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ซึ่งสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ที่หลากหลาย
- เข้าใจระเบียบวิธีการที่เรียบง่ายในการทำการสำรวจความคิดเห็น สามารถเลือกใช้ค่ามัธยฐานที่เหมาะสมกับข้อมูลและวัตถุประสงค์ สามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ไทล์ของข้อมูล สามารถวิเคราะห์ข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปใช้ช่วยในการตัดสินใจ
- เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการสุ่มอย่างง่ายและความน่าจะเป็น สามารถนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้กับการคาดคะเนและการตัดสินใจในสถานการณ์ต่างๆ
- สามารถนำวิธีการอันหลากหลายไปใช้ในการแก้ปัญหา มีความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับการแก้ปัญหาที่ต้องเผชิญในสถานการณ์ที่หลากหลาย สามารถตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล และนำเสนอข้อสรุปที่ได้เหมาะสม สามารถใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารและนำเสนอแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องชัดเจน สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ หลักการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์ด้านอื่นๆ และมีความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์

**หลักสูตร****การอาชีวศึกษา****หมวดวิชา****พื้นฐานประยุกต์****กลุ่มวิชาสังคมศึกษา****และมนุษยศาสตร์**

- การวางแผนอย่างเป็นระบบ สามารถดูแลสุขภาพ เสริมสร้างสุขภาพ ปกป้องตนเองจากโรคภัยไข้เจ็บ และหลีกเลี่ยงปัจจัยและพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการทำลายสุขภาพ การเกิดอุบัติเหตุ การใช้ยาผิด การติดยา และความรุนแรง
- วิเคราะห์และประเมินสุขภาพส่วนบุคคลเพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการลดความเสี่ยง เสริมสร้างและรักษาสุขภาพ ป้องกันโรค และความสามารถในการจัดการกับความเครียดและอารมณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

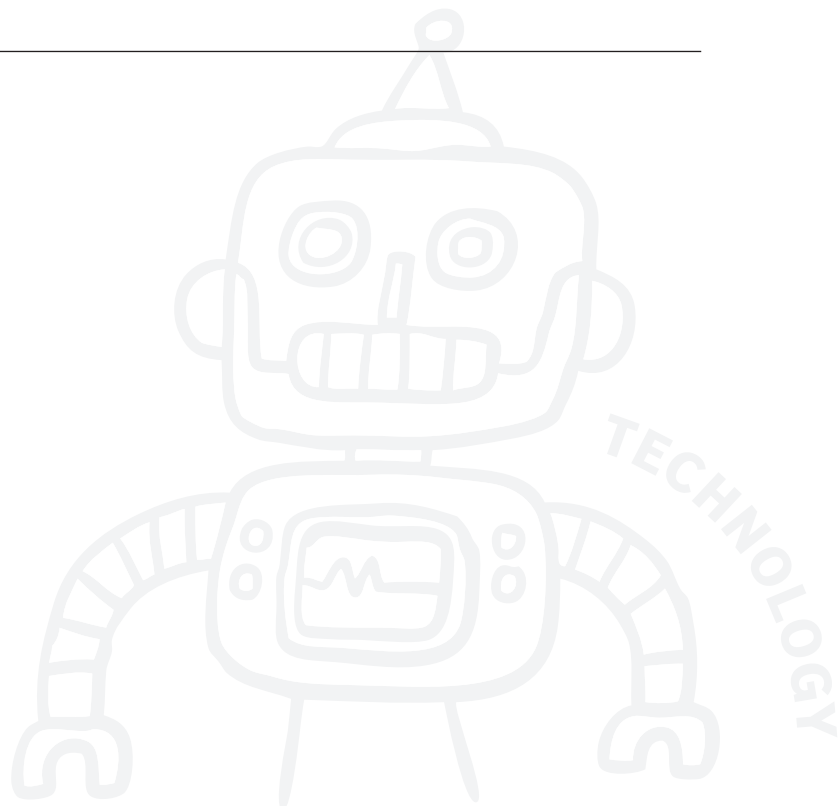
## หลักสูตรการ

## อาชีวศึกษา

## หมวดวิชาชีพ

## กลุ่มวิชาชีพพื้นฐาน

- เข้าใจวิธีการทำงานต่างๆ เพื่อประกอบอาชีพ สร้างความสำเร็จด้วยการคิดอย่างสร้างสรรค์ มีทักษะในการทำงานเป็นทีม ทักษะการบริหาร และทักษะการแก้ปัญหา และแสวงหาความรู้ ทำงานอย่างมีศีลธรรม จรรยา และตระหนักรู้ถึงการใช้พลังงานและทรัพยากรต่างๆ อย่างยั่งยืนและคุ้มค่า
- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีและศาสตร์ด้านอื่นๆ วิเคราะห์ระบบเทคโนโลยีแบบต่างๆ มีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการต่างๆ สร้างและพัฒนาวัสดุ อุปกรณ์ หรือวิธีการโดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยีที่ปลอดภัยโดยการใช้ซอฟต์แวร์ในการออกแบบหรือนำเสนอความสำเร็จต่างๆ วิเคราะห์และเลือกที่จะนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตประจำวันไปใช้อย่างสร้างสรรค์เพื่อประโยชน์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม บริหารจัดการเทคโนโลยีโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด
- เข้าใจองค์ประกอบของระบบข้อมูล องค์ประกอบและหลักการของระบบคอมพิวเตอร์ ระบบการสื่อสารข้อมูลในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ลักษณะต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เชื่อมโยง มีทักษะเชี่ยวชาญในการใช้คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหา เขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ ใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ สื่อสารและสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลเพื่อใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการนำเสนอความสำเร็จ และใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างชิ้นงานหรือโครงการ
- เข้าใจแนวทางในการเข้าสู่การว่าจ้าง และเลือกและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆ ที่เหมาะสมต่ออาชีพ มีประสบการณ์ในอาชีพการงานที่ตนเองถนัดและสนใจ มีคุณลักษณะเหมาะสมกับอาชีพการงาน



## รายละเอียดกิจกรรมที่ 1-22

### หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

กิจกรรม	วันที่	บันทึกการเรียนรู้
กิจกรรมที่ 1: นักเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับโรคเบาหวาน		
กิจกรรมที่ 2: เราจะนำเสนอไทม์ไลน์ของความเข้าใจเกี่ยวกับโรคเบาหวานอย่างไร		
กิจกรรมที่ 3: มี “สิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับโรคเบาหวาน” อะไรบ้างที่เราสามารถนำมาใส่ลงในไทม์ไลน์ที่สร้างขึ้นนี้		
กิจกรรมที่ 4: เราจะทดสอบโรคเบาหวานอย่างไร		
กิจกรรมที่ 5: โรคเบาหวานประเภทใดจำเป็นต้องใช้อินซูลินมากที่สุด		
กิจกรรมที่ 6: การทดสอบโรคเบาหวานในปัจจุบันทำอย่างไร		
กิจกรรมที่ 7: กลูโคสคืออะไร		

กิจกรรม	วันที่	บันทึกการเรียนรู้
กิจกรรมที่ 8: กลูโคสถูกเก็บไว้ในร่างกายอย่างไร		
กิจกรรมที่ 9: ไกลโคเจนถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสอย่างไร และกลูโคสถูกเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนอย่างไร		
กิจกรรมที่ 10: การทดสอบการตอบสนองของฮอร์โมนอินซูลินต่อระดับน้ำตาลในเลือดคืออะไร		
กิจกรรมที่ 11: กลูโคสมีความสำคัญต่อร่างกายอย่างไร		
กิจกรรมที่ 12: กลูโคสเข้าสู่ร่างกายได้อย่างไร		
กิจกรรมที่ 13: พืชผลิตกลูโคสได้อย่างไร		
กิจกรรมที่ 14: ความเข้มแสงที่แตกต่างกันส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร		
กิจกรรมที่ 15: เราจะแน่ใจได้อย่างไรว่าจะผลิตพืชได้ปริมาณสูงสุด		
กิจกรรมที่ 16: การพัฒนาพืชผลทางการเกษตรจะเป็นอย่างไรในอนาคต		

กิจกรรม	วันที่	บันทึกการเรียนรู้
กิจกรรมที่ 17: จำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานเพิ่มขึ้นอย่างไร		
กิจกรรมที่ 18: อะไรคือสาเหตุโรคเบาหวาน		
กิจกรรมที่ 19: เหตุใดจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานจึงเพิ่มขึ้น		
กิจกรรมที่ 20: เราจะแน่ใจได้อย่างไรว่าโรคอ้วนคือสาเหตุของโรคเบาหวานประเภทที่ 2		
กิจกรรมที่ 21: โรคเบาหวานสามารถรักษาได้อย่างไร		
กิจกรรมที่ 22: การรักษาโรคเบาหวานจะพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างไร		

คู่มือการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

## ใบงานหน่วยการเรียนรู้ที่ 2

---

## ใบความรู้เรื่อง อินซูลิน: ประวัติศาสตร์และอนาคต Insulin: its history and future

### อินซูลิน: ประวัติศาสตร์และอนาคต

#### ความเป็นมาของโรคเบาหวานและอินซูลิน

ก่อนที่จะมีอินซูลินใช้ เราใช้น้ำมันสำหรับทำอาหาร ให้เด็กวันละหนึ่งถ้วยเพราะคิดว่าจะช่วยให้กระบวนการย่อยอาหารของเด็กให้ดีขึ้น!

ผู้ที่ตั้งชื่อให้แก่โรคเบาหวาน (diabetes) เป็นคนแรกคือ อราทาคัสแห่งคัปปาโดเซีย (Aratacus of Cappadocia) ในดินแดนเอเชียไมเนอร์ (Asia Minor) ในศตวรรษที่หนึ่ง ชื่อนี้ได้มาจากการเปรียบเทียบว่าปัสสาวะของผู้ป่วยเหมือนกับน้ำที่ไหลผ่านท่อกาลักน้ำ

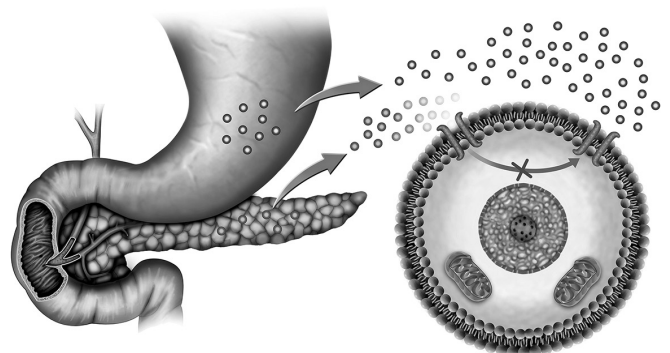
มีผู้สังเกตว่าปัสสาวะของผู้ป่วยมีน้ำตาลครั้งแรกในศตวรรษที่ 17 โดยนายแพทย์แห่งออกซ์ฟอร์ด (Oxford) ชื่อว่า โทมัส วิลลิส (Thomas Willis) จากคำกล่าวของชาวอินเดียโบราณในศตวรรษที่ 4 ได้สังเกตเห็นมดมารุมขึ้นปัสสาวะของผู้ป่วยโรคเบาหวาน

ความพยายามรักษาโรคนี้เริ่มต้นขึ้น ในช่วงเวลาที่ไม่มีการรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานมากไปกว่าจอห์น รอลโล (John Rollo) ผู้เป็นศัลยแพทย์แห่งกรมทหารปืนใหญ่แห่งราชสำนัก จอห์น รอลโล ได้รักษาผู้ป่วยด้วยการจำกัดอาหารในปี 1706 จากการสังเกตจากการถ่ายปัสสาวะบ่อย

คล็อด เบอรัร์นาร์ต (Claude Bernard) บุคคลที่มีความสำคัญเกี่ยวกับโรคเบาหวาน เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 19 เขาเรียนจบมาทางด้านเภสัชกร เขากลายเป็นบุคคลสำคัญในสาขากายภาพและการแพทย์ในฝรั่งเศสและยุโรป เมื่อเขาเสียชีวิต ในปี 1878 รัฐบาลจึงได้จัดพิธีศพอย่างเป็นทางการเพื่อเป็นเกียรติให้เขา

เบอรัร์นาร์ตพบว่าตับทำหน้าที่สะสมไกลโคเจนและหลังสารที่มีน้ำตาลเข้าสู่เลือด เขาจึงสันนิษฐานว่าสารนี้เองคือสิ่งที่ก่อให้เกิดโรคเบาหวาน ในสมัยนั้นคนเรายังเชื่อว่าระบบประสาททำหน้าที่ควบคุมอวัยวะหลังสารต่างๆ สิ่งนี้

ทำให้เขาค้นพบอีกอย่างหนึ่ง คือการกระตุ้นประสาทของสัตว์ที่ยังมีชีวิตอยู่สามารถก่อให้เกิดภาวะโรคเบาหวานชั่วคราวได้ในขณะหนึ่ง



ในปี 1879 วอน เมอริง (Von Mering) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ค้นพบข้อพิสูจน์ใหม่มาหักล้างทฤษฎีตับของเบอรัร์นาร์ต วอน เมอริง พบว่าเมื่อนำตับอ่อนออกไปจากร่างกายจะก่อให้เกิดโรคเบาหวาน วอน เมอริง และหุ่นส่วนนามว่า มินนาวสกี (Minkowski) ได้พยายามสกัดสารต้านเบาหวานจากตับอ่อนแต่ไม่สามารถทำได้สำเร็จ

แนวคิดที่ว่าสารต้านเบาหวานน่าจะผลิตมาจากต่อมไร้ท่อไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (islets of Langerhans) เป็นสิ่งที่เชื่อกันอย่างกว้างขวางในสมัยนั้น ซึ่งมีเหตุผลเพราะตับอ่อนที่เหลือนอ่วยมีลักษณะแตกต่างมาก และน่าจะทำหน้าที่ต่างออกไป

#### การค้นพบอินซูลิน

เรื่องราวความสำเร็จของการค้นพบอินซูลินเกิดขึ้นที่ประเทศแคนาดาในปี ค.ศ.1921 โดยเฟรดริก แบนต์ติง (Fredrick Banting) แพทย์ศัลยศาสตร์ออร์โธพีดิกส์ (Orthopaedic surgeon) หลังจากเขาอ่านข้อมูลเกี่ยวกับความเชื่อมโยงระหว่างตับอ่อนกับโรคเบาหวาน เขาก็เชื่อว่าตนเองสามารถค้นพบสารต้านเบาหวาน

เขาได้โน้มน้าวใจ เจ.เจ.อาร์ แม็คคลาวด์ (J.J.R. Macloud) ศาสตราจารย์ด้านสรีรศาสตร์ที่โตรอนโต ให้อนุญาตเขาได้ลองทำการทดลองดู ศาสตราจารย์ แม็คคลาวด์มอบหมายให้นักศึกษาแพทย์หนุ่มชื่อ ชาร์ลส์ เบสต์ (Charles Best) มาร่วมในงานทดลองนี้ จนกระทั่งงานทดลองพบอุปสรรค เขาได้ให้ศาสตราจารย์ สาขาชีวเคมี เจ.บี. คอลลิป (J.B. Collip) เข้ามาช่วย แก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ในทางที่ดี

หลังจากผิดหวังหลายครั้ง พวกเขาได้จัดเตรียมการสกัดสารจากตับอ่อนที่ฝ่อของสุนัข จากนั้นแยกสุนัขอีก สองตัวที่เป็นโรคเบาหวาน ใส่น้ำสกัดที่ได้กับสุนัขตัวหนึ่ง ส่วนอีกตัวหนึ่งไม่ได้ใส่น้ำอะไรลงไป สี่วันต่อมาสุนัขตัวที่ไม่ได้รับสารสกัดตาย ในขณะที่สุนัขตัวที่ได้รับสารสกัด สามารถมีชีวิตต่อไปได้อีกสามสัปดาห์ และเสียชีวิต หลังจากยุติการฉีดสารดังกล่าว

วันที่ 11 มกราคม 1922 เด็กชายอายุ 14 ปีคนหนึ่ง ได้กลายเป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานคนแรกที่ได้รับอินซูลิน ที่ผลิตขึ้นโดยแบนติงกับเบสต์ (Banting and Best) แต่ไม่ประสบความสำเร็จ แต่ได้มีการพัฒนาสารให้บริสุทธิ์ โดย คอลลิป ในวันที่ 23 มกราคม 1922

ครั้งนี้ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของผู้ป่วยลดลง ช่างนี้แพร่กระจายไปทั่วโลก และภายในไม่กี่สัปดาห์ บรรดาผู้นำทั้งหลายก็พากันมาที่โตรอนโตเพื่อที่จะได้เห็นกับตาตนเองว่าข่าวลือนั้นเป็นความจริงหรือไม่ ซึ่งความรู้ในการผลิตอินซูลิน ทำให้มีผู้เดินทางมาจาก ทั้งคอนนอร์ธในโตรอนโตและบริษัทเอลี ลิลลี่ (Eli Lilly) จากอินเดียนาโพลิส รัฐอินเดียน่า พวกเขาร่วมมือกับกลุ่ม นักวิจัยในการผลิตอินซูลินขึ้นที่สหรัฐอเมริกาและ ละตินอเมริกา

ทีมของลิลลี่ประสบความสำเร็จในการผลิตอินซูลิน ในอุตสาหกรรม แต่ทีมจากโตรอนโตกลับประสบ ความยากลำบากอย่างต่อเนื่อง เมื่อถึงกลางเดือน

กรกฎาคมของปี 1922 ได้เกิดการขาดแคลนอินซูลิน อย่างหนักในโตรอนโต ลิลลี่ส่งผลิตภัณฑ์ของตน ออกจำหน่ายข้ามประเทศ เมื่อถึงปลายปี 1923 ก็มีการผลิต อินซูลินเพื่อการค้าและนำไปใช้รักษาโรคเบาหวาน ในประเทศทางตะวันตกเป็นส่วนใหญ่

ออกัสต์ โครห์ (August Krogh) ชาวเดนมาร์กผู้ได้รับ รางวัลโนเบลจากงานวิจัยเกี่ยวกับเส้นเลือด เดินทางไปที่ สหรัฐอเมริกาเพื่อเจรจาเกี่ยวกับงานของเขา และได้พบว่า ทุกคนที่นั่นพูดถึงแต่อินซูลิน เมื่อเขากลับมาเดนมาร์ก เขาจึงวางรากฐานให้กับอุตสาหกรรมผลิตอินซูลิน ในประเทศเดนมาร์กและบริษัทนอร์ดิสค์อินซูลิน (Nordisk Insulin Company) ซึ่งเป็นบริษัทไม่หวังผลกำไร ที่ร่วมมือ กับบริษัทโนโว (Novo Company) และทำให้เดนมาร์ก กลายเป็นผู้ผลิตอินซูลินรายใหญ่นอกสหรัฐอเมริกา

อินซูลินที่ผลิตออกมาช่วงแรกมีลักษณะออกฤทธิ์เร็ว และสั้นเป็นอินซูลินที่ “ละลายได้” และ “ธรรมดา” ต้องฉีด สองครั้งต่อวัน อินซูลินเหล่านี้เป็นแบบหยาบและไม่บริสุทธิ์ ผู้ป่วยในยุคแรกๆ ต้องทนกับการฉีดเข้ากล้ามเนื้อในปริมาณ 5-18 มิลลิลิตร ซึ่งสร้างความเจ็บปวดและพบได้บ่อยครั้งว่า เกิดเป็นฝีขึ้น จึงมีความต้องการอินซูลินที่ออกฤทธิ์ได้นานขึ้น และในที่สุดปี 1936 ได้มีการแนะนำ Protamine Zinc Insulin ให้เป็นที่รู้จักและในปี 1954 ก็เริ่มมี Lente Insulin

ความไม่บริสุทธิ์ของอินซูลินยุคแรกโดยหลักๆ แล้ว มาจากเปปไทด์ของตับอ่อนที่มีอยู่ในระดับความเข้มข้นต่ำ ต่อมาชาวเดนมาร์กผลิตอินซูลินที่บริสุทธิ์มากขึ้น คือ Monocomponent Insulin และอินซูลินอื่นๆ ที่มี ความบริสุทธิ์ในระดับสูง

เมื่อเดนมาร์กเป็นผู้ครองตลาดจากผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปรับปรุงเหล่านี้ อเมริกาจึงหันมาผลิต Human Insulin หรืออินซูลินที่ผ่านการตัดต่อทางพันธุกรรมซึ่งครองตลาด อยู่ในปัจจุบัน ก่อนหน้านี้อินซูลินที่ผลิตมาจากสัตว์



ส่วนใหญ่มาจากโคกระปือในสหรัฐอเมริกาและสุกรในเคนซาร์ค อินซูลินเหล่านี้มีประสิทธิภาพเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่จำนวนกรดอะมิโนหนึ่งถึงสามหน่วย

อินซูลินมีการผลิตในรูปของผลึกในปี 1926 โดย เจ.เจ.อาเบล (J.J. Abel) องค์ประกอบก็คือมีสายโซ่สองสายที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 51 หน่วย ซึ่งเชื่อมโยกันโดยตัวเชื่อมไดซัลไฟด์ (disulphide bridges) อินซูลินนี้ได้รับการค้นพบโดย เฟรดริก แซงเจอร์ จากเคมบริดจ์ (Fredrick Sanger of Cambridge) เขาได้รับรางวัลโนเบลจากงานนี้ในปี 1955

โครงสร้างสามมิติของโมเลกุลอินซูลินถูกค้นพบเมื่อสิบสี่ปีหลังจากนั้นในออกซ์ฟอร์ด โดยโรโรธี ฮอดกิน (Dorothy Hodgkin) เธอได้รับรางวัลโนเบลสำหรับผลงานเกี่ยวกับอินซูลินและวิตามินบี 12

การค้นพบทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโรคเบาหวานได้รับการพัฒนาปรับปรุงด้วยเทคนิคการตรวจหาปริมาณสารต่างๆ (immunoassay) ซึ่งคิดค้นโดยโซโลมอน เบอร์สัน และโรซาลินด์ ยาโลว (Solomon Berson & Rosalind Yalow) ในปี 1957 อินซูลินที่มีความเข้มข้นต่ำสามารถวัดได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นการพัฒนาก้าวสำคัญจากวิธีการตรวจหาปริมาณสารทางชีวภาพ (bioassay) ยาโลวยังคงมีชีวิตอยู่หลังจากเบอร์สันเสียชีวิตแล้ว เขาได้รับรางวัลโนเบล เพราะผลงานของพวกเขาได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่การศึกษาด้านต่อมไร้ท่อวิทยา

## ประเภทของอินซูลิน

ปัจจุบันนี้ในสหรัฐอเมริกา อินซูลินสามารถสังเคราะห์ได้จากมนุษย์โดยการนำเอาโครงสร้างดีเอ็นเอมารวมตัวกันใหม่ (recombinant DNA) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้สามารถผลิตอินซูลินมนุษย์ได้ในปริมาณมาก แบบไม่มีขีดจำกัด เนื่องจากอินซูลินของแต่ละคนแตกต่างกันไป จึงมีการผลิตอินซูลินมนุษย์ประเภทต่างๆ ขึ้นมาดังต่อไปนี้



**1. ประเภทออกฤทธิ์เร็ว** ได้แก่ Humalog, Novolog, หรือ Apidra เป็นอินซูลิน ที่ต้องรับประทานก่อนอาหาร เพื่อต้านการเพิ่มระดับของน้ำตาลในเลือด จากอาหารจะเริ่มทำงานภายใน 15-30 นาที และออกฤทธิ์สูงสุดภายในหนึ่งชั่วโมงถึงสองชั่วโมง ฤทธิ์ของอินซูลินประเภทนี้อยู่ยาวนานถึงสี่ชั่วโมง

**2. ประเภทออกฤทธิ์สั้น** อินซูลินธรรมดาหรือ R Insulin เริ่มเห็นผลภายในหนึ่งชั่วโมงแต่จะหยุดออกฤทธิ์เร็วกว่าอินซูลินระดับกลางหรืออินซูลินออกฤทธิ์ยาว อินซูลินประเภทนี้ได้ผลสูงสุดภายใน 2-4 ชั่วโมง และอยู่ยาวนาน 6-8 ชั่วโมง

**3. ประเภทออกฤทธิ์ปานกลาง** ได้แก่ NPH (N) และ Lente (L) Insulins ได้ผลสูงสุด ใน 6-12 ชั่วโมง และอยู่ยาวนาน 18-26 ชั่วโมง

**4. ประเภทออกฤทธิ์ยาวนาน** ได้แก่ Lantus Insulin และ Levemir Insulin เริ่มออกฤทธิ์ใน 6-8 ชั่วโมง ได้ผลสูงสุดใน 14-24 ชั่วโมง และอยู่ยาวนาน 28-36 ชั่วโมง

## วิธีการนำอินซูลินเข้าร่างกายในปัจจุบัน

1. การฉีดด้วยเข็มฉีดยา เป็นวิธีที่พบบ่อยที่สุด
2. อินซูลินแบบปากกามีลักษณะเหมือนปากกาที่มีไส้สำหรับใส่อินซูลินปริมาณระดับต่างๆ
3. ป้อนอินซูลินแบบภายนอกเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ขนาดประมาณวิทยุติดตามตัว ซึ่งติดกับร่างกายผ่านทางหลอดแคบๆ ที่ยึดหยุ่นได้และเข็มที่เสียบเข้าไปใต้ผิวหนัง มีแท่งใส่อินซูลินแบบเติมได้ซึ่งบรรจุอินซูลินในปริมาณที่ใช้ได้สองวัน เข็มและหลอดจะต้องเปลี่ยนอยู่เสมอ ส่วนป้อนอินซูลินแบบที่สองไม่มีหลอด เรียกว่า 'patch pump' มีฝักใส่สารอินซูลินแบบใช้แล้วทิ้งติดอยู่กับผิวหนังโดยตรง ทำงานได้แบบไร้สายโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาที่แยกออกมาต่างหาก
4. อินซูลินแบบสูดดม ออกฤทธิ์เร็ว เรียกว่า Afrezza เริ่มมีใช้มาตั้งแต่ปี 2014 เป็นอินซูลินแบบผงที่สูดเข้าไปในปอดโดยอยู่ในรูปของยาตม
5. เครื่องพ่นฉีดอินซูลินแบบเจ็ต จะพ่นอินซูลินออกมาเป็นละอองเล็กๆ ให้ซึมเข้าไปในผิวหนังด้วยความดันสูง ส่วนใหญ่มีราคาแพงและไม่ได้มีใช้กันโดยทั่วไป

## อนาคตของอินซูลินในการรักษาโรคเบาหวาน

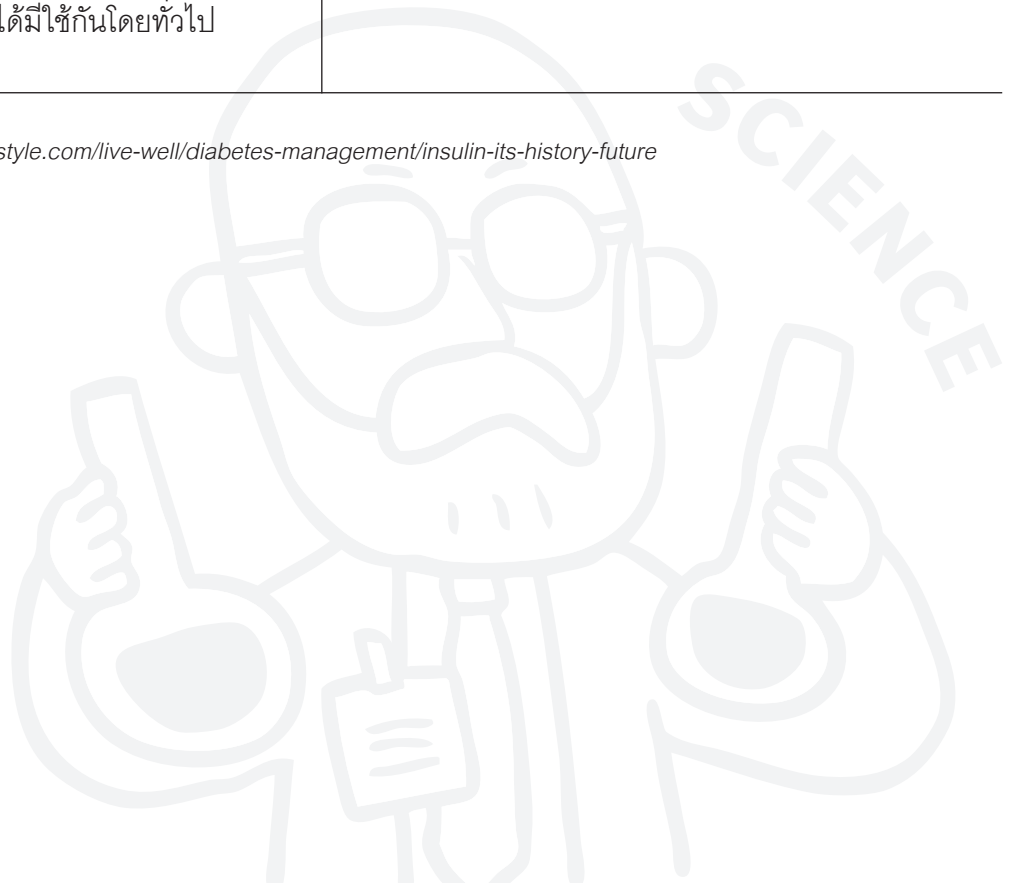
บรรดานักวิจัยกำลังทำงานอย่างหนักเพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของระบบ “ตับอ่อนเทียม” หรือที่บางครั้งเรียกว่า “ตับอ่อนไบโอนิก” เป้าหมายของระบบนี้ก็คือเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดด้วยอินซูลินและฮอร์โมนอื่นๆ โดยมนุษย์ไม่ต้องเข้าไปแทรกแซง

นักวิจัยกลุ่มอื่นกำลังวิเคราะห์วิธีการต่างๆ ที่จะห่อหุ้มเซลล์เบต้าเทียมไว้ในเนื้อเยื่อพิเศษที่สารซึมผ่านได้ เพื่อป้องกันการต่อต้านของภูมิคุ้มกันในร่างกายหลังจากมีการผ่าตัดใส่ลงไปแล้ว

ส่วนนักวิศวกรรมชีวภาพก็กำลังพยายามสร้างเบต้าเซลล์เทียมที่ปล่อยสารอินซูลินตามระดับของกลูโคส

ทั้งหมดนี้เป็นเพียงแนวทางการรักษาวิจัยที่พยายามควบคุมและรักษาโรคเบาหวาน

ดัดแปลงจาก <http://www.diabeticlifestyle.com/live-well/diabetes-management/insulin-its-history-future>



## ใบงาน: ตาราง QuADS Grid

คำถาม (Question)	คำตอบ (Answer)	รายละเอียด (Details)	แหล่งข้อมูล (Sources)
ให้นักเรียนสร้างรายการสิ่งประดิษฐ์อื่นๆ และสืบค้นทางอินเทอร์เน็ตเพื่อค้นหาว่ามี “สิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับโรคเบาหวาน” อะไรอีกบ้างที่เราสามารถนำมาใส่ลงในโมเดลที่สร้างขึ้นนี้			

## ใบงานเรื่อง: เราจะทดสอบโรคเบาหวานอย่างไร

### How can we test for diabetes?

#### ตัวอย่างปัสสาวะใดเป็นของผู้ป่วยโรคเบาหวาน

นักเรียนจะได้รับตัวอย่างปัสสาวะ 3 ตัวอย่าง ภารกิจของนักเรียนคือพยายามและค้นหาว่าตัวอย่างใดที่ได้มาจากผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งภาวะเบาหวานจะเป็นการขับกลูโคสส่วนที่เกินออกมาทางปัสสาวะ

นักเรียนจะต้องทำการทดสอบตัวอย่างปัสสาวะ ด้วยการทดสอบกับสารละลายเบเนดิกต์ เพื่อหาว่าตัวอย่างใดมีกลูโคสอยู่ จากการทดสอบหากสารละลายเบเนดิกต์เปลี่ยนเป็นสีเขียว (แสดงว่ามีความเข้มข้นของกลูโคสในสารละลายต่ำ) และถ้าเปลี่ยนเป็นสีส้มเข้ม (แสดงว่ามีความเข้มข้นของกลูโคสในสารละลายสูง)

#### วิธีทดสอบเบเนดิกต์

1. ใส่ตัวอย่างปัสสาวะในหลอดทดลอง จำนวน 10 cm<sup>3</sup>
2. เติมสารละลายเบเนดิกต์ลงไปปริมาณเท่ากัน
3. ให้ความร้อนกับหลอดทดลองในในปีกเกอร์ที่อยู่บนตะเกียงเบนเสน อย่าลืมนิใส่ที่ครอบตาเพื่อความปลอดภัย
4. สังเกตสารละลายและบันทึกผลลงในตารางบันทึกผล

#### ตารางบันทึกผล

ตัวอย่างปัสสาวะ	การสังเกต	ข้อสรุป
A		
B		
C		

#### ข้อสรุป

ตัวอย่างปัสสาวะใดที่มีการปนเปื้อนกลูโคส

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าตัวอย่างดังกล่าวมีการปนเปื้อนกลูโคส

## ใบงานเรื่อง: โรคเบาหวานประเภทใดจำเป็นต้องใช้อินซูลินมากที่สุด

### Which diabetic is most in need of insulin?

#### ผู้ป่วยเบาหวานคนใดต้องการอินซูลินมากที่สุด

นักเรียนจะได้รับตัวอย่างน้ำตาลสภาวะ 5 ตัวอย่าง ที่มาจากคนละคน ภารกิจของนักเรียนก็คือ พยายามหาว่าผู้ป่วยเบาหวานคนใดต้องการอินซูลินมากที่สุด โดยนักเรียนจะต้องเรียงลำดับตัวอย่างจากตัวอย่างที่ต้องการอินซูลินมากที่สุด เพื่อทดสอบนี้นักเรียนจะต้องใช้การทดสอบสารละลายเบนเนดิกต์ (เหมือนในกิจกรรมที่ 4) ซึ่งในครั้งนี้จะใช้เป็นการรายงานข้อมูลเชิงปริมาณ

#### ภารกิจแรก

นักเรียนจะต้องออกแบบการทดลองที่จะใช้การทดสอบสารละลายเบนเนดิกต์ในการหาข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อบอกว่าตัวอย่างน้ำตาลสภาวะใดมีความต้องการอินซูลินมากที่สุด

#### การทดลองของฉัน

ตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ (ตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบ)

---



---



---

ตัวแปรตาม (ผลของตัวแปรต้นที่ต้องการวัด)

---



---



---

ตัวแปรควบคุม (ตัวแปรที่ต้องกำหนดไว้ให้เหมือนกัน)

---



---



---

#### วิธีการ

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

### ตารางบันทึกผล

--

### ลำดับของตัวอย่างปัสสาวะของฉัน คือ

1. ต้องการอินซูลินมากที่สุด คือ ตัวอย่าง \_\_\_\_\_
2. ตัวอย่าง \_\_\_\_\_
3. ตัวอย่าง \_\_\_\_\_
4. ตัวอย่าง \_\_\_\_\_
5. ต้องการอินซูลินน้อยที่สุด คือ ตัวอย่าง \_\_\_\_\_

### การประเมิน

ถ้านักเรียนต้องทำการทดลองนี้อีกครั้ง นักเรียนจะปรับปรุงอย่างไร

---

---

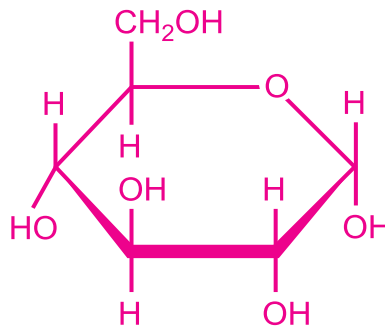
---

---

---

## ใบความรู้เรื่อง: กลูโคสคืออะไร

### What is glucose?



แผนภาพแสดง  $\alpha$  glucose (แอลฟา กลูโคส)

กลูโคสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวซึ่งเป็นโครงสร้างวงแหวน 6 อะตอม ประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอม ซึ่งในวงหกเหลี่ยมนั้นประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอมและออกซิเจน 1 อะตอม ส่วนอะตอมคาร์บอนตัวสุดท้ายนั้นอยู่ในกลุ่ม  $\text{CH}_2\text{OH}$  พันธะโคเวเลนต์ เป็นการ “ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน” โดยเป็นอิเล็กตรอนในออร์บิทัลวงนอกสุด เพื่อเชื่อมกันเป็นโมเลกุล กลูโคสและสารประกอบแซคคาไรด์ตัวอื่นๆ ก็เป็นโครงสร้างที่เชื่อมด้วยพันธะโคเวเลนต์

คาร์บอนอะตอม มีอิเล็กตรอน 4 ตัวที่สามารถสร้างพันธะ

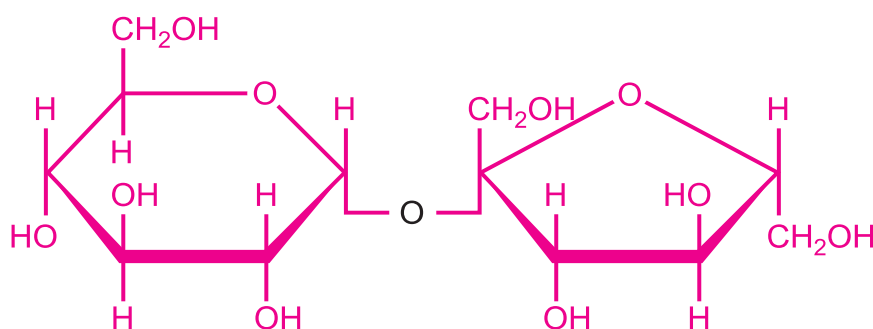
ออกซิเจนอะตอม มีอิเล็กตรอน 2 ตัวที่สามารถสร้างพันธะ

ไฮโดรเจนอะตอม มีอิเล็กตรอน 1 ตัวที่สามารถสร้างพันธะ

ดังนั้นถ้าเรามีคาร์บอน 1 อะตอม เราจะมี อิเล็กตรอน 4 ตัวที่จะสามารถสร้างพันธะกับ

- ไฮโดรเจน 4 อะตอม (ไฮโดรเจนแต่ละอะตอมมีอิเล็กตรอน 1 ตัวที่สร้างพันธะ)
- ออกซิเจน 2 อะตอม (ออกซิเจนแต่ละอะตอมมีอิเล็กตรอน 2 ตัว ที่สร้างพันธะ)
- ออกซิเจน 1 อะตอม และไฮโดรเจน 2 อะตอม (ออกซิเจนมีอิเล็กตรอน 2 ตัว และไฮโดรเจนแต่ละอะตอมมี 1 อิเล็กตรอนที่สร้างพันธะ)

น้ำตาลโมเลกุลคู่เกิดจากการรวมกันของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุล โดยแต่ละโมโนเมอร์จะรวมกันด้วยปฏิกิริยาการควบแน่น โดยมีโมเลกุลของน้ำถูกปล่อยออกมาจากปฏิกิริยา เมื่อกลุ่มของไฮดรอกซิล ( $-\text{OH}$ ) เชื่อมต่อกัน และเกิดเป็นพันธะไกลโคซิดิก พันธะไกลโคซิดิกเป็นพันธะระหว่าง  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ , ในตำแหน่งของ C ที่อยู่ในโครงสร้างแบบวงของโมโนเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว



โพลีแซคคาไรด์ เกิดจากโมโนเมอร์หลายโมเลกุลเชื่อมต่อกัน ด้วยปฏิกิริยาการควบแน่นเช่นเดียวกัน

ชื่อ	ชนิดของแซคคาไรด์	จำนวนอะตอม			กฎ
		คาร์บอน = C	ไฮโดรเจน = H	ออกซิเจน = O	
ฟรักโทส	น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว	6	12	6	ประกอบด้วยโครงสร้างวงแหวน 5 ตำแหน่ง
ซูโครส	น้ำตาลโมเลกุลคู่	12	22	11	เกิดจากกลูโคสกับฟรักโทส
มอลโทส	น้ำตาลโมเลกุลคู่	12	22	11	เกิดจากโมโนเมอร์กลูโคส 2 โมเลกุล

อาจจะทำการตัดอะตอมด้านล่างและสร้างเป็นแผนภาพในกระดาษขนาดใหญ่

H	H	H	C	C	O
H	H	H	C	C	O
H	H	H	C	O	O
H	H	H	C	O	O
H	H	H	C	O	O
H	H	H	C	O	O
H	H	H	C	O	
H	H	C	C	O	
H	H	C	C	O	



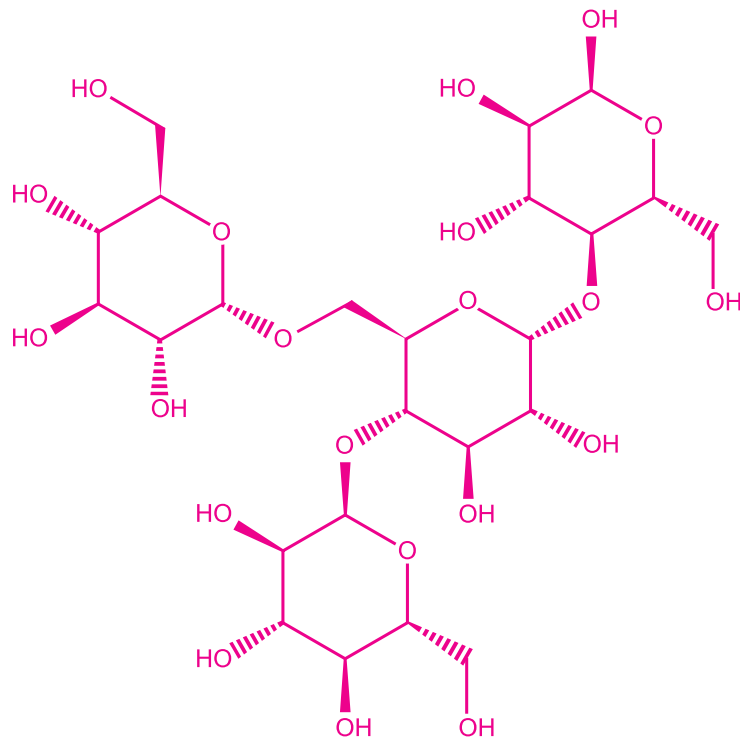
## ใบความรู้เรื่อง: กลูโคสถูกเก็บไว้ในร่างกายอย่างไร?

### How is glucose stored in the body?

#### Glycogen

##### ไกลโคเจน

ไกลโคเจนเป็นรูปแบบของการเก็บกลูโคสที่สำคัญในร่างกายมนุษย์ แผนภาพด้านล่างแสดงถึงโพลีแซคคาไรด์ของไกลโคเจนที่ประกอบด้วย 4 หน่วยกลูโคส



โมเลกุลนี้นำเสนอมุมมองของโครงสร้างไกลโคเจนได้ดี กล่าวคือ มันเกิดจากการเชื่อมพันธะโควาเลนต์ระหว่างกลูโคสโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนระหว่างพันธะไกลโคซิดิก 2 ชนิดที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของรูปแบบการแตกกิ่งของไกลโคเจน

ปรับปรุงจาก <https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/physical-sciences-practice/physical-sciences-practice-tut/e/the-structure-and-function-of-glycogen->

#### คำถามข้อที่ 1

คุณคิดว่าร่างกายมนุษย์เก็บไกลโคเจนไว้บริเวณใด และที่ใดเป็นที่ที่ดีที่สุดในการเก็บไกลโคเจน

---

#### คำถามข้อที่ 2

เพราะเหตุใดคุณจึงคิดว่าที่นั่นจึงเป็นที่ที่ดีที่สุด

---

## ใบงาน: การทดสอบการตอบสนองของฮอร์โมนอินซูลินต่อระดับน้ำตาลในเลือด

### การทดสอบความทนทานต่อน้ำตาล Oral Glucose Tolerance Test (OGTT)

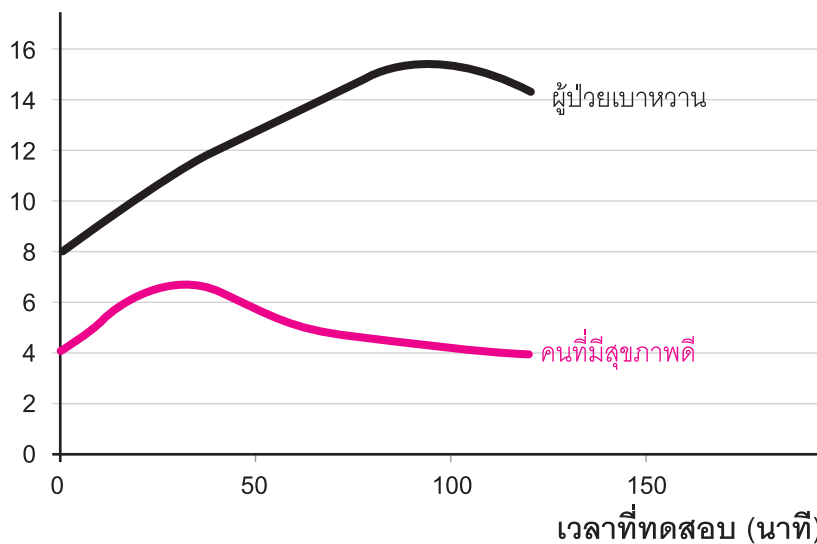
การทดสอบเลือดและปัสสาวะแบบง่ายอาจเพียงพอสำหรับการวินิจฉัยโรคเบาหวานในบางคน แต่บางคนอาจต้องทดสอบความทนทานต่อน้ำตาล (OGTT) หากการทดสอบเลือดและปัสสาวะไม่สามารถหาข้อสรุปได้

คนไข้ที่ไม่ได้รับอนุญาตให้กินอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบตัวอย่างเลือดของคนไข้จะถูกนำไปวัดระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร หลังจากนั้นคนไข้จึงดื่มน้ำที่มีส่วนผสมของกลูโคส 75 กรัม ซึ่งจะดูดซึมอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะมีการวัดระดับน้ำตาลในเลือดในอีกสองชั่วโมงถัดมา

**ผู้ป่วยเบาหวาน** จะมีภาวะน้ำตาลสูง (hyperglycaemic) อย่างรวดเร็วและระดับน้ำตาลในเลือดจะสูงกว่าปกติ

**คนที่สุขภาพดี** จะเก็บกักน้ำตาลส่วนเกินได้ ระดับน้ำตาลในเลือดจึงจะกลับสู่ระดับปกติ

ความเข้มข้นกลูโคส  
(มิลลิโมลต่อลิตร)



ระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานจะขึ้นและคงอยู่สูงกว่าปกติ คนปกติจะควบคุมให้น้ำตาลกลับสู่ภาวะปกติ

ดัดแปลงจาก [https://235.stem.org.uk/Diabetes/diabetes\\_16plus/diabetes\\_16plus4.html](https://235.stem.org.uk/Diabetes/diabetes_16plus/diabetes_16plus4.html)

### คำถาม

1. อธิบายกราฟ “เบาหวาน” ที่เกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของน้ำตาลตามช่วงเวลา

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในร่างกายของ “คนที่มีสุขภาพดี” ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด  
ลงสู่ 4 มิลลิโมลต่อเลือด 1 ลิตร

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

3. อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในเซลล์และร่างกายของผู้ป่วยเบาหวานเมื่อทำการทดสอบนี้

---

---

---

---

---

---

---

---

---

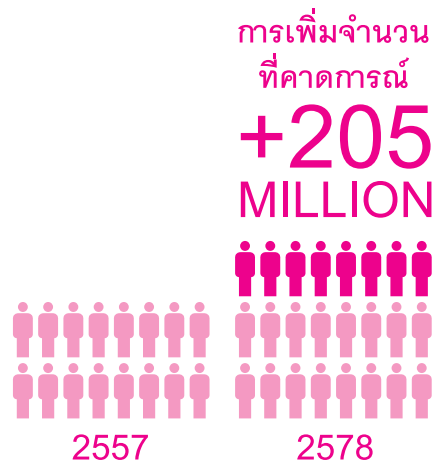
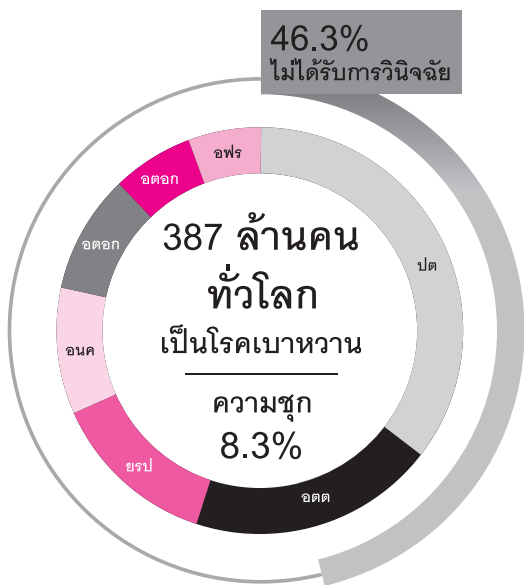
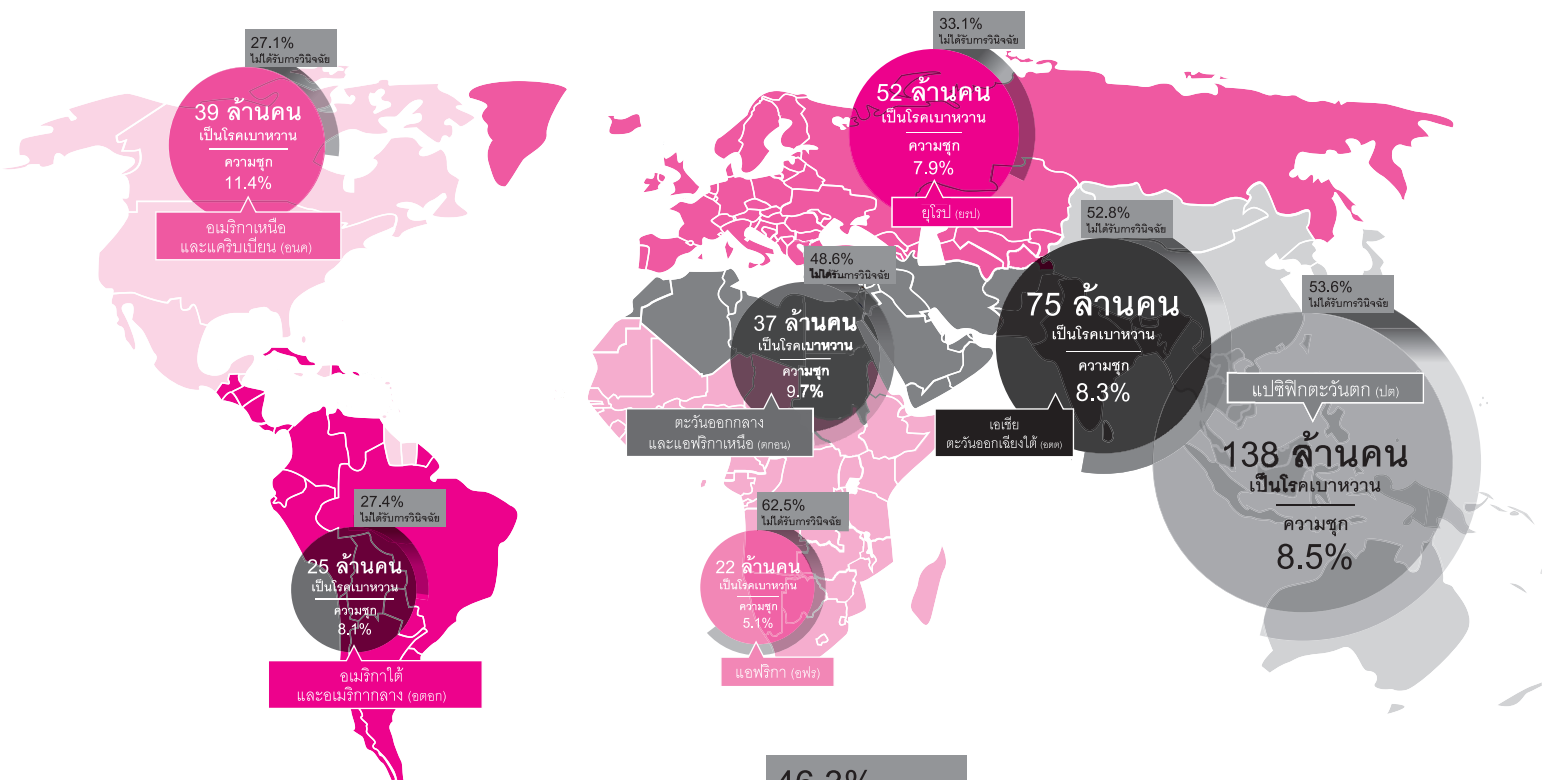
---

**1/12**  
คนเป็นโรคเบาหวาน



**1** การดูแลสุขภาพ  
**ใน 9** ใช้ไปกับโรคเบาหวาน

ในปี 2557 ค่าใช้จ่ายจากโรคเบาหวานมีมูลค่าสูงถึง 612 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ



## อินโฟกราฟิกเรื่อง: ผู้ป่วยโรคเบาหวานทั่วโลก

### World diabetes

ตารางสรุปรายประเทศ: ค่าประมาณการปี 2557

ประเทศ/พื้นที่	จำนวนผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน (ช่วงอายุ 20-79 ปี) นับเป็น 1000	จำนวนผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานที่ไม่ได้รับการวินิจฉัย (ช่วงอายุ 20-79 ปี) นับเป็น 1000	ความชุกของโรคเบาหวานในระดับประเทศ (%)	ความชุกเปรียบเทียบของโรคเบาหวาน (%)	ความตายที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน (ช่วงอายุ 20-79 ปี)	ค่าใช้จ่าย/ผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน* (ดอลลาร์สหรัฐ)
แอฟริกา	21,502.74	13,443.98	5.05	5.86	480,884.31	208.07
แองโกลา	184.48	84.86	1.99	2.61	4,456.86	390.74
เบนิน	66.29	49.78	1.34	1.54	1,221.41	64.50
บอตสวานา	30.59	14.07	2.72	3.9	1,118.15	657.69
บูร์กินาฟาโซ	243.18	182.59	3.2	3.72	6,264.55	73.87
บุรุนดี	195.92	147.11	4.17	4.83	4,829.10	38.21
กานูเวร์ดี	15.61	7.18	5.26	5.85	157.30	227.14
แคเมอรูน	515.28	237.03	4.9	5.92	13,821.95	108.87
สาธารณรัฐแอฟริกากลาง	150.18	112.76	6.49	7.34	3,933.98	31.15
ชาด	264.61	198.68	4.95	5.77	6,925.95	61.17
คองโก	24.51	18.40	6.82	8.38	284.41	65.86
โกตดิวัวร์	490.17	225.48	4.94	5.56	11,883.88	162.43
สาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโก	2,035.87	1,528.63	6.65	7.56	33,618.92	28.34
จิบูตี	28.15	12.95	5.67	6.36	532.56	214.95
อิเควทอเรียลกินี	20.49	10.25	5.16	6.13	436.77	2,036.62
เอริเทรีย	149.66	112.37	4.89	5.73	1,719.59	27.52
เอธิโอเปีย	2,134.99	1,603.06	4.84	5.47	34,262.16	32.73
กาบอง	78.31	36.02	9.05	10.71	1,298.68	637.62
แกมเบีย	12.88	9.67	1.56	1.96	198.03	51.08
กานา	450.02	337.89	3.34	3.8	8,528.49	148.42
กินี	218.55	164.10	3.86	4.37	3,964.69	59.19
กินี-บิสเซา	27.81	20.88	3.32	3.79	660.15	55.60

เคนยา	775.21	582.07	3.6	4.54	15,522.51	81.79
เลโซโท	39.80	18.31	3.69	4.5	1,866.80	246.59
ไลบีเรีย	68.47	51.41	3.34	3.79	1,375.42	123.21
มาดากัสการ์	361.01	271.06	3.3	3.73	5,298.43	34.45
มาลาวี	389.68	292.59	5.32	5.59	12,799.49	46.38
มาลี	85.25	64.01	1.29	1.6	1,971.74	86.52
มาริตเนีย	94.89	43.65	4.82	5.22	1,287.55	93.02
โมซัมบิก	286.10	214.82	2.47	2.82	10,103.84	73.44
นามิเบีย	65.96	30.34	5.33	6.86	1,386.41	803.53
ไนเจอร์	318.19	238.91	4.35	4.18	5,554.94	49.06
ไนจีเรีย	3,746.51	1,723.39	4.64	5.27	105,090.67	178.39
สาธารณรัฐ คองโก	112.50	51.75	5.26	5.91	2,549.26	183.78
เรอูนียง	96.21	44.26	16.63	15.39	-	-
รวันดา	299.13	224.60	5.45	6.25	5,464.11	123.80
เซาตูเม และปรินซิปี	4.79	2.20	5.03	5.88	61.72	196.22
เซเนกัล	291.98	134.31	4.4	5.14	3,474.27	95.69
เซเชลส์	7.84	3.61	12.26	11.98	90.70	661.19
เซียร์ราลีโอน	97.62	73.30	3.28	3.76	2,890.58	179.65
โซมาเลีย	290.68	218.26	6.45	7.29	5,152.57	22.53
แอฟริกาใต้	2,713.38	1,248.16	8.39	9.36	68,977.45	948.54
เซาท์ซูดาน	464.13	213.50	8.43	10.08	8,015.04	-
สวาซิแลนด์	22.64	10.41	3.55	4.33	1,378.35	473.18
โตโก	133.02	99.87	3.99	4.72	2,516.19	73.10
ยูกันดา	693.19	520.48	4.42	5.19	17,570.10	87.74
สหสาธารณรัฐ แทนซาเนีย	1,794.84	1,347.65	7.95	9.15	36,065.17	75.36
เวสเทิร์นสะฮารา	40.16	30.15	10.46	11.15	-	-
แซมเบีย	266.89	122.77	4.2	5.04	7,599.31	191.30
ซิมบับเว	605.12	454.35	8.48	9.34	16,704.11	58.61

ยุโรป	51,978.31	17,192.09	7.87	6.24	537,016.07	2,775.98
แอลเบเนีย	64.07	19.42	2.93	2.57	869.60	334.46
อันดอร์รา	4.44	1.51	7.44	5.35	31.02	3,524.26
อาร์มีเนีย	58.28	17.67	2.78	2.58	1,026.17	216.20
ออสเตรีย	573.89	195.15	8.97	6.29	4,335.31	6,137.21
อาเซอร์ไบจาน	156.49	47.45	2.39	2.56	2,395.19	630.62
เบลารุส	445.96	135.22	6.3	5.07	7,540.95	429.41
เบลเยียม	506.93	172.38	6.33	4.66	4,075.74	5,678.98
บอสเนียและ เฮอร์เซโกวีนา	343.24	104.07	12.01	9.6	3,335.80	523.72
บัลแกเรีย	402.79	122.13	7.27	5.04	6,299.21	611.64
หมู่เกาะแซนเนล	9.04	3.07	7.36	5.39	-	-
โครเอเชีย	219.65	74.69	6.86	5.52	2,106.76	1,060.64
ไซปรัส	87.06	29.61	10.24	9.26	488.10	2,295.60
สาธารณรัฐเช็ก	729.01	247.90	8.87	6.59	7,264.00	1,669.56
เดนมาร์ก	337.39	114.73	8.3	6.05	3,098.14	7,505.37
เอสโตเนีย	73.13	24.87	7.65	5.65	932.17	1,198.29
หมู่เกาะแฟโร	2.83	0.96	7.77	5.38	-	-
ฟินแลนด์	352.64	119.91	8.9	5.77	2,893.93	4,824.07
ฝรั่งเศส	3,241.34	1,102.22	7.17	5.16	26,182.96	5,600.24
จอร์เจีย	97.61	29.60	3.11	2.55	1,542.48	444.01
เยอรมนี	7,279.35	2,475.34	11.52	7.93	59,542.78	4,943.62
กรีซ	585.39	199.06	7.04	4.81	4,735.19	2,354.47
ฮังการี	565.40	171.43	7.51	5.94	7,383.39	1,158.60
ไอซ์แลนด์	9.21	3.13	4	3.2	59.93	5,207.42
ไอร์แลนด์	207.64	70.61	6.41	5.37	1,528.53	4,977.38
อิสราเอล	309.12	105.12	6.43	5.46	2,300.33	3,294.68
อิตาลี	3,515.80	1,195.55	7.71	4.93	23,061.94	3,371.23
คาซัคสถาน	536.40	162.64	4.92	5.01	9,927.87	817.41
คีร์กีซสถาน	169.59	84.79	5.08	6.3	2,786.09	135.08
ลัตเวีย	104.04	35.38	6.74	4.98	1,240.91	954.66
ลิทัวเนีย	2.13	0.73	7.8	5.4	13.41	-

ลิทัวเนีย	109.48	37.23	4.84	3.82	1,704.33	1,098.05
ลักเซมเบิร์ก	22.40	7.62	5.77	4.53	169.78	9,423.69
มอลตา	35.22	11.98	10.69	7.33	269.39	2,113.78
มอลโดวา (สาธารณรัฐ)	74.69	22.65	2.87	2.52	1,361.85	333.04
โมนาโก	2.15	0.73	7.69	5.35	14.33	7,711.76
มอนเตเนโกร	53.83	16.32	12	9.82	636.35	-
เนเธอร์แลนด์	886.70	301.52	7.24	5	7,203.56	6,943.11
นอร์เวย์	249.20	84.74	6.93	5.24	1,657.68	11,144.28
โปแลนด์	2,049.06	696.78	7.08	5.63	20,535.28	1,061.83
โปรตุเกส	1,042.39	354.47	13.09	9.59	7,994.34	2,011.88
โรมาเนีย	1,530.25	463.97	9.28	7.99	17,285.55	490.64
สหพันธรัฐรัสเซีย	6,762.51	2,299.59	6.23	5.03	123,483.18	1,120.69
ซานมารีโน	1.75	0.60	7.43	5.35	12.21	4,370.14
เซอร์เบีย	844.08	255.92	11.96	9.75	9,965.88	666.93
สโลวาเกีย	387.26	131.69	9.28	7.21	4,892.20	1,633.93
สโลวีเนีย	158.81	54.00	10.03	7.17	1,433.85	2,183.93
สเปน	3,704.07	1,259.57	10.58	7.85	24,427.96	3,090.59
สวีเดน	426.80	145.13	6.14	4.51	2,929.02	6,308.58
สวิตเซอร์แลนด์	438.05	148.96	7.18	5.63	2,486.90	10,592.28
ทาจิกิสถาน	202.82	101.41	4.54	6.44	2,617.81	96.09
อดีตสาธารณรัฐ ยูโกสลาฟ มาซิโดเนีย	180.18	54.63	11.44	9.76	1,914.24	403.05
ตุรกี	7,227.45	2,191.36	14.71	14.84	59,755.22	895.00
เติร์กเมนิสถาน	133.87	40.59	4.08	5.01	2,540.03	219.53
ยูเครน	1,099.86	333.48	3.17	2.58	20,486.38	377.12
สหราชอาณาจักร	2,452.83	834.09	5.38	3.9	21,406.14	4,466.07
อุซเบกิสถาน	912.73	276.74	5.1	6.43	12,834.68	166.09



<b>ตะวันออกกลาง และแอฟริกาเหนือ</b>	<b>36,790.04</b>	<b>17,862.20</b>	<b>9.72</b>	<b>11.26</b>	<b>362,819.53</b>	<b>457.89</b>
อัฟกานิสถาน	805.22	402.61	6.15	8.07	18,513.73	101.75
แอลจีเรีย	1,649.07	824.54	6.54	7.29	14,043.57	422.87
บาห์เรน	170.57	69.42	17.53	21.87	820.11	1,195.52
อียิปต์	7,593.27	3,796.64	15.42	16.56	72,371.82	213.20
อิหร่าน (สาธารณรัฐ อิสลาม)	4,581.61	2,290.80	8.64	10.01	38,078.83	721.97
อิรัก	1,291.21	645.61	7.55	9.6	17,773.35	399.90
จอร์แดน	378.26	189.13	8.89	11.45	3,111.45	638.74
คูเวต	424.04	172.59	17.87	23.13	1,232.25	1,949.05
เลบานอน	494.29	247.14	14.36	14.92	6,358.10	834.29
ลิเบีย	326.82	163.41	8.54	9.79	2,701.96	908.04
โมร็อกโก	1,552.17	776.08	7.45	7.88	9,517.58	289.25
โอมาน	220.64	89.80	8.16	14.49	1,220.17	1,068.50
ปากีสถาน	6,943.79	3,471.89	6.8	7.93	87,547.56	55.75
กาตาร์	303.72	123.62	16.28	19.78	643.37	2,748.23
ซาอุดีอาระเบีย	3,806.37	1,549.19	20.52	23.9	25,526.76	1,067.32
รัฐปาเลสไตน์	140.87	70.43	6.58	9.16	-	-
ซูดาน	3,007.55	1,503.78	16.15	17.91	39,226.63	180.86
สาธารณรัฐ อาหรับซีเรีย	875.71	437.85	7.4	8.79	8,013.46	181.16
ตูนิเซีย	704.35	352.18	9.33	9.41	5,122.80	418.55
สหรัฐ อาหรับเอมิเรตส์	803.94	327.20	10.68	19.02	1,335.08	1,967.44
เยเมน	716.57	358.28	5.96	8.25	9,660.95	131.29
<b>อเมริกาเหนือ และแคริบเบียน</b>	<b>38,832.42</b>	<b>10,511.56</b>	<b>11.45</b>	<b>9.9</b>	<b>297,223.33</b>	<b>7,983.95</b>
แองกวิลลา	1.22	0.30	13.15	12.62	-	-
แอนติกา และบาร์บูดา	7.94	2.20	13.43	13.08	94.99	927.62

อารุบา	12.08	3.35	16.24	13.03	-	-
บาฮามาส	34.87	9.66	13.14	12.84	344.94	2,180.91
บาร์เบโดส	30.53	8.46	14.78	12.35	269.98	1,141.45
เบลีซ	25.47	6.37	13.52	15.88	261.53	404.45
เบอร์มิวดา	6.90	1.91	14.94	12.77	-	-
หมู่เกาะบริติช เวอร์จิน	2.37	0.59	12.96	12.62	-	-
แคนาดา	3,033.63	840.62	11.62	9.41	17,923.48	6,741.48
หมู่เกาะเคย์แมน	5.02	1.39	13.24	12.77	-	-
กือราเซา	18.23	5.05	15.9	12.82	-	-
ดอมินีกา	5.31	1.33	11.47	10.99	47.72	543.35
เกรเนดา	5.55	1.39	8.39	9.22	81.87	718.23
กัวเดอลุป	25.18	6.29	7.94	6.33	-	-
กายอานา	61.76	15.44	14.26	15.84	1,025.30	372.02
เฮติ	318.26	93.57	5.61	6.7	6,313.72	91.06
จาเมกา	183.82	45.96	10.76	10.53	1,828.49	460.98
มาร์ตีนิก	45.67	12.65	16.08	12.82	-	-
เม็กซิโก	9,018.62	2,254.65	11.92	12.63	68,659.76	892.53
มอนต์เซอร์รัต	0.45	0.12	13.74	13.06	-	-
เซนต์คิตส์ และเนวิส	4.64	1.28	13.21	12.55	58.67	1,120.01
เซนต์ลูเชีย	10.23	2.56	8.51	8.31	93.24	794.52
เซนต์วินเซนต์ และเกรนาดีนส์	6.99	1.75	9.91	9.95	87.10	493.92
ซินต์มาร์เติน (ส่วนของดัทช์)	3.90	1.08	13.23	12.77	-	-
ซูรินาม	36.74	9.19	10.74	10.83	463.08	762.50
ตรินิแดดและ โตเบโก	135.59	37.57	14.17	13.09	1,461.09	1,238.60
สหรัฐอเมริกา	25,779.34	7,143.46	11.39	9.39	198,208.37	10,902.17
หมู่เกาะเวอร์จิน ของสหรัฐอเมริกา	12.10	3.35	16.24	12.1	-	-

<b>อเมริกาใต้ และอเมริกากลาง</b>	<b>24,793.30</b>	<b>6,782.99</b>	<b>8.11</b>	<b>8.18</b>	<b>219,050.30</b>	<b>1,155.66</b>
อาร์เจนตินา	1,626.07	451.72	5.97	5.65	15,220.51	1,422.73
โบลิเวีย (รัฐพหุชนชาติ แห่งโบลิเวีย)	371.09	103.09	6.3	7.28	4,694.31	252.08
บราซิล	11,623.32	3,228.96	8.68	8.7	116,382.56	1,527.57
ชิลี	1,513.41	325.53	12.32	11.19	8,956.43	1,427.04
โคลอมเบีย	2,191.92	608.92	7.17	7.26	14,168.18	805.03
คอสตาริกา	305.73	84.93	9.27	9.5	1,590.15	1,364.45
คิวบา	702.39	195.12	8.37	6.7	5,920.69	704.68
สาธารณรัฐ โดมินิกัน	669.86	186.09	10.74	11.35	7,888.33	466.05
เอกวาดอร์	544.39	151.23	5.71	5.91	4,540.90	562.53
เอลซัลวาดอร์	386.79	107.45	10.55	11.75	3,675.70	377.29
เฟรนช์เกียนา	12.11	3.37	8.16	8.54	-	-
กัวเตมาลา	679.99	188.90	8.93	10.84	7,964.67	385.38
ฮอนดูรัส	420.78	116.89	9.53	11.69	2,774.20	319.71
นิการากัว	356.10	98.92	10.32	12.45	3,166.62	221.27
ปานามา	202.16	56.16	8.36	8.54	1,396.92	1,096.20
ปารากวัย	243.78	67.72	6.2	7	2,242.00	658.24
เปรู	1,143.59	317.69	6.1	6.54	7,650.27	523.53
เปอร์โตริโก	397.13	110.05	15.5	12.98	-	-
อุรุกวัย	150.26	32.32	6.58	5.76	1,040.09	1,742.08
เวเนซุเอลา (สาธารณรัฐ โบลีเวีย แห่งเวเนซุเอลา)	1,252.44	347.93	6.58	6.86	9,777.78	935.45

<b>เอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียง</b>	<b>74,957.00</b>	<b>39,581.63</b>	<b>8.33</b>	<b>8.83</b>	<b>1,185,208.36</b>	<b>92.17</b>
บังกลาเทศ	5,982.18	2,979.12	6.34	6.89	111,371.48	42.59
ภูฏาน	23.39	12.42	4.94	5.83	124.36	149.99
อินเดีย	66,846.88	35,495.69	8.63	9.11	1,039,980.44	94.96
มัลดีฟส์	17.05	9.05	7.97	9.41	108.51	869.63
มอริเชียส	209.71	111.36	23.5	21.15	2,460.75	485.03
เนปาล	700.74	348.97	4.58	4.96	14,778.47	60.00
ศรีลังกา	1,177.05	625.01	8.32	7.8	16,384.35	122.57
<b>แปซิฟิกตะวันตก</b>	<b>137,813.47</b>	<b>73,837.24</b>	<b>8.45</b>	<b>7.89</b>	<b>1,821,496.24</b>	<b>732.91</b>
ออสเตรเลีย	859.19	463.53	5.14	4.08	4,962.91	7,931.05
บรูไน	21.57	11.64	7.69	8.03	224.87	1,384.01
ดารุสซาลาม						
กัมพูชา	229.42	144.63	2.56	2.96	5,534.27	88.13
จีน	96,288.03	51,273.38	9.32	8.64	1,205,922.56	421.32
หมู่เกาะคุก	3.12	1.68	25.44	25.54	11.34	637.94
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนเกาหลี	1,163.48	733.46	6.68	6.15	27,890.18	-
ฟีจี	58.77	31.30	10.71	10.88	1,053.34	263.29
เฟรนช์โปลินีเซีย	47.16	25.44	24.83	24.42	-	-
กวม	22.61	12.20	21.13	20.05	-	-
เขตบริหารพิเศษฮ่องกง (จีน)	568.38	306.64	9.92	7.66	-	1,811.37
อินโดนีเซีย	9,116.03	4,854.29	5.81	6.03	175,936.01	174.71
ญี่ปุ่น	7,212.05	3,890.90	7.6	5.12	64,714.52	4,908.07
คิริบาส	14.22	7.57	23.89	26.43	145.15	246.04
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	149.28	94.11	4.06	5.03	3,709.74	74.24
เขตบริหารพิเศษมาเก๊า (จีน)	43.08	23.24	9.33	8.63	-	1,026.77

มาเลเซีย	3,225.17	1,717.40	16.61	17.64	34,421.92	565.35
หมู่เกาะ มาร์แชลล์	11.85	6.31	37.37	37.06	229.16	654.27
ไมโครนีเชีย (สหพันธรัฐ)	16.64	8.86	30.75	36.3	170.35	516.00
มองโกเลีย	133.75	71.22	7.27	7.5	2,961.76	336.88
พม่า	2,050.98	1,292.94	5.79	6.14	60,517.69	30.87
นาอูรู	1.42	0.76	23.47	23.27	21.71	722.50
นิวแคลิโดเนีย	37.61	20.29	21.34	20.06	-	-
นิวซีแลนด์	384.32	207.34	12.14	9.9	2,326.36	3,883.23
นีอูเอ	0.10	0.05	13.11	13.4	0.75	1,819.96
ปาเลา	2.38	1.27	18.72	18.46	27.12	1,289.47
ปาปัวนิวกินี	200.94	107.00	5.22	6.33	4,932.38	209.04
ฟิลิปปินส์	3,273.59	1,743.18	5.89	6.71	53,548.95	205.50
สาธารณรัฐ เกาหลี	2,767.69	1,493.17	7.33	5.97	27,804.63	2,144.39
ซามัว	6.98	3.72	7.16	7.64	160.80	429.32
สิงคโปร์	533.63	287.89	12.83	10.79	4,246.69	2,858.02
หมู่เกาะ โซโลมอน	37.93	20.20	13.51	16.12	495.33	236.73
ไต้หวัน	1,757.05	947.93	9.92	8.3	-	1,219.33
ไทย	4,175.55	2,223.48	8.45	7.36	84,347.71	285.43
ติมอร์-เลสเต	26.20	13.95	5.6	6.76	589.60	105.23
โตเกเลา	0.22	0.12	29.81	29.64	-	-
ตองกา	7.41	3.95	13.79	14.76	110.49	360.78
ตูวาลู	0.90	0.48	15.35	15.33	15.73	801.34
วานูอาตู	28.63	15.24	21	23.71	356.47	165.06
เวียดนาม	3,336.12	1,776.49	5.33	5.71	54,105.77	149.89
<b>โลก</b>	<b>386,667.28</b>	<b>179,211.69</b>	<b>8.33</b>	<b>8.19</b>	<b>4,903,698.14</b>	<b>1,583.31</b>

## คำนิยาม

### ความชุก

คือสัดส่วนของคนจากจำนวนประชากรทั้งหมดที่เป็นโรคหรือเจ็บป่วย ณ เวลาหนึ่ง (อาจเป็นจุดหนึ่งของเวลาหรือระยะเวลาหนึ่ง)

### ความชุกเปรียบเทียบ

คำนวณโดยใช้สมมติฐานว่าทุกประเทศและทุกพื้นที่ที่มีประชากรอายุเดียวกันซึ่งตรงกันกับข้อมูลอายุของจำนวนประชากรโลก ความชุกเปรียบเทียบควรใช้ในการเปรียบเทียบประเทศและพื้นที่ และไม่ควรใช้ในการประเมินสัดส่วนที่แท้จริงของคนที่เป็นโรคเบาหวานในประเทศหรือพื้นที่

### ความชุกระดับประเทศหรือพื้นที่

บ่งชี้ค่าร้อยละที่แท้จริงของจำนวนประชากรที่เป็นโรคเบาหวานในแต่ละประเทศหรือแต่ละพื้นที่ เหมาะสำหรับการประเมินภาวะโรคเบาหวานของแต่ละประเทศหรือพื้นที่ แต่ไม่เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบประเทศหรือพื้นที่ที่มีโครงสร้างอายุต่างกัน

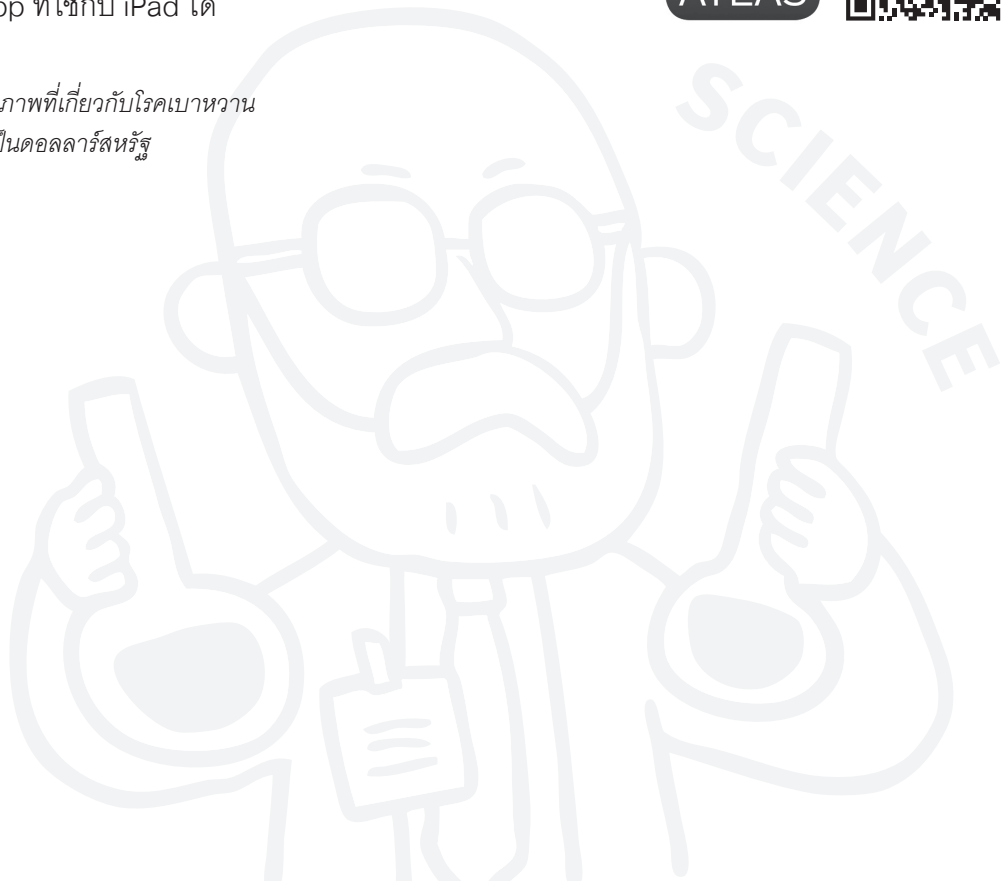
ตัวเลขที่รายงานทั้งหมดสื่อถึงประชากรผู้ใหญ่ที่อายุระหว่าง 20-79 ปี

### หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติม

เชิญชมรายละเอียดที่ [www.idf.org/diabetesatlas](http://www.idf.org/diabetesatlas) หรือสแกน QR code สำหรับ app ที่ใช้กับ iPad ได้



\* ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายเพื่อการดูแลสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวานต่อผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานรายคน คิดเป็นดอลลาร์สหรัฐ



## บัตรคำเรื่อง: สาเหตุของเบาหวาน

### Causes of diabetes

#### สาเหตุของโรคเบาหวาน – บัตรคำ

รับประทานน้ำตาล มากเกินไป	รับประทานไขมัน มากเกินไป
พันธุกรรม	ดื่มน้ำมากเกินไป
รับประทานผลไม้ มากเกินไป	มีงานอดิเรกเป็น การสร้างกล้ามเนื้อ (bodybuilding)
มีพ่อเป็น เบาหวานชนิดที่ 1	มีพ่อหรือแม่ ที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2
ดื่มแอลกอฮอล์ มากเกินไป	ใช้ยาผิดกฎหมาย
รับประทานข้าว มากเกินไป	รับประทานผลไม้หรือผัก ไม่เพียงพอ
ต้ออ่อน ทำงานบกพร่อง	ต้อ ทำงานได้ไม่ดี
เป็นโรคอ้วน	เป็นโรคอะนารีออกเซีย (โรคผอม)
ผลิตอินซูลิน มากเกินไป	ผลิตฮอร์โมนกลูคากอน มากเกินไป
ผลิตอินซูลิน ไม่เพียงพอ	ผลิตอะดรีนาลิน มากเกินไป
ผลิตฮอร์โมนกลูคากอน ไม่เพียงพอ	ผลิตอะดรีนาลิน ไม่เพียงพอ

## ใบความรู้เรื่อง: การสร้างแบบสอบถาม

### Developing a questionnaire

#### การสร้างแบบสอบถาม

##### งานที่ 1 – คิดเกี่ยวกับแบบสอบถาม

ก่อนที่จะสร้างแบบสอบถามขึ้นมา นักเรียนต้องคิดก่อนว่าต้องการหาข้อมูลอะไรและจะถามใคร นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาด้วยว่าควรถามคำถามประเภทใดเพื่อจะได้ข้อมูลที่นักเรียนต้องการ

ในการสร้างแบบสอบถาม สิ่งสำคัญคือการตัดสินใจเลือกประเภทของคำถามเพื่อจะได้รับข้อมูลในแบบที่ต้องการ

- หากถามคำถามแบบปลายเปิด- ผู้ตอบคำถามจะต้องเขียนหรือบอกคำตอบนั้น แบบสอบถามที่ใช้คำถามแบบปลายเปิดจะทำให้ได้รับคำตอบที่มีรายละเอียดมาก แต่ก็ยากที่จะนำข้อมูลมาเรียบเรียงเปรียบเทียบ นำเสนอ วิเคราะห์ และหาข้อสรุป คำถามแบบปลายเปิดผู้ตอบคำถามสามารถให้คำตอบในแบบลายลักษณ์อักษรหรือปากเปล่าก็ได้
- หากถามคำถามแบบปลายปิด- ผู้ตอบจะต้องเลือกตอบว่า ใช่/ไม่ใช่ หรือ จริง/ไม่จริง หรือเลือกจากตัวเลือกที่มีให้ (แบบทดสอบแบบเลือกตอบ) หรือเรียงลำดับข้อความ แบบสอบถามที่เป็นคำถามแบบปลายปิดจะให้ข้อมูลที่มีรายละเอียดน้อย แต่ง่ายในการนำข้อมูลมาเรียบเรียงเปรียบเทียบ นำเสนอ วิเคราะห์ และหาข้อสรุป คำถามแบบปิดจะให้ข้อมูลที่เป็นตัวเลข

##### งานที่ 2 – การร่างคำถาม

ตัวอย่าง: อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มว่าจะใช้แบบสอบถามอย่างไรเพื่อทราบความคิดเห็นของผู้อื่นเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ได้อย่างดีที่สุด

- นักเรียนต้องการรู้ข้อมูลอะไร
- นักเรียนจะถามอะไร
- นักเรียนจะถามคำถามประเภทใด เพราะอะไร
- หากนักเรียนถามคำถามแบบปลายปิด:

- ▶ นักเรียนจะใช้ระดับตัวเลขอย่างไร นักเรียนจะมีตัวเลขตรงกลางหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ▶ นักเรียนจะใช้การเรียงลำดับข้อความอย่างไร? การทำเช่นนี้จะเป็นประโยชน์ในต่อนิด

ในกลุ่มของนักเรียนช่วยกันร่างคำถาม 15 – 20 ข้อที่จะนำไปใช้ในแบบสอบถามเพื่อถามความคิดเห็นของผู้อื่นเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์

##### งานที่ 3 – การเขียนแบบสอบถาม

เมื่อร่างคำถาม 15 - 20 ข้อแล้วพิมพ์คำถามเหล่านั้นในรูปแบบที่อ่านง่ายเพื่อให้ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างสะดวก อาจดูตัวอย่างจากแบบสอบถามในอินเทอร์เน็ตหรือผู้สอนอาจจะมีตัวอย่างให้เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนรู้วิธีวางรูปแบบอย่างถูกต้อง ทำสำเนาไว้สำหรับผู้ตอบแบบสอบถามประมาณ 40-50 ฉบับ

##### งานที่ 4 – การใช้แบบสอบถาม

เลือกผู้ตอบแบบสอบถาม 40 – 50 คนจากกลุ่มผู้ฟังที่เลือก ในแต่ละกลุ่มช่วยกันนับและเรียบเรียงข้อมูลที่รวบรวมได้ นำข้อมูลที่ได้จากแต่ละข้อมารวมกันไว้ในแบบสอบถามเปล่าหนึ่งฉบับ

- นักเรียนเคยเห็นข้อมูล ข้อความ และตัวเลข เช่นนี้แสดงอยู่ในที่ใดมาก่อนหรือไม่ ข้อมูลเหล่านั้นมาจากหัวข้อเรื่องใดหรือบริบทใด?
- นักเรียนจะแสดงแนวโน้มต่างๆ ของข้อมูลได้อย่างไร นักเรียนจะรู้ได้อย่างไร
- นักเรียนจะใช้กราฟหรือแผนภูมิประเภทใด เพราะอะไร
- นักเรียนจะนำเสนอข้อมูลทางสถิติและข้อมูลที่เป็นเนื้อหาที่รวบรวมมาได้ได้อย่างไร
- วิธีการที่ดีที่สุดสำหรับคำถามแต่ละข้อคืออะไร เพราะเหตุใด



### งานที่ 5 – การนำเสนอสิ่งที่ค้นพบ

นักเรียนตัดสินใจว่าจะนำเสนอข้อมูลที่เป็นเนื้อหา และข้อมูลตัวเลขที่รวบรวมจากคำถามแต่ละข้ออย่างไร และจัดบันทึกไว้ในแบบสอบถามเปล่า

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันกำหนดบทบาทให้สมาชิกในกลุ่มแต่ละคน เพื่อจะได้หาข้อสรุปและบันทึกข้อสรุปนั้นๆ

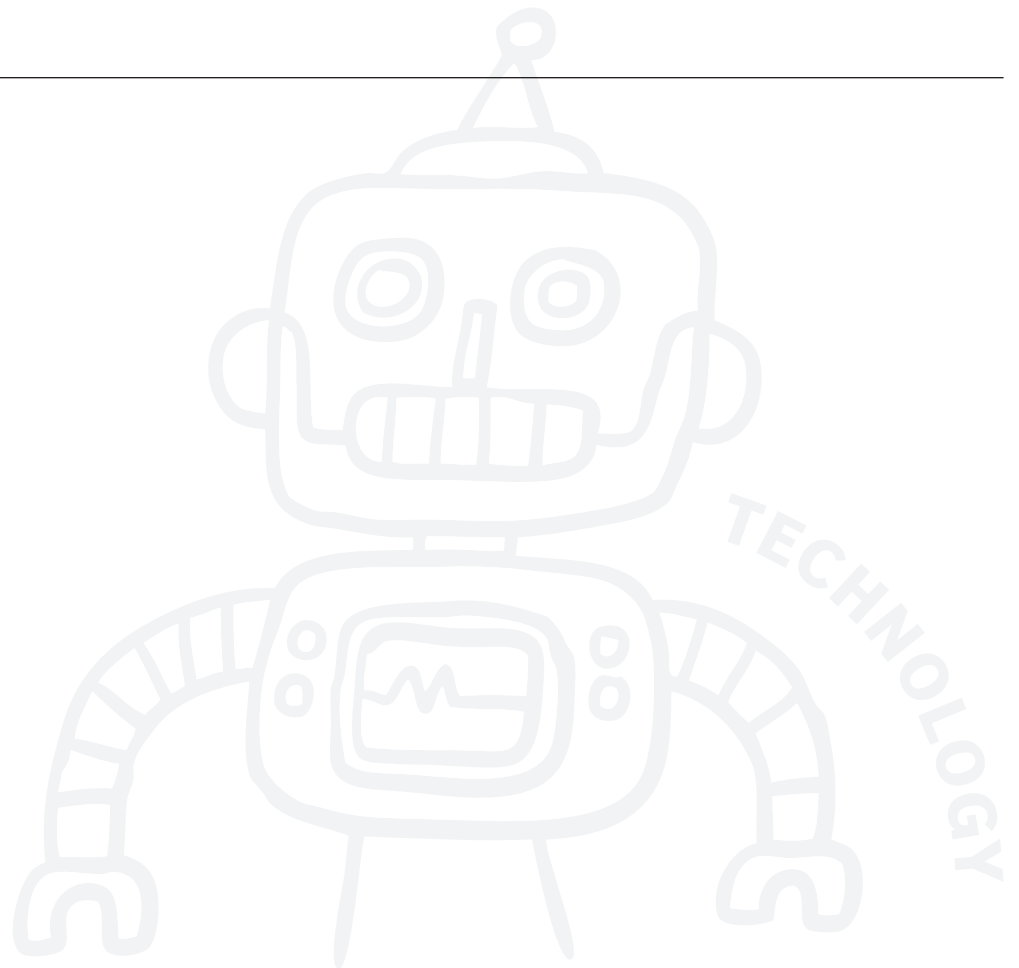
- สมาชิกหนึ่งคนหรือสองคนใดในกลุ่ม จะทำหน้าที่นำเสนอข้อมูลที่ค้นพบ
- นักเรียนจะเรียงลำดับการนำเสนอข้อมูลต่างๆ อย่างไร
- การนำเสนอแต่ละเรื่องควรจะอยู่ในลำดับใด และเพราะอะไร
- มีคำถามข้อใดทำให้นักเรียนได้ข้อมูลที่ไม้อาจนำมาใช้งานได้หรือไม่ เพราะเหตุใด นักเรียนจะปรับปรุงคำถามเหล่านี้ได้อย่างไร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์

### งานที่ 6 – การสรุปสิ่งที่ค้นพบ

ทำสรุปย่อเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนค้นพบ อภิปรายร่วมกับสมาชิกในกลุ่มว่าสิ่งที่ค้นพบนี้บอกอะไรกับตนเองบ้าง พิจารณาข้อค้นพบจากแต่ละคำถามตามลำดับ

- สิ่งนี้บอกอะไรกับเรา เรารู้ได้อย่างไร เราควรเปลี่ยนแปลงแนวคิดเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์นี้ อย่างไร เพราะเหตุใด

เตรียมการนำเสนอข้อมูลเพื่ออธิบายว่านักเรียน จะเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการทำสิ่งประดิษฐ์จักรยาน อย่างไร เพราะอะไร การเตรียมตัวเพื่อนำเสนอให้กับสมาชิกในชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มมีเวลาเพียงสองนาที เพราะฉะนั้นนักเรียนควรแน่ใจว่าจะนำเสนอเฉพาะ ประเด็นที่สำคัญที่สุดเท่านั้น



## ใบความรู้เรื่อง: สิ่งประดิษฐ์จากกุ๊กกิล

### Google invention

#### Google invention

#### สิ่งประดิษฐ์จากกุ๊กกิล

วิธีการรักษาโรคเบาหวานล่าสุดคือ การหมั่นตรวจสอบสุขภาพอย่างต่อเนื่อง เช่น การตรวจสอบกลูโคสต่อเนื่อง Continuous glucose monitoring (CGM) ตัวอย่างที่ชัดเจนคือข้อเสนอล่าสุดของกุ๊กกิลที่จะให้มีเซนเซอร์ที่ระปลูกถ่ายเข้าไปในคอนแทคเลนส์เพื่อค้นหาระดับกลูโคสในน้ำตาและส่งต่อข้อมูลนั้นไปยังปั๊ม

ในร่างกายของคนไข้ ปั๊มจะฉีดอินซูลินซึ่งเป็นฮอร์โมนที่หายไปในระดับที่จำเป็น เครื่องมือนี้ช่วยให้ไม่ต้องทดสอบเลือดทุกวันและไม่ต้องฉีดยาซึ่งจำเป็นต่อโรคเบาหวานบางชนิด ปัญหาโรคเบาหวานจะสามารถแก้ไขได้ด้วยคอนแทคเลนส์จริงหรือ



ดัดแปลงจาก <http://pulse.embs.org/may-2014/biosensors-diabetes/>



## คณะผู้จัดทำ

### ที่ปรึกษา

ดร.สุเทพ ชิตยวงษ์  
นายวณิชย์ อ่วมศรี

เลขาธิการคณะกรรมการการอาชีวศึกษา  
รองเลขาธิการคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

### คณะผู้จัดทำและเรียบเรียง

1. Ms. Julie Addis
2. Mr. Dewi Roberts
3. Mr. Mark Howell Thomas

ผู้เชี่ยวชาญจากสหราชอาณาจักรจากบริษัท Think Learn Challenge  
ผู้เชี่ยวชาญจากสหราชอาณาจักรจากบริษัท Think Learn Challenge  
ผู้เชี่ยวชาญจากสหราชอาณาจักรจากบริษัท Think Learn Challenge

### คณะผู้ตรวจสอบและกลั่นกรอง

1. นางเจิดฤดี ชินเวโรจน์
2. นายสุเทพ ยงยุทธ์
3. นางชนิษฐา โสภานนท์
4. นายจิระ เฉลิมศักดิ์
5. นายพงษ์ศักดิ์พิล ทาแก้ว
6. นางนงลักษณ์ คงศิริ
7. นายพงษ์ศาสตร์ อภิธรรมพงศ์
8. นางสาววรรณิการ์ ชุมภูแก้ว
9. นางสาวชัชฎาภรณ์ คงงาม
10. นางสาวชุตินา ไชคณกวีพัฒนา
11. นางสาวประทีน เลียนจำรูญ
12. นางสาวสมปอง ตุ่มวารี่
13. นางสาววิภาดา ตระกูลโต
14. บริติช เคานซิล ประเทศไทย

ผู้อำนวยการสำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ  
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพังงา  
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน  
ผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาเทคโนโลยีฐานวิทยาศาสตร์ (ชลบุรี)  
ผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาสิงห์บุรี  
รองผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาสิงห์บุรี  
รองผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุรนารี  
วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน  
วิทยาลัยอาชีวศึกษาเทคโนโลยีฐานวิทยาศาสตร์ (ชลบุรี)  
วิทยาลัยเทคนิคสุรนารี  
วิทยาลัยเทคนิคพังงา  
สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ  
สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ





บริติช เคานซิล ประเทศไทย  
254 ซ.จุฬาลงกรณ์ 64 สยามสแควร์  
ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
โทรศัพท์: +66 (0)2 657 5678  
โทรสาร: +66 (0)2 253 5311  
อีเมล: newtonfund@britishcouncil.or.th

เว็บไซต์: [www.britishcouncil.or.th](http://www.britishcouncil.or.th)  
[www.newtonfund.ac.uk](http://www.newtonfund.ac.uk)



สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา  
319 ถนนราชดำเนินนอก  
แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300  
โทรศัพท์: +66 (0)2 281 5555  
โทรสาร: +66 (0)2 282 0855

เว็บไซต์: <http://www.vec.go.th>