



บริการของอุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ศูนย์ความร่วมมือภาคอุตสาหกรรม
Office of Industrial Liaison : OIL



ห้องปฏิบัติการเพื่อให้บริการภาคอุตสาหกรรม
Strengthen Laboratory



ศูนย์ออกแบบนวัตกรรม
Innovation Design Center



โครงการพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยี
และวิจัยของภาคเอกชนในพื้นที่
Industrial Research and Technology Capacity
Development Program : IRTC



ศูนย์บ่มเพาะธุรกิจวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม
Science Technology and Innovation
Incubation Center : TBI

เกี่ยวกับผู้เขียน



รองศาสตราจารย์ ดร. คงศักดิ์ ศรีแก้ว
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
E-mail : khongsak@psru.ac.th

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรี วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ปริญญาโท M.App.Sc. (Food Science and Technology)
University of Western Sydney ออสเตรเลีย
- ปริญญาเอก Ph.D. (Food Science) University of Newcastle ออสเตรเลีย



ผลงานวิชาการที่เผยแพร่



200 บาท

ดัชนีน้ำตาล : หลักการและการประยุกต์ใช้

คงศักดิ์ ศรีแก้ว



SCIENCEPARK
PIBULSONGKRAM RAJABHAT UNIVERSITY

ดัชนีน้ำตาล : หลักการและการประยุกต์ใช้



คงศักดิ์ ศรีแก้ว

ดัชนีน้ำตาล :
หลักการและการประยุกต์ใช้

คงศักดิ์ ศรีแก้ว

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

คงศักดิ์ ศรีแก้ว.

ดัชนีน้ำตาล : หลักการและการประยุกต์ใช้--พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 2563.

168 หน้า.

1. น้ำตาล. 2. อุตสาหกรรมอาหาร. I. ชื่อเรื่อง.

572.565

ISBN 978-616-91918-4-1

สงวนลิขสิทธิ์

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

จำนวนพิมพ์ 1,000 เล่ม

ราคา 200 บาท

จัดพิมพ์โดย อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก

โทร. 0-5526-7000 ต่อ 8733

<http://scipark.psu.ac.th>

ออกแบบปก นายนิกธ ฆวดยินดี

ติดต่อสั่งซื้อได้ที่ ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<http://www.chulabook.com>

Call Center (จัดส่งทั่วประเทศ) โทร. 0-2255-4433, 0-2218-9891



- ผู้เขียนให้ความสำคัญสูงสุดในการอ้างอิงแหล่งข้อมูลที่ใช้สำหรับการเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้
- เนื้อหาภาพและตารางมีการขออนุญาตใช้สิทธิ์ผ่านระบบ Copyright Clearance Center (CCC) www.copyright.com หรือ ทำซ้ำตามเงื่อนไขสัญญาอนุญาตครีเอทีฟคอมมอนส์ (CC-BY)
- ภาพประกอบบางส่วนได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิ์จาก www.freepik.com

คำนำ

หนังสือ “ดัชนีน้ำตาล : หลักการและการประยุกต์ใช้” จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่เนื้อหาองค์ความรู้เกี่ยวกับดัชนีน้ำตาล การวิเคราะห์หาค่าดัชนีน้ำตาล และแนวทางการนำค่าดัชนีน้ำตาลไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้มีค่าดัชนีน้ำตาลลดลง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารคาร์โบไฮเดรต คัดค้านและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารคาร์โบไฮเดรตใหม่ ๆ โดยอาศัยหลักการของค่าดัชนีน้ำตาล ช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหา 6 บท ประกอบด้วย 1) บทนำ 2) คาร์โบไฮเดรตในอาหาร 3) การทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาลโดยวิธีมาตรฐาน 4) การทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาลในสภาวะจำลอง 5) การลดค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหาร และ 6) ค่าดัชนีน้ำตาลและโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาตั้งแต่ขั้นพื้นฐาน จนถึงการประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยผู้เขียนได้รวบรวมเนื้อหาจากงานวิจัยที่ได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง นำมาสรุปและเรียบเรียงเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ รวมถึงเป็นข้อมูลให้นักศึกษา ผู้สนใจทั่วไป ได้ศึกษาค้นคว้า

ผู้เขียนขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่มีส่วนในการให้ความรู้ และอบรมสั่งสอนเป็นอย่างดีในทุก ๆ ระดับของการศึกษา ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้โอกาสในการสอนนักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา รวมถึงให้โอกาสในการทำงานวิจัยบริการวิชาการให้กับผู้ประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ หน่วยงานสนับสนุนทุนวิจัยทุกหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์จัดสรรงบประมาณในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณอุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ความรู้และเทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจในวงกว้าง

คงศักดิ์ ศรีแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ประวัติและความเป็นมาของค่าดัชนีน้ำตาล	2
1.2 ความหมายของค่าดัชนีน้ำตาล	3
1.3 ค่าปริมาณน้ำตาล	5
1.4 วิธีการทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาล	6
1.5 ปัจจัยที่ต้องคำนึงในการทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาล	7
1.5.1 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้	7
1.5.2 อาหารอ้างอิง	9
1.5.3 อาหารทดสอบ	10
1.5.4 อาสาสมัคร	13
1.6 สรุป	13
รายการอ้างอิง	15
บทที่ 2 คาร์โบไฮเดรตในอาหาร	19
2.1 ประเภทของคาร์โบไฮเดรตในอาหาร	20
2.2 คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	21
2.3 น้ำตาล	22
2.4 โอลิโกแซ็กคาไรด์	23
2.5 สตาร์ช	23
2.6 พอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช	25
2.7 ความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตตามหลักสรีรวิทยา	26
2.7.1 พรีไบโอติก	27
2.7.2 สตาร์ชต้านทานการย่อย	28
2.7.3 เส้นใยอาหาร	29

2.7.4 คาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายย่อยได้	31
2.8 การย่อยคาร์โบไฮเดรต	31
2.8.1 การย่อยสตาร์ช	32
2.8.2 การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด	37
2.8.3 การหมักคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อย	38
2.9 สรุป	39
รายการอ้างอิง	41

บทที่ 3 การทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาลโดยวิธีมาตรฐาน	45
3.1 วิธีการทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาล	46
3.1.1 การเตรียมอาสาสมัคร	47
3.1.2 การเก็บตัวอย่างเลือดและการวิเคราะห์	48
3.1.3 การคำนวณค่าดัชนีน้ำตาล	50
3.2 กรณีศึกษาการทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาล	52
3.3 ข้อจำกัดของค่าดัชนีน้ำตาล	57
3.4 ค่าดัชนีน้ำตาลของอาหารชนิดต่าง ๆ ที่เผยแพร่	59
3.5 สรุป	60
รายการอ้างอิง	62

บทที่ 4 การทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาลในสภาวะจำลอง	65
4.1 หลักการของการทดสอบการย่อยอาหารในสภาวะจำลอง	66
4.2 ประเภทของระบบการย่อยอาหารในสภาวะจำลอง	68
4.2.1 ระบบการย่อยอาหารในสภาวะจำลองแบบคงที่	72
4.2.2 ระบบการย่อยอาหารในสภาวะจำลองแบบเคลื่อนไหว	74
4.2.3 ระบบการย่อยอาหารในสภาวะจำลองแบบกึ่งเคลื่อนไหว	78
4.3 การย่อยสตาร์ชด้วยระบบการย่อยอาหารในสภาวะจำลองและการ ประมาณค่าดัชนีน้ำตาล	79

4.3.1 การย่อยสลายในสภาวะจำลอง	80
4.3.2 การหาค่าดัชนีน้ำตาลโดยประมาณ	82
4.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคส	86
4.4 การทดสอบหาค่าดัชนีน้ำตาลอย่างรวดเร็วโดยใช้เครื่องวัดน้ำตาลกลูโคสแบบพกพา	88
4.5 สรุป	92
รายการอ้างอิง	94

บทที่ 5 การลดค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหาร	99
5.1 กลไกการลดค่าดัชนีน้ำตาล	100
5.1.1 ขั้นตอนในปาก	100
5.1.2 ขั้นตอนในกระเพาะอาหาร	101
5.1.3 ขั้นตอนในลำไส้เล็ก	102
5.2 ผลของกระบวนการแปรรูปต่อค่าดัชนีน้ำตาล	108
5.3 การลดค่าดัชนีน้ำตาลโดยการปรับวัตถุดิบที่ใช้	112
5.3.1 เส้นใยอาหาร	112
5.3.2 แป้งและสแตร์ชที่ช่วยลดค่าดัชนีน้ำตาล	113
5.3.3 การปรับเปลี่ยนชนิดน้ำตาล	114
5.4 กรณีศึกษาการลดค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จากข้าว	116
5.5 การกล่าวอ้างและแสดงฉลากที่เกี่ยวกับค่าดัชนีน้ำตาล	123
5.6 สรุป	126
รายการอ้างอิง	127

บทที่ 6 ค่าดัชนีน้ำตาลและโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง	135
6.1 สถานการณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรังในประเทศไทย	136
6.2 ค่าดัชนีน้ำตาลและโรคเบาหวาน	137
6.3 ค่าดัชนีน้ำตาลกับโรคหัวใจและหลอดเลือด	139

6.4 ค่าดัชนีน้ำตาลและโรคมะเร็ง	143
6.5 ค่าดัชนีน้ำตาลและการลดน้ำหนัก	144
6.6 สรุป	145
รายการอ้างอิง	146
ภาคผนวก	151
ดัชนี	165

บทที่ 1

บทนำ

ดัชนีน้ำตาล เป็นดัชนีที่ใช้จัดแบ่งประเภทของอาหารคาร์โบไฮเดรต โดยอาศัยการวัดปริมาณน้ำตาลในเลือดภายหลังจากการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตนั้น ๆ เปรียบเทียบกับการบริโภคอาหารอ้างอิง คือ น้ำตาลกลูโคสหรือขนมปังขาว โดยกำหนดให้ดัชนีน้ำตาลของอาหารอ้างอิง คือ 100 ดังนั้น ดัชนีน้ำตาลของอาหารแต่ละชนิดจึงแสดงเป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบ ไม่มีหน่วย เรียกว่า **“ค่าดัชนีน้ำตาล”** โดยอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ เป็นอาหารที่มีอัตราการย่อยคาร์โบไฮเดรตช้า จึงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดมากนัก ในทางตรงกันข้าม อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูง เป็นอาหารที่มีอัตราการย่อยคาร์โบไฮเดรตเร็ว ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ค่าดัชนีน้ำตาลได้รับการยอมรับและแนะนำโดยนักวิชาการจากองค์กรระดับชาติและนานาชาติหลายองค์กร ให้นำมาใช้เพื่อช่วยในการเลือกบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะแต่ผู้ป่วยที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ยังสามารถใช้ได้กับคนทั่วไป ทั้งนี้การใช้ค่าดัชนีน้ำตาลจำเป็นต้องพิจารณาพร้อมกับข้อมูลทางโภชนาการอื่น ๆ โดยเฉพาะที่สำคัญคือต้องคำนึงถึงปริมาณอาหารคาร์โบไฮเดรตที่บริโภคเข้าไปด้วย การบริโภคอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ แต่บริโภคในปริมาณมากเกินไปจนเป็นย่อมส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาว ▶▶

1.1 ประวัติและความเป็นมาของค่าดัชนีน้ำตาล

ค่าดัชนีน้ำตาล หรือเรียกว่า Glycemic index (บางแห่งสะกด Glycaemic index) หรือค่า GI คิดค้นขึ้นในช่วงต้นของทศวรรษ 1980s (ช่วงปี พ.ศ. 2523-2524) โดยนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยโทรอนโต ประเทศแคนาดา นำโดย ดร. เดวิด เจ. เจนคินส์ (David J. Jenkins) และคณะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการแบ่งประเภทของอาหารคาร์โบไฮเดรต โดยอาศัยการวัดปริมาณน้ำตาลในเลือดภายหลังจากการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตนั้น ๆ เปรียบเทียบกับอาหารอ้างอิง ซึ่งปกติใช้กลูโคสหรือขนมปังขาวเป็นอาหารอ้างอิง อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ เป็นอาหารที่ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดมากนัก ส่งผลดีต่อสุขภาพ ในทางตรงกันข้าม อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดอย่างรวดเร็ว โดยการศึกษาเกี่ยวกับค่าดัชนีน้ำตาลในช่วงแรก มุ่งเน้นเพื่อให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ใช้เป็นแนวทางในการเลือกบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสม โดยอาศัยหลักการของค่าดัชนีน้ำตาลดังกล่าวข้างต้น (Jenkins *et al.*, 1981)

องค์ความรู้เกี่ยวกับอาหารคาร์โบไฮเดรตในช่วงต้นทศวรรษ 1980s ทำให้เข้าใจว่า การบริโภคน้ำตาลชั้นเดียว (simple sugar) ทุกชนิด ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การบริโภคคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (complex carbohydrate) จะไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้นมากนัก อย่างไรก็ตาม เริ่มมีงานวิจัยที่ค้นพบว่าข้อมูลดังกล่าวไม่เป็นจริงเสมอไป การบริโภคน้ำตาลชั้นเดียวบางชนิดไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดมากนัก ในขณะที่การบริโภคคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนบางชนิดกลับทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว (Philippou and Al Dhaheri, 2017) ดังนั้น การแนะนำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เลือกรับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมบนพื้นฐานของน้ำตาลชั้นเดียวและคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนเพียงมิติเดียวจึงไม่เพียงพอ จำเป็นต้องคิดค้นหาแนวทางใหม่ที่มีความเหมาะสมมากกว่า เป็นที่มาของแนวคิดและหลักการเรื่องค่าดัชนีน้ำตาล โดยการใช้งานค่าดัชนีน้ำตาลในช่วงแรกใช้สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานเป็นหลัก ต่อมาในปี พ.ศ. 2540 คณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารคาร์โบไฮเดรตที่แต่งตั้งโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ร่วมกับองค์การอนามัยโลก (WHO) (The Joint FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates in Human Nutrition) มีการประชุมและยอมรับให้มีการใช้แนวคิดและ