

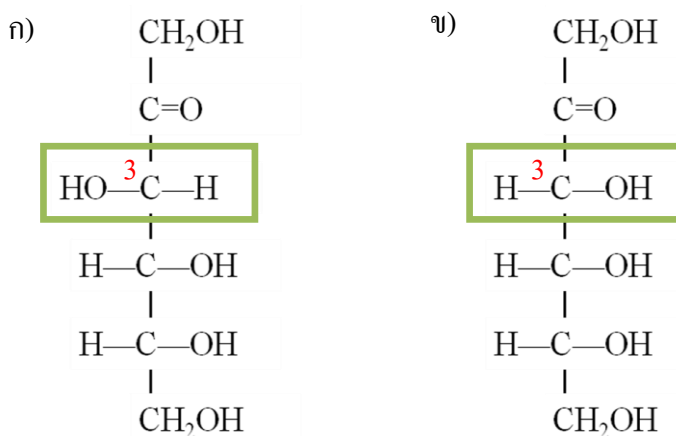
# สารให้ความหวานน้ำตาลหายาก ดี-ไซโคส (Rare sugar D-psicose)

ชญ. อรภา สกุลพานิชย์<sup>†</sup>

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

น้ำตาลจัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตมีคุณสมบัติให้รสหวานและนำไปใช้เป็นส่วนประกอบหรือสารปรุงแต่งรสหวานในอาหาร เครื่องดื่ม รวมถึงผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและยา หน่วยย่อยที่สุดของน้ำตาล คือ น้ำตาลเชิงเดี่ยว (Monosaccharides) น้ำตาลเชิงเดี่ยวที่รู้จักกันดี คือ น้ำตาลกลูโคส (Glucose) น้ำตาลฟรุคโตส (Fructose) เป็นต้น ซึ่งสามารถพบในธรรมชาติได้ทั่วไปในปริมาณมาก แต่ในกรณีของน้ำตาลหายาก (Rare sugar) นั้นสามารถพบได้ในธรรมชาติเพียงปริมาณเล็กน้อย เช่น น้ำตาลดี-แอลโลส (D-allose), น้ำตาลไซลิตอล (Xylitol), น้ำตาลดี-ไซโคส (D-psicose) เป็นต้น ดังนั้น น้ำตาลเหล่านี้จึงได้ชื่อว่าเป็น “น้ำตาลหายาก (Rare sugar)” ในบทความนี้จะกล่าวถึงข้อมูลเบื้องต้นของน้ำตาลดี-ไซโคส (D-psicose) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า น้ำตาลดี-แอลลูลอส (D-allulose) ซึ่งปัจจุบันเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นน้ำตาลหายากที่ให้ความหวานและไร้แคลอรี

น้ำตาลดี-ไซโคส (D-psicose) นี้มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับน้ำตาลฟรุคโตสแต่แตกต่างกันที่ทิศทางการวางตัวของหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) ซึ่งจับกับคาร์บอนตำแหน่งที่สามตามรูปที่ 1 น้ำตาลดี-ไซโคส ให้พลังงาน 0.007 kcal/g หรือ คิดเป็นร้อยละ 0.3 เมื่อเทียบกับน้ำตาลซูโครส<sup>1</sup> และให้ความหวาน 70 เปอร์เซ็นต์ของความหวานของน้ำตาลซูโครส<sup>1,2</sup> น้ำตาลชนิดนี้พบได้ในพืชตระกูล *Itea* เช่น *Itea virginica*<sup>3,4</sup> และพบในผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไป เช่น น้ำตาลทรายแดง ลูกเกด กาแฟ และผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง ทำให้น้ำตาลฟรุคโตสเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาลไซโคส เช่น ซอสคาราเมล เป็นต้น<sup>5</sup>



**รูปที่ 1** โครงสร้างทางเคมีของ ก). น้ำตาลดี-ฟรุคโตส (D-fructose) และ ข). น้ำตาลดี-ไซโคส (D-psicose) โดยมีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันจะแสดงอยู่ในกรอบสีเขียว

ปัจจุบันการผลิตน้ำตาลชนิดนี้เพื่อให้ได้ปริมาณมากนั้น อาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลดี-กลูโคส (D-glucose) ไปเป็นน้ำตาลดี-ไซโคสโดยอาศัยเอนไซม์จากแบคทีเรีย (Microbial and enzymatic reaction)<sup>6,7</sup> นอกจากนี้ยังมีการรายงานถึงฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ ของน้ำตาลดี-ไซโคส เช่น ลดระดับน้ำตาลในเลือด<sup>8-10</sup> และลดปริมาณไขมัน<sup>11,12</sup>

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) โดยป้อนน้ำตาลดี-ไซโคสที่มีความเข้มข้น 8, 11, 14, 17 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัมให้แก่หนูขาวใหญ่ (Wistar rats) อายุ 3 สัปดาห์พบว่า น้ำตาลดี-ไซโคสมีค่า Median Lethal Dose (LD<sub>50</sub>)<sup>\*</sup> เท่ากับ 16.3 กรัมต่อกิโลกรัม ทำให้จัดระดับความเป็นพิษของน้ำตาลดี-ไซโคสอยู่ในระดับที่ปลอดภัย (Relative harmless) และจากการทดสอบความเป็นพิษกึ่งเรื้อรัง (Subchronic toxicity) โดยป้อนอาหารที่ประกอบด้วยน้ำตาลดี-ไซโคสในความเข้มข้นร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ให้กับหนูขาวใหญ่นาน 34 วัน พบว่า น้ำหนักหัวใจ ม้ามและเนื้อเยื่อไขมันในช่องท้องลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลดี-ไซโคส แต่น้ำหนักลำไส้ใหญ่เพิ่มขึ้นและพบภาวะ Cecal hypertrophy ในหนูที่ได้รับอาหารผสมน้ำตาลดี-ไซโคสที่มีความเข้มข้น 10-40 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การได้รับน้ำตาลดี-ไซโคสในปริมาณสูงเกินจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหาร<sup>13</sup> การทดสอบความเป็นพิษในระยะยาวโดยให้อาหารผสมน้ำตาลดี-ไซโคสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 แก่กลุ่มหนูขาวใหญ่ อายุ 3 สัปดาห์ นาน 12 เดือน พบว่า น้ำหนักตัวและเนื้อเยื่อไขมันในช่องท้องลดลงในขณะที่น้ำหนักตับและไตเพิ่มขึ้นแต่ตรวจไม่พบพยาธิสภาพที่ผิดปกติ ไม่พบอาการข้างเคียงและไม่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหารของหนู เมื่อให้หนูกินน้ำตาลดี-ไซโคสเป็นระยะเวลานาน 18 เดือนพบว่า น้ำหนักของลำไส้ใหญ่เพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากแบคทีเรียในลำไส้ (Normal flora) เปลี่ยนแปลงน้ำตาลดี-ไซโคสไปเป็นกรดไขมันชนิดสายสั้น (short chain fatty acid) จึงเกิดการสะสมของกรดไขมันดังกล่าวในบริเวณลำไส้ใหญ่<sup>14</sup>

และเมื่อทดสอบความเป็นพิษในสัตว์ชนิดอื่น เช่น ในสุนัขสุขภาพดีสายพันธุ์บีเกิล (beagle) โดยให้กินสารละลายน้ำตาลดี-ไซโคสขนาด 1 และ 4 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่า สุนัขทั้งหมดกินอาหารและทำกิจกรรมได้ตามปกติพร้อมกับตรวจไม่พบอาการผิดปกติหรืออาการข้างเคียงที่รุนแรง แต่พบอาการท้องเสียในสุนัขที่กินสารละลายน้ำตาลดี-ไซโคสขนาด 4 กรัมต่อกิโลกรัมโดยเป็นผลข้างเคียงจากการกินน้ำตาลดี-ไซโคส และมีสุนัขบางตัวอาเจียน ดังนั้น น้ำตาลดี-ไซโคสจึงอาจนำมาใช้กับสุนัขได้แต่ต้องมีการทดลองหาความเป็นพิษในระยะยาว (Long-term toxicity) ต่อไป<sup>15</sup>

ผลข้างเคียงของน้ำตาลดี-ไซโคส คือ ก่อให้เกิดอาการท้องเสียโดยเป็นผลมาจากการเกิดแรงดันออสโมติกในลำไส้ (enteric osmotic pressure)<sup>1, 13, 15, 16</sup> ปริมาณของน้ำตาลดี-ไซโคสสูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดอาการท้องเสียในคน คือ 0.5-0.6 กรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัม<sup>16</sup>

ดังนั้น น้ำตาลดี-ไซโคสจึงเป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยวที่ให้ความหวานและปราศจากแคลอรี พร้อมกับมีฤทธิ์ทางชีวภาพ จึงทำให้น้ำตาลชนิดนี้เป็นที่น่าสนใจและได้มีการดำเนินการวิจัยต่อยอดเพื่อนำน้ำตาลชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การใช้น้ำตาลดี-ไซโคสทดแทนน้ำตาลซูโครสในขนม<sup>17</sup> เป็นต้น

\* Median lethal dose (LD<sub>50</sub>) หมายถึง ปริมาณของสารเคมีที่ให้กับสัตว์ทดลองทั้งหมดเพียงครั้งเดียวแล้วทำให้สัตว์ทดลองตายลงเป็นจำนวนร้อยละ 50 หรือครึ่งหนึ่งของจำนวนประชากรที่ใช้ทั้งหมด

## เอกสารอ้างอิง

1. Matsuo T, Suzuki H, Hashiguchi M, Izumori K. D-psiucose is a rare sugar that provides no energy to growing rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 2002; 48(1): 77-80.
2. Iida T and Okuma K. Properties of three rare sugars D-psiucose, D-allose, D-tagatose and their application. *Oleoscience* 2013; 13: 435-440. doi: 10.5650/oleoscience.13.435
3. Hough L and Stacey BE. The occurrence of D-ribohexulose in *Itea ilicifolia*, *Itea virginica*, and *Itea yunnanensis*. *Phytochemistry* 1963; 2(4): 315-320. doi: 10.1016/S0031-9422(00)84854-2
4. Poonperm W, Takata G, Ando Y, Sahachaisaree V, Lumyong P, Lumyong S, Izumori K. Efficient conversion of allitol to D-psiucose by *Bacillus pallidus* Y25. *J Biosci Bioeng* 2007; 103(3): 282-285. doi: 10.1263/jbb.103.282
5. Oshima H, Kimura I, Izumori K. Psiucose contents in various food products and its origin. *Food Sci Technol Res* 2006; 12(2): 137-143.
6. Granström TB, Takata G, Tokuda M, Izumori K. Izumoring: a novel and complete strategy for bioproduction of rare sugar. *J Biosci Bioeng* 2004; 97(2): 89-94. doi: 10.1016/S1389-1723(04)70173-5
7. Izumori K. Izumoring: a strategy for bioproduction of all hexose. *J Biotechnol* 2006; 124(4): 717-722. doi:10.1016/j.jbiotec.2006.04.016
8. Baek SH, Park SJ, Lee HG. D-psiucose, a sweet monosaccharide, ameliorate hyperglycemia and dyslipidemia in C57BL/6j db/db mice. *J Food Sci* 2010; 75(2): H49-53. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01434.x
9. Hayashi N, Iida T, Yamada T, Okuma K, Takehara I, Yamamoto T, Yamada K, Tokuda M. Study on the postprandial blood glucose suppression effect of D-psiucose in borderline diabetes and the safety of long-term ingestion by normal human subjects. *Biosci Biotechnol Biochem* 2010; 74 (3): 510-519. doi: 10.1271/bbb.90707
10. Hossain MA, Kitagaki S, Nakano D, Nichiyama A, Funamoto Y, Matsunaga T, Tsukamoto I, Yamaguchi F, Kamitori K, Dong Y, Hirata Y, Murao K, Toyoda Y, Tokuda M. Rare sugar D-psiucose improves insulin sensitivity and glucose tolerance in type 2 diabetes otsuka long-evans tokushima fatty (OLETF) rats. *Biochem Biophys Res Commun* 2011; 405(1): 7-12. doi:10.1016/j.bbrc.2010.12.091
11. HanY, Han HJ, Kim AH, Choi JY, Cho SJ, Park YB, Jung UJ, Choi MS. D-allulose supplementation normalized the body weight and fat-pad mass in diet-induced obese mice via the regulation of lipid metabolism under isocaloric fed condition. *Mol Nutr Food Res* 2016; 60(7): 1695-1706. doi: 10.1002/mnfr.201500771
12. Itoh K, Mizuno S, Hama S, Oshima W, Kawamata M, Hossain A, Ishihara Y, Tokuda M. Beneficial effects of supplementation of the rare sugar "D-allulose" against hepatic steatosis and severe obesity in *Lep<sup>ob</sup>/Lep<sup>ob</sup>* mice. *J Food Sci* 2015; 80(7): H1619-1626.
13. Matsuo T, Tanaka T, Hashiguchi M, Izumori K, Suzuki H. Effects of oral acute administration and subchronic feeding of several levels of D-psiucose in rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 2002; 48(6): 512-516.
14. Yagi K and Matsuo T. The study on long-term toxicity of D-psiucose in rats. *J Clin Biochem Nutr* 2009; 45(3): 271-277. doi: 10.3164/jcbn.08-191
15. Nishii N, Nomizo T, Takashima S, Matsubara T, Tokuda M, Kitagawa H. Single oral dose safety of D-allulose in dogs. *J Vet Med Sci* 2016; 78(6): 1079-1083. doi: 10.1292/jvms.15-0676
16. Iida T, Kishimoto Y, Yoshikawa Y, Hayashi N, Okuma K, Tohi M, Yagi K, Matsuo T, Izumori K. Acute D-psiucose administration decreases the glycemic responses to an oral maltodextrin tolerance test in normal adults. *J Nutr Sci Vitaminol* 2008; 54: 511-514.
17. O'Charoen S, Hayakawa S, Matsumoto Y, Ogawa M. Effect of D-psiucose used as sucrose replacer on the characteristic of meringue. *J Food Sci* 2014; 79(12): E2463-2469. doi: 10.1111/1750.3841.12699