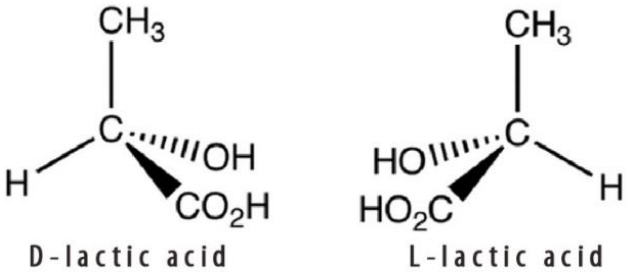
บทที่ 39 รายละเอียดข้อมูลสารเคมีชีวภาพประเภท กรดแลคติก (Lactic Acid)

1. ข้อมูลทั่วไป

กรดแลคติก (Lactic acid) เป็นกรดอินทรีย์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งจะใช้กรดแลคติกเป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรดในอาหารเพื่อให้เกิดรสชาติของความเปรี้ยว และใช้เป็นสารกันบูดเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารได้ และที่สำคัญอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจะใช้กรดแลคติกบริสุทธิ์เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (Biodegradable plastic) นั่นคือ พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid : PLA) โดยกรดแลคติกซึ่งมีไอโซเมอร์สองรูปแบบ ได้แก่ แบบดี-ไอโซเมอร์ และแบบแอล-ไอโซเมอร์ (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นอิแนนชิโอเมอร์ (Enantiomer) ที่มีความว่องไวต่อแสง (Optical active) ต่างกัน กล่าวคือมีสูตรเคมีเหมือนกัน การจัดเรียงตัวในสามมิติไม่เหมือนกัน และมีการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ในทิศทางต่างกัน ในธรรมชาติส่วนใหญ่พบในรูปแบบแอล-ไอโซเมอร์หรือในรูปของผสมระหว่างแอล-ไอโซเมอร์ และดี-ไอโซเมอร์ เรียกว่าของผสมราซิมิก (Racemic mixture, อัตราส่วน = 1:1 เขียนแทนด้วย DL) หรือ สารประกอบมีโซ (Meso-compound) ที่ไม่มีสมบัติบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ (Optically inactive) ปัจจุบันการผลิตกรดแลกติกใช้การหมักเป็นหลักซึ่งสามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์เชิงแสง (Optical purity) ที่ดี [1,2]



ภาพที่ 1 โครงสร้างของกรดแลกติก

กรดแลคติกชนิดต่างๆ สามารถผลิตได้โดยวิธีแตกต่างกันคือ ชนิดแอล-ไอโซเมอร์ ผลิตได้จากการวิธีการหมักด้วยแบคทีเรีย วิธีทางเคมี และภายในร่างกายมนุษย์ ชนิดดี-ไอโซเมอร์ ผลิตได้จากวิธีการหมักด้วยแบคทีเรีย และวิธีทางเคมี ส่วนของผสมราซิมิก สามารถผลิตได้จากวิธีการหมักด้วยแบคทีเรีย วิธีทางเคมี ซึ่งกรดแลคติกที่มีความบริสุทธิ์สูงจะเกิดผลึกแบบมอนอคลินิก (Monoclinic) มีลักษณะเป็นผลึก ไม่มีสี ละลายน้ำได้ดี แต่ระเหยได้ยาก โดยคุณสมบัติของกรดแลคติกแสดงดังตารางที่ 1

ชื่อทางเคมีของกรดแลคติกคือ 2-hydroxypropanoic acid และมีชื่อทางการค้าแสดงดังตารางที่ 2 โดยจะขึ้นอยู่กับบริษัทที่ผลิตกรดแลคติก

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของกรดแลคติก

Properties	Value
Molecular mass	90.08
Melting point Type D-, L+ Type DL	 52.8-54.0 °C 16.8-33.0 °C
Boiling point	82.0 °C (0.5 mmHg)
Ka at 25 °C	$1.37x10^{-4}$
Enthalpy	1361 KJ/mol

ตารางที่ 2 ชื่อทางการค้า (Trade name) ของกรดแลคติกตามบริษัทผู้ผลิต

Manufacturer	Trade name
Corbion Purax	PURAC®
	PURAC® 80
	PURAC® 80-DW
	PURAC® 93-T
	PURAC® FCC
	PURAC® HiPure
	PURAC® HS
	PURAC® PF
	PURAC® PH
	PURAC® Sanilac
	PURAC® Vin

2. กระบวนการสังเคราะห์

การสังเคราะห์กรดแลคติกสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการหมักโดยแบคทีเรียและวิธีทางเคมี

2.1 วิธีการหมักโดยแบคทีเรีย

การสังเคราะห์กรดแลคติกจะใช้เอนไซม์ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นย่อยแหล่งอาหารคาร์บอน เช่น น้ำตาลกลูโคส หรือแล็กโทสให้ได้เป็นกรดแลคติก โดยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก จัดเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส (Catalase) มีทั้งชนิดที่มีรูปท่อน และรูปกลม ซึ่งแหล่งที่มักพบแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ได้แก่ เนื้อ ผลิตภัณฑ์นมและอาหารหมักดองต่าง ๆ เป็นต้น แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกจะสามารถหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอมอื่น ๆ ได้ โดยผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ออกมา จากชนิดและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นได้สามารถแบ่งแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มฮอมอเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentative) สามารถผลิตกรดแลคติกจากการหมักย่อยน้ำตาลประมาณ 95% กรดอะซิติก (Acetic acid) 5% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เล็กน้อย และกลุ่มเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative) หลังจากกระบวนการย่อยน้ำตาลจะผลิตกรดแลคติก 50% และผลิตกรดอะซิติก กรดฟอร์มิก (Formic acid) เอทานอล (Ethanol) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวม 50%

ปริมาณของอากาศที่แบคทีเรียต้องการใช้เพื่อผลิตกรดแลคติกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามชนิดของแบคทีเรีย คือ แบคทีเรียที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Microaerophile) และแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศอย่างยิ่ง (Strickly anaerobe) เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่ได้พลังงานจากการหมักน้ำตาลโดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน แบคทีเรียประเภทนี้ต้องการอาหารค่อนข้างซับซ้อนและอุดมสมบูรณ์ (Complex and enrichment media) โดยจะใช้กรดอะมิโนเป็นแหล่งไนโตรเจนและจะเติบโตได้ในอาหารที่มีปัจจัยการเจริญเติบโต (Growth factor) และวิตามินหลายชนิด เช่น ไบโอทิน (Biotin) ริโบฟลาวิน (Riboflavin) และส่วนใหญ่ต้องการสารอนินทรีย์ในปริมาณค่อนข้างสูง เช่น แมงกานีส แมกนีเซียม และ ฟอสฟอรัส เป็นต้น

กลุ่มของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกสามารถแบ่งออกเป็น 4 สกุล (Genus) ได้แก่ *Lactobacillus, Leuconostoc*, *Pediococcus* และ *Streptococcus* โดยคุณสมบัติทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกทั้ง 4 สกุล ดังแสดงในตารางที่ 3 และได้มีการนำวิธีการตรวจสอบระดับสารโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) ภายในเซลล์ เพื่อนำมาพิจารณาถึงความสัมพันธ์และลักษณะเฉพาะทางพันธุกรรมโดยเฉพาะกรดนิวคลีอิก ซึ่งใช้ในการจัดจำแนกแบคทีเรียได้ถึงระดับสปีชีย์และสกุล โดยใช้เทคนิคขั้นสูงทางพันธุศาสตร์ เช่น การพิจารณาความเหมือนกันของ DNA (DNA-DNA homology) ที่ใช้จำแนกได้ในระดับสปีชีส์และสกุล การอาศัยความแตกต่างของลำดับเบสของ RNA ในไรโบโซม (rRNA) การเปรียบเทียบลักษณะดังกล่าวข้างต้นมีความแม่นยำมากในการจัดจำแนกและใช้ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์กันของแบคทีเรียชนิดต่างๆ ทำให้สามารถจัดแบ่งกลุ่มแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกเป็นสกุลต่างๆ ดังนี้ *Aerococcus, Alloiococcus*, *Bifidobacterium*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus, Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus, Vagococcus* และ *Weissella* [3,4,5,6]

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 4 สกุล [7]

Properties	*Lactobacillus*	*Leuconostoc*	*Pediococcus*	*Streptococcus*
Growth at pH 8.0	ND	ND	+	ND
Growth at pH 9.6	-	-	+	+/-
Properties	***Lactobacillus***	***Leuconostoc***	***Pediococcus***	***Streptococcus***
Growth at NaCl 4 %	ND	ND	+	ND
Growth at NaCl 8 %	+/-	ND	+/-	ND
Growth at 45 °C	+	+	+	+/-
Growth at 50 °C	+/-	-	+/-	ND
Acid from				
Arabinose	+	+	ND	+/-
Fructose	+	+	+	-
Galactose	+	+	+	+
Maltose	+	+	+	+
Raffinose	+	ND	-	-
Ribose	+	-	-	+/-

Properties	*Lactobacillus*	*Leuconostoc*	*Pediococcus*	*Streptococcus*
Sucrose	+	-	ND	+/-
Trehalose	-	+/-	+/-	+/-
Xylose	ND	+/-	-	+/-
Aginine hydrolysis	+	-	-	+/-
Catalase activity	ND	ND	-	-

คุณสมบัติและลักษณะของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ได้แก่

- ***Aerococcus***

Aerococcus เป็นแบคทีเรียรูปกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.0 – 2.0 ไมโครเมตร มีการเรียงตัวเป็นสี่เซลล์ ติดสีแกรมบวก ไม่เคลื่อนที่ ต้องการอากาศแบบ Facultative anaerobe (สามารถเจริญได้ในที่มีหรือไม่มีออกซิเจน) แต่เจริญได้ดีในที่มีออกซิเจนน้อย ในการผลิตไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ทำให้อาหาร Blood agar มีสีเขียว ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ผลิตกรดแต่ไม่สร้างแก๊สจากการใช้คาร์โบไฮเดรต ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลสหรือสร้างได้น้อยมาก ไม่สลายเจลาติน และไม่รีดิวซ์ไนเตรท เจริญได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส เจริญได้ดีที่พีเอช 9.6 ในอาหารที่มีเกลือแกง 10% และในเกลือน้ำดี 40% มักก่อโรคทางเดินอาหาร และก่อให้เกิดโรคในกุ้งมังกร เช่น *Aerococcus viridans* [6]

- ***Alloiococcus***

Alloiococcus เป็นแบคทีเรียรูปกลม มักพบอยู่เป็นคู่หรือเรียงตัวเป็นสี่เซลล์ แบคทีเรียจำพวกนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อ *Aerococci* และ *Streptococci* ซึ่งแยกได้จากน้ำในหูชั้นกลางในคน [6]

- ***Bifidobacterium***

Bifidobacterium เป็นแบคทีเรียรูปท่อน ขนาด 0.5 – 1.3 x 1.5 – 8 ไมโครเมตร บางครั้งอาจจะพบในลักษณะโค้งยาวและแตกแขนงเรียงตัวกันเป็นโคโลนีเดี่ยว เป็นคู่ หรือเป็นรูปตัววี บางครั้งอาจจะอยู่เป็นสายยาว ไม่เคลื่อนที่ ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ บางชนิดเจริญได้ในที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 10% จะไม่เจริญที่มีพีเอชต่ำกว่า 4.5 หรือมากกว่า 8.5 ในการหมักคาร์โบไฮเดรตจะให้ กรดอะซีติกและกรดแลคติก ในอัตราส่วน 3 โมลาร์ ต่อ 2 โมลาร์ เจริญได้ดีในที่อุณหภูมิ 37 – 41 องศาเซลเซียส พบเชื้อในปากและลำไส้ของแมลง สิ่งปฏิกูลอาจจะติดเชื้อในคนแต่ไม่ทำให้เกิด [7]

- ***Carnobacterium***

Carnobacterium เป็นแบคทีเรียรูปกลมหรือท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 – 0.7x1.0 – 2.0 ไมโครเมตร เซลล์มีการเรียงตัวเป็นคู่หรืออยู่เดี่ยว ๆ บางครั้งมีการเรียงตัวเป็นสายสั้น ๆ มีการหมักแบบ Heterofermentative ให้แลคเตต สามารถเจริญที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และไม่เจริญที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ คือ 37 องศาเซลเซียส พบในผลิตภัณฑ์เนื้อและปลาและพบว่า *C. piscicola* เป็นเชื้อก่อโรคในปลาแซลมอล [7]

- ***Enterococcus***

Enterococcus เป็นแบคทีเรียรูปกลมหรือรูปไข่ ขนาด 0.6 – 2.0 x 0.6 – 2.5 ไมโครเมตร อยู่เป็นคู่หรือสายสั้น ๆ เคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลา (Flagella) ไม่มีแคปซูล มีการใช้อากาศแบบ Facultative anaerobe เจริญได้ในช่วงพีเอช 4.2 – 4.6 ต้องการอาหารที่สมบูรณ์ ส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส สามารถเจริญในที่มีพีเอช 9.6 ที่มีเกลือแกงสูงถึง 65% และในที่มีเกลือน้ำดี 40% และยังสามารถหมักน้ำตาลแลคโทสได้ พบได้ในธรรมชาติและมูลสัตว์มีกระดูกสันหลัง [7]

- ***Lactobacillus***

Lactobacillus เป็นแบคทีเรียรูปท่อน ติดสีแกรมบวก อาจเปลี่ยนเป็นแกรมลบเมื่ออายุมากขึ้น และมีกรดมากขึ้น โดยทั่วไปไม่เคลื่อนที่ ถ้าเคลื่อนที่จะใช้แฟลกเจลลาที่อยู่รอบตัว ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส แต่อาจมีบางสายพันธุ์สลายเพอร์ออกไซด์ได้ โดยใช้เอนไซม์ซูโด-คะตะเลส (Pseudocatalase) ส่วนใหญ่ไม่สร้างสี แต่อาจจะมีสีเหลืองส้มจนถึงสีแดงอิฐ หรือสีสนิม ต้องการอาหารที่ซับซ้อน (Complex medium) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญโดยทั่วไป 30-40 องศาเซลเซียส ช่วงอุณหภูมิในการเจริญ 5-53 องศาเซลเซียส พีเอชที่เหมาะสมโดยปกติ 5.5-5.8 หรือต่ำกว่า และโดยทั่วไปเจริญที่พีเอช 5.0 หรือต่ำกว่าในพีเอชที่เป็นกลาง หรือเริ่มเป็นด่าง แบคทีเรียพวกนี้พบในนม ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์เนื้อ น้ำ น้ำเสีย เบียร์ ไวน์ ผลไม้ น้ำผลไม้ดอง และผักดองแบคทีเรียพวกนี้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ พวกฮอมอเฟอร์เมนเททีฟ ได้แก่ *L. delbrueckii* , *L. leichmannii* , *L. jensenii* , *L. lactis* , *L. bulgaricus* , *L. helveticus* , *L. acidophilus* , *L. salivarius* , *L. casei* , *L. xylosus* , *L. plantarum* , *L. curratus* , *L. coryniformis* และ *L. homohiocill* อีกกลุ่มคือพวก เฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ ได้แก่ *L. fermentum* , *L. cellobiosus* , *L. brevis* , *L. buchneri* , *L. viridans* และ *L. coprophilus* ชนิดของ *Lactobacillus* ที่มีความสำคัญในอาหารหมัก ได้แก่ *L. delbrueckii* , *L. acidophilus* , *L. brevis* , *L. buchneri* , *L. plantarum* , *L. helveticus* , *L. fermentum* และ *L. kefir*

จากการใช้ชนิดของผลผลิตและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของ *Lactobacillus* สามารถแบ่งแบคทีเรียสกุลนี้ออกเป็นกลุ่ม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การแบ่งพวกของ *Lactobacillus* ตามชนิดผลผลิต และอุณหภูมิที่เหมาะสม [8,9]

Temperature	Homofermentative	Heterofermentative
The optimum temperature is not less than 37°C	*L. bulgaricus*, *L. Helveticus*, *L. lactis*, *L. bulgaricus*, *L. thermophilus*, *L. delbrueckii*	*L. fermentum*
The optimum temperature is lower 37°C	*L. casei*, *L. Plantarum*, *L. leichmannii*	*L. brevis*, *L. buchneri* *L. pastorionus*, *L. Hilgardii*, *L. trichodes*

- ***Lactococcus***

Lactococcus เป็นแบคทีเรียที่แยกมาจากแบคทีเรียในสกุล *Streptococcus* โดยมีรูปกลม หรือรูปไข่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 – 1.2 X 0.5 – 1.5 ไมโครเมตร อยู่เป็นคู่และต่อเป็นสายยาว ไม่เคลื่อนที่ และไม่มีแคปซูล ใช้อากาศแบบ Facultative anaerobe ต้องการสารอาหารที่ อุดมสมบูรณ์ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 10 – 30 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และในที่มีเกลือแกง 0.5% พบได้ในนมและผลิตภัณฑ์ธัญพืชต่าง ๆ [7]

- ***Leuconostoc***

Leuconostoc เป็นแบคทีเรียรูปกลม หรือยาว อยู่เป็นคู่ ๆ หรือเป็นสายสั้นๆ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 – 0.7 X 0.7 – 1.2 ไมโครเมตร บางครั้งอาจจะพบเป็นรูปท่อนสั้น ต่อกันเป็นสายยาว ไม่เคลื่อนที่ โคโลนีมีขนาดเล็ก ต้องการสารอาหารที่สมบูรณ์ ต้องการอากาศแบบ Facultative anaerobe อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ คือ 20 – 30 องศาเซลเซียส ในการหมักกลูโคสจะให้กรดและแก๊ส เจริญในอาหาร GYP ที่มีพีเอช 4.4 – 5.0 พบได้ทั่วไปในพืช นม และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ไม่ก่อโรคในพืช และสัตว์ เชื้อที่สามารถแยกได้จากคน ได้แก่ *L. citreum L. pseudomesenteroides L. lactis* และ *L. oenos* [7]

- ***Pediococcus***

Pediococcus เป็นแบคทีเรียรูปกลมขนาด 10-20 ไมโครเมตร เรียงตัวอยู่เป็นคู่หรือสี่เซลล์ พบน้อยมากที่อยู่เดี่ยว ๆ หรือเป็นสาย ไม่เคลื่อนที่ ต้องการออกซิเจนน้อยในการเจริญ ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส มีการหมักอาหารแบบ Homofermentative ผลการหมักย่อยน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส แมนโนส และซอร์บิทอล เกิดกรดแต่ไม่เกิดแก๊ส ไม่ย่อยแป้งและเจลลาติน ไม่รีดิวซ์ ไนเตรท ต้องการอาหารที่ซับซ้อน พบทั่วไปในอาหารหมักจากพืช เจริญได้ดีในที่มีเกลือแกง 5-6% และทนเกลือได้สูงกว่า 15% ดังนั้นสามารถพบเชื้อนี้ได้ในอาหารหมักดองที่มีเกลือสูง เช่น ซีอิ้ว เต้าเจี้ยว น้ำปลา บูดู ปลาร้า เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดกรด กลิ่น และรส ในอาหารหมักเหล่านั้น [8,9]

- ***Streptococcus***

Streptococcus เป็นแบคทีเรียรูปกลม หรือรูปไข่ มีขนาด 0.5 – 2.0 ไมโครเมตร เซลล์เรียงตัวกันเป็นสาย ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ ต้องการอากาศแบบ Facultative anaerobe ต้องการอาหารที่สมบูรณ์ ในกระบวนการหมักจะให้แลคเตต ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส สามารถสลายเซลล์เม็ดเลือดแดงได้โคโลนีสีเขียว อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ คือ 24 – 45 องศาเซลเซียส บางสายพันธุ์ของ เชื้อนี้ เป็นปรสิตของสัตว์มีกระดูกสันหลัง พบได้ในช่องปากและระบบทางเดินหายใจตอนบน บางชนิดจะก่อโรคในคนและสัตว์ ชนิดที่มีความสำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก ได้แก่ *S. lactis* , *S. cremoris* และ *S. Thermophilus* [7]

- ***Tetragenococcus***

Tetragenococcus เป็นแบคทีเรียสกุลที่แยกจาก *Tetragenococcus halophilus* เป็นแบคทีเรียที่เจริญในเกลือและผลิตฮิสตามีน (histamine) ซึ่งทำการแยกได้จากซอสที่สกัดจากตับของปลาหมึก โดยใช้วิธี DNA – DNA hybridization และจากการทดลองพบแบคทีเรีย *T. muriaticus* สายพันธุ์ X – 1 (JCM 1000) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ใหม่ [10]

- ***Vagococcus***

Vagococcus เป็นแบคทีเรียรูปกลม รูปไข่ หรือท่อนสั้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 – 1.2 X 0.5 – 2.0 ไมโครเมตร เซลล์อยู่แบบเดี่ยว หรือเป็นคู่ หรือสายสั้น ๆ ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลา ใช้อากาศแบบ Facultative anaerobe จะมีการผลิตกรดในการหมักคาร์โบไฮเดรต แต่ไม่เกิดแก๊ส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญคือ 25 – 35 องศาเซลเซียส แยกได้จากน้ำ หรือจากปลาแซลมอล [7]

- ***Weisella***

Weisella เป็นแบคทีเรียที่แยกได้จาก *Leuconostoc paramesenteroides* ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับแบคทีเรียสกุล *Leuconostoc* [11]

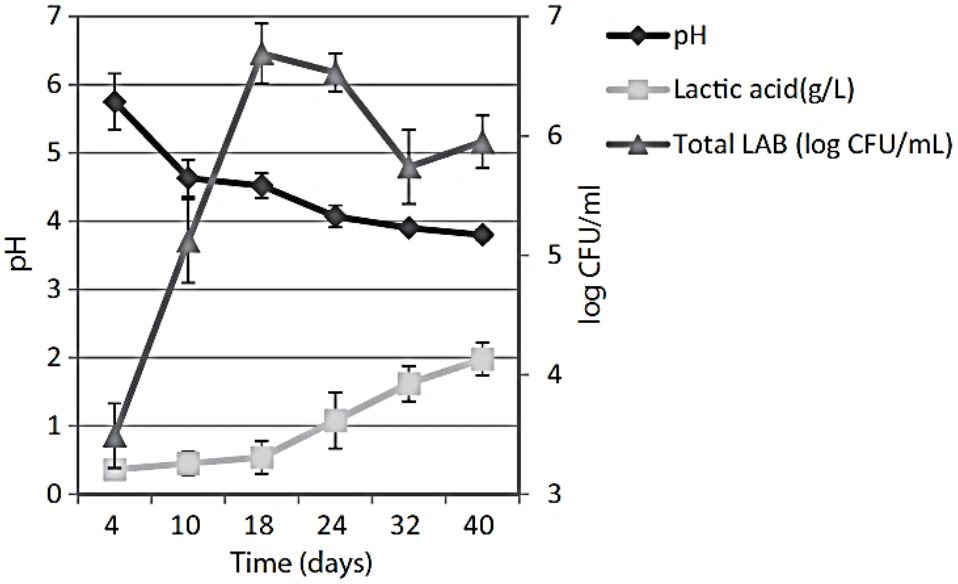
จากงานวิจัยของ Oguro Y. และคณะ เปรียบเทียบการผลิตกรดอินทรีย์จากแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Koji* amazake และ LAF-amazake ดังตารางที่ 5 พบว่ากรดอินทรีย์ที่พบมากที่สุดใน *Koji* amazake คือ

กรดซิตริก กรดซัคซินิก กรดมาลิก กรดไพรูวิก และกรดฟูมาริก ตามลำดับ ไม่พบกรดแลคติกและกรดอะซิติก ในส่วนของ LAF-amazake กรดอินทรีย์ที่พบมากที่สุด คือ กรดแลคติก กรดซิตริก กรดซัคซินิก กรดไพรูวิก และกรดฟูมาริก ตามลำดับ ซึ่งไม่พบกรดมาลิก และกรดอะซิติก สามารถสรุปได้ว่า แบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดแลคติกได้ปริมาณมากที่สุด คือ LAF-amazake [12]

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบกรดอินทรีย์ของ *Koji* amazake และ LAF-amazake [12]

Organic acid (mg/100mL)	*Koji* amazake	LAF-amazake
Pyruvic acid	1.1 ± 0.2	1.3 ± 0.1
Malic acid	5.5 ± 0.5	ND
Lactic acid	ND	128.7 ± 4.9
Acetic acid	ND	ND
Citric acid	32.8 ± 1.4	30.8 ± 2.3
Fumaric acid	0.9 ± 0.2	1.1 ± 0.1
Succinic acid	19.8 ± 0.4	15.2 ± 1.4

การผลิตกรดแลคติกจากการหมักกะหล่ำปลี เริ่มจากถอนใบนอกออกจากนั้นจะถูกส่งไปในถังโดยใส่สารละลาย NaCl 4% (w/v) บนหัวกะหล่ำปลีสีขาวและภายในระบบจะถูกกดด้วยกระดาษพลาสติกอย่างแน่นหนา แล้วทำการหมักเป็นเวลา 4, 10, 18, 24, 32 และ 40 หลังจากการหมักจะลดอุณหภูมิของน้ำเกลือหลังจากที่หมักและวัดค่าความเป็นกรดโดยการไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.1 M NaOH โดยใช้ฟีนอฟทาลีน เป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งค่าความเป็นกรดและเวลาที่ใช้ในการหมักที่เปลี่ยนไปจะส่งผลต่อความเข้มข้นของกรดแลคติกที่ผลิตขึ้น ดังภาพที่ 2 โดยความเข้มข้นของกรดแลคติกที่สูงสุด ประมาณ 6.8 CFU/mL ที่ค่าความเป็นกรดประมาณ 5.8 และเวลาที่ใช้ในการหมัก เท่ากับ 18 วัน



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลา ความเป็นกรด และความเข้มข้นของกรดแลคติก [12]

2.2 วิธีทางเคมี

การสังเคราะห์กรดแลคติกวิธีนี้จะอาศัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารตั้งต้นเพื่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์กรดแลคติก ซึ่งสารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์จะแตกต่างกันส่งผลให้กลไกในการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกันไปด้วย ตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีในการผลิตกรดแลคติก ได้แก่

- ผลิตกรดแลคติกจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen cyanide) และอะเซทัลดีไฮด์ (Acatakdehyde)

ขั้นแรก จะใช้กรดไฮโดรเจนไซยาไนด์ทำปฏิกิริยากับอะเซทัลดีไฮด์ ได้เป็นแลคโตไนไตด์ (Lactonitrille)

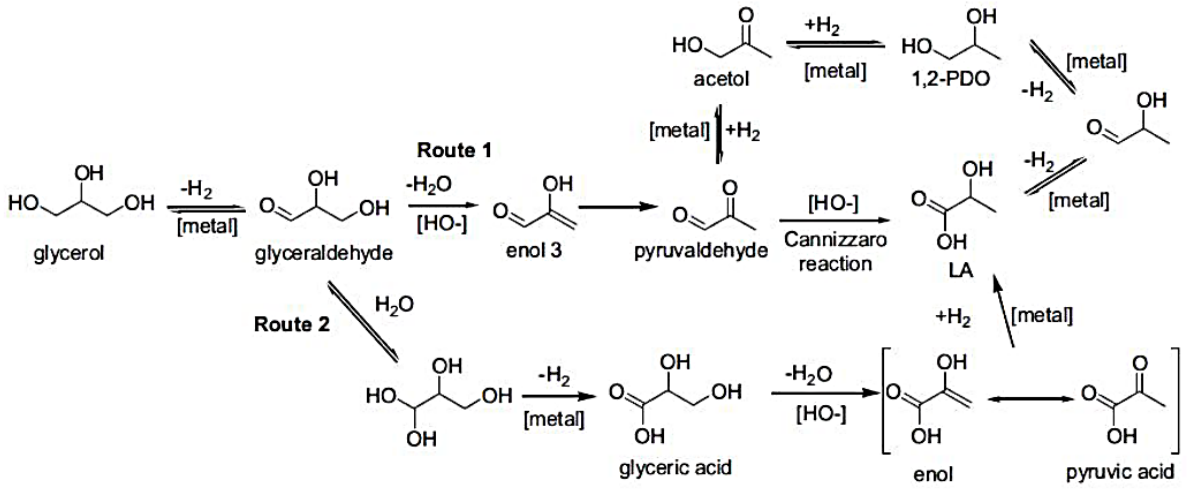
$$HCN + CH_3CHO \longrightarrow CH_3CH(OH)CN$$

ขั้นสอง นำแลคโตไนไตด์มาทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) จะได้เป็นกรดแลคติก เกลือแอมโมเนีย และสารประกอบอื่น ๆ

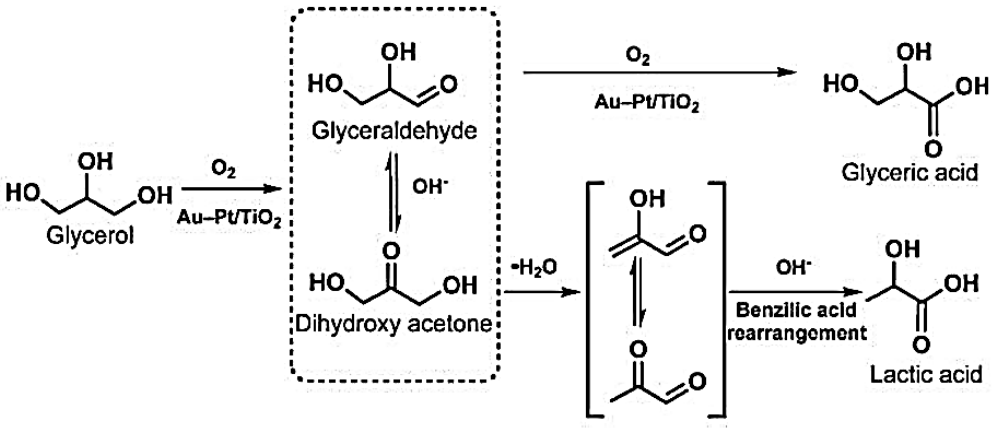
$$MeCH(OH)CN + H_2O + HCl \longrightarrow MeCH(OH)COOH + NH_4Cl$$

ขั้นสาม นำกรดแลคติกมาทำให้บริสุทธิ์ ด้วยการทำให้กลายเป็นอนุพันธ์เอสเทอร์ แล้วกลั่นเอาเอสเทอร์ออก ตามด้วยการทำการไฮโดรไลซ์เมทิลแลกเทสจนกลายเป็นกรดแลคติกบริสุทธิ์ โดยระหว่างกระบวนการจะกำจัดเมทานอล กรดไฮโดรไซยานิก และสารอื่นออกด้วย

- ผลิตกรดแลคติกจากสารตั้งต้นกลีเซอรอล โดยใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ภาพที่ 3) และปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอล (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากสารตั้งต้นกลีเซอรอลเพื่อผลิตกรดแลคติก [13]



ภาพที่ 4 กลไกการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอลจากสารตั้งต้นกลีเซอรอลเพื่อผลิตกรดแลคติก [13]

3. บริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย

3.1 บริษัทผู้ผลิต Lactic acid

3.1.1 ภายในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต Lactic acid ภายในประเทศ

บริษัทผู้ผลิต	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
บจก.เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น	4 ซ.นวมินทร์74 แยก 3-7-2 แขวงรามอินทรา เขตคันนายาว กรุงเทพ10230	02-947-9712	ไทย	https://www.chemipan.com/

3.1.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต Lactic acid ต่างประเทศ

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
Corbion Purac	Post address: P.O. Box 349 1000 AH Amsterdam The Netherlands	+31 20 590 6911	Netherland	http://www.corbion.com/
Fooding Group Limited	No.560, Zhangyang Road, Pudong, Shanghai 200122, China	+86-21-50321520/50321622	China	http://www.chinafooding.com/
Lotioncrafter LLC.	48 Hope Lane, Eastsound, WA 98245	360-376-8008	U.S.A.	http://www.lotioncrafter.com/lactic-acid-90-usp.html

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
Essential	2211 NW Nicolai St Portland, OR 97210	(866) 252-9639	Portland	http://www.essentialwholesale.com/product/1787/lactic-acid
Modernistpantry	Location: 25 Harold Dow Highway Eliot, ME. 03903	+1 888 578 3932	USA	http://www.modernistpantry.com/lactic-acid.html
Newdirections	47 CARRINGTON ROAD MARRICKVILLE ,SYDNEY NSW 2204	612 8577 5999	Australia	http://shop.newdirections.com.au/
Sigma-Aldrich Pte Ltd	1 Science Park Road #02-14 The Capricorn, S'pore Sci. PkII 117528	+65 6779-1200	Singapore	http://www.sigmaaldrich.com/

3.2 บริษัทผู้จัดจำหน่าย Lactic acid

3.2.1 ภายในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายชื่อบริษัทผู้จำหน่าย Lactic acid ภายในประเทศ

บริษัทผู้จำหน่าย	ที่อยู่	เบอร์โทร	ประเทศ	เว็บไซต์
บจก.เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น	4 ซ.นวมินทร์74 แยก 3-7-2 แขวงรามอินทรา เขตคันนายาว กรุงเทพ10230	02-947-9712	ไทย	https://www.chemipan.com/
แกมมาโก	เลขที่ 122,123 หมู่ที่ 1 ต.บางขนุน อ.บางกรวย จ.นนทบุรี 11130	0-2459-4731-8	ไทย	http://gammaco.com/
บริษัท เนเจอร์ เฟรนด์ จำกัด	ถนน เอกชัย - ซอย เอกชัย 68 แขวง บางบอน เขต บางบอน กรุงเทพมหานคร 10150	02 803 4944	ไทย	http://www.chemwinfo.com/

3.2.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 รายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่าย Lactic acid ในต่างประเทศ

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
Corbion Purac	Post address: P.O. Box 349 1000 AH	+31 20 590 6911	Netherland	http://www.corbion.com/

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
	Amsterdam The Netherlands			
Fooding Group Limited	No.560, Zhangyang Road, Pudong, Shanghai 200122, China	+86-21-50321520/50321622	China	http://www.chinafooding.com/
Lotioncrafter LLC.	48 Hope Lane, Eastsound, WA 98245	360-376-8008	U.S.A.	http://www.lotioncrafter.com/lactic-acid-90-usp.html
Essential	2211 NW Nicolai St Portland, OR 97210	(866) 252-9639	Portland	http://www.essentialwholesale.com/product/1787/lactic-acid
Modernistpantry	Location: 25 Harold Dow Highway Eliot, ME. 03903	+1 888 578 3932	USA	http://www.modernistpantry.com/lactic-acid.html
Newdirections	47 CARRINGTON ROAD MARRICKVILLE ,SYDNEY NSW 2204	612 8577 5999	Australia	http://shop.newdirections.com.au/
Sigma-Aldrich Pte Ltd	1 Science Park Road #02-14 The Capricorn, S'pore Sci. PkII 117528	+65 6779-1200	Singapore	http://www.sigmaaldrich.com/

4. การประยุกต์ใช้ Lactic acid ในอุตสาหกรรม

4.1 อุตสาหกรรมอาหาร

อุตสาหกรรมอาหารถือเป็นอุตสาหกรรมที่นำกรดแลคติกมาใช้ประโยชน์มากที่สุด ซึ่งกรดแลคติกที่ใช้สามารถผลิตขึ้นได้เองหรือได้จากการเติมในกระบวนการหมักอาหารในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต ขนมปัง เบียร์ เนยเทียม ผักผลไม้ดอง ไส้กรอก และเครื่องดื่มบางชนิด เป็นต้น นอกจากนั้นยังใช้เติมในอาหารเพื่อให้มีกลิ่น และรสเปรี้ยวที่น่ารับประทานหรือเพื่อป้องกันการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อื่นที่ทำให้อาหารบูดเน่า และใช้กรดแลคติกผสมในเครื่องดื่มนิยมใช้ในรูปแคลเซียมแลคเตทเพื่อเสริมเกลือแร่ และแคลเซียม สำหรับการถนอมอาหารอาจมีการใช้กรดแลคติกร่วมกับกรดอะซิติกสำหรับป้องกันการเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้กรดแลคติกเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้มีการใช้กรดแลคติกในรูปของเกลือสำหรับป้องกันการบูดเน่า เช่น โซเดียม และโพแทสเซียมแลคเตท ทำให้มีรสเค็มเล็กน้อย นิยมใช้ในอาหารประเภทเนื้อต่างๆ อาทิ เนื้อไก่ เนื้อปลา อาหารทะเล เป็นต้น

<u>กรกแลคติกที่เกิดจากการหมัก</u>

ตัวอย่างกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากการหมักวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ได้แก่

- ผลิตภัณฑ์นมหมัก เช่น โยเกิร์ต (Yogurt) นมเปรี้ยว เนยแข็ง (Cheese)
- ผลิตภัณฑ์หมักจากเนื้อสัตว์ เช่น แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว ซาลามิ (Salami)
- ผลิตภัณฑ์หมักจากผักผลไม้ เช่น ผลไม้ดอง แตงดอง (Pickle) กิมจิ (Kimchi) ซาวเคราต์ (Sauerkraut)
- ผลิตภัณฑ์หมักจากถั่วเหลือง เช่น ซีอิ้ว (Fermented soy sauce) เต้าเจี้ยวเต้าหู้ยี้ มิโซ (Miso)

<u>การใช้กรดแลกติกเพื่อเป็นวัตถุเจือปนในอาหาร</u>

กรดแลกติกใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food additive) เพื่อปรับความเป็นกรดในอาหาร

<u>การใช้กรดแลกติกเพื่อช่วยถนอมอาหารและทำให้อาหารปลอดภัย</u>

กรดแลกติกสามารถช่วยในการถนอมอาหารและทำให้อาหารปลอดภัย เพราะกรดที่ได้จากการหมักทำให้ค่า pH ของอาหารลดลงจะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (Pathogen) รา (Mold) ยีสต์ (Yeast) เนื่องจาก H^+ จะซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) เข้าสู่ภายในทำให้ไซโทพลาสซึม (Cytoplasm) มีสภาวะภายในเซลล์ของแบคทีเรียเป็นกรดสูง ซึ่งส่งผลให้ ความแตกต่างของโปรตอน (Electrochemical proton gradient) ภายในเซลล์ของแบคทีเรียเสียไป เซลล์จึงถูกทำลายและไปยับยั้งการนำเข้ากรดอะมิโน (Amino acid uptake) ของเซลล์แบคทีเรีย

4.2 อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

- **ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว**

กรดแลคติกในโลชั่นหรือครีมบำรุงผิวจะทำให้เกิดกระบวนการที่ทำให้ผิวหนังชั้นบนสุดหลุดออกและทำให้ผิวชั้นต่อไปปรากฏขึ้นมาแทนผิวเดิม (Chemical exfoliation) ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้จุดด่างดำจางลง รอยเหี่ยวย่นตื้นขึ้น และรอยไหม้จากแสงแดดหลุดลอกออกไป โดยทั่วไปเอเอชเอ (AHAs) ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวมีหลายชนิด เช่น กรดมาลิก (Malic acid) กรดซิตริก (Citric acid) กรดไกลโคลิก (Glycolic acid) แต่จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่ากรดแลกติกเป็นตัวที่ทำให้อัตราการเกิดเซลล์ใหม่ของผิวได้สูงกว่า และเกิดการระคายเคืองต่อผิวน้อยที่สุด

- **ผลิตภัณฑ์ช่วยให้ผิวขาว**

สาเหตุที่ทำให้ผิวคล้ำขึ้นหลังจากการตากแดดเป็นเวลานานนั้นเกิดจากเมลานิน (Melanin) ซึ่งเป็นเม็ดสีธรรมชาติของผิว กระบวนการเกิดเมลานินมีกลไกหลายขั้นตอน โดยไทโรซีน (Tyrosine) เป็นสารตั้งต้นและ ไทโรซิเนส (tyrosinase) เป็นเอนไซม์สำคัญ ดังนั้นกรดแลคติกจะไประงับการเกิดของเอนไซมไทโรซิเนส

- **ผลิตภัณฑ์เพิ่มความชุ่มชื้น**

กรดแลกติกช่วยรักษาความชุ่มชื้นให้กับผิวและสามารถเพิ่มระดับของเซราไมด์ (Ceramide) ได้ ซึ่งเซราไมด์เป็นคอมเพลกซ์ลิพิดชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นภายในผิว เปรียบเสมือนเป็นกำแพงปกป้องเพื่อไม่ให้ผิวสูญเสียน้ำจากการสัมผัสสิ่งต่างๆในสิ่งแวดล้อม

4.3 อุตสาหกรรมพลาสติก

ปัจจุบันพลาสติกชีวภาพกำลังเป็นที่สนใจ เนื่องจากพลาสติกชนิดนี้สามารถย่อยสลายได้ในทางชีวภาพ (Biodegradable plastic) ซึ่งกรดแลคติกสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic

acid; PLA) โดยการสังเคราะห์ PLA สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การผลิตโดยวิธีการหมักจากแบคทีเรียและการผลิตโดยวิธีทางเคมี โดยวิธีการหมักจากแบคทีเรีย จะนำกรดแลคติกที่ได้จากการหมักมาผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างให้เป็นสารใหม่ที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน เรียกว่า แลคไทด์ (Lactide) หลังจากนั้นนำมากลั่นในระบบสุญญากาศเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ของแลคไทด์ที่เป็นสายยาวขึ้น เรียกว่า พอลิแลคติคแอซิด โดยคุณสมบัติของ PLA ขึ้นกับการกำหนดความยาวของสายพอลิเมอร์ และการผลิตโดยวิธีทางเคมี สามารถสังเคราะห์ได้หลายวิธีผ่านปฏิกิริยาต่าง ๆ เช่น ปฏิกิริยาควบแน่นโดยตรง (Direct polycondensation) ปฏิกิริยาการควบแน่นในสภาวะของแข็ง (Solid-state polycondensation) ปฏิกิริยาต่อสายโซ่ (Chain extension) ปฏิกิริยาการควบแน่นแบบอะซิโอโทรปิค (Azeotropic dehydration polycondensation) ปฏิกิริยาควบแน่นโดยเอนไซม์ (Enzymatic polycondensation) และการสังเคราะห์โดยการเปิดวง (Ring-opening polycondensation) เป็นต้น ทั้งนี้ PLA สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกได้เช่นเดียวกับเม็ดพลาสติกจากปิโตรเลียม [14]

4.4 อุตสาหกรรมอื่นๆ

กรดแลคติกสามารถใช้ในอุตสาหกรรมด้านอื่นๆ ได้แก่

- ใช้สำหรับปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมผลิตเส้นใย อุตสาหกรรมยานยนต์ การผลิตเครื่องมือทางการแพทย์ เป็นต้น
- เป็นสารตั้งต้นผลิตสารอื่นๆ เช่น ผลิตกรดโพไพโนอิค กรดอะซิติค และกรดอะไซลิค เป็นต้น
- แอนติโมนีแลคเตท ใช้สำหรับเป็นส่วนผสมของสีย้อมทำให้สียึดติดแน่น
- แคลเซียมแลคเตท ใช้สำหรับกินเสริมป้องกันการขาดแคลเซียม
- คอปเปอร์แลคเตท ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาชุบโลหะไฟฟ้า
- ไอออนแลคเตท ใช้สำหรับกินเสริมการขาดธาตุเหล็ก
- โซเดียมแลคเตท ใช้สำหรับเคลือบป้องกันความชื้น และการกัดกร่อนของวัสดุ
- เอทิลแลคเตท ใช้สำหรับเป็นตัวทำละลายของไนโตเซลลูโลส และเซลลูโลสอะซิเตรท
- เอ็น บิวทิลแลคเตท ใช้เป็นตัวทำละลายของน้ำมันขัดเงา
- เมทิลแลคเตท ใช้เป็นตัวทำละลายของเซลลูโลสอะซิเตรท

5. ความรู้และข่าวสารใหม่ๆ

- **น้ำหมักกรดแลคติกหรือกรดอินทรีย์ เสริมความต้านทานโรค**

เนื่องจากแบคทีเรียในกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก พบมากในน้ำข้าว น้ำนม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะถ้านำไปใช้กับพืชผักประเภททานใบ จะเป็นการช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้พืชนั้น ๆ เกิดความต้านทานโรคได้ในระดับหนึ่ง ทั้งยังเป็นตัวช่วยเพิ่มขนาดของไม้ผลได้ด้วย ทั้งนี้การทำน้ำหมักกรดแลคติก เพื่อใช้ประโยชน์ในการบำรุงพืช จึงมักมีน้ำนมหรือน้ำข้าวเป็นวัตถุดิบในส่วนผสมของสูตรน้ำหมักดังกล่าว ตัวอย่างสูตรการทำน้ำหมักมีส่วนผสม ได้แก่ น้ำซาวข้าว จำนวน 5 ลิตร นมสด จำนวน 10 ลิตร น้ำตาลทราย จำนวน 10 ลิตร น้ำมะพร้าว จำนวน 5 กิโลกรัม และยีสขนมปัง 1 ซอง ซึ่งมีวิธีการทำคือ นำส่วนผสมทั้งหมดผสมในถังพลาสติก มักทิ้งไว้ประมาณ 15-90 วัน จากนั้นจึงนำไปใช้งาน โดยผลที่เกิดขึ้นเมื่อใช้น้ำหมักกรดแลคติก คือ ช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของปุ๋ยหมัก กรดแลคติกช่วยในการพรวนดินได้ กรดแลคติกสามารถแทรกตัวลงไปภายในดินที่ไม่มีปริมาณออกซิเจน ทำให้ดินร่วนและโปร่งขึ้น และช่วยให้สัตว์เลี้ยงมีระบบย่อยที่ดีขึ้น [15]

- **เครื่องดื่มกรดแลคติกที่ส่งผลต่อสุขภาพ**

ปัจจุบันการดูแลสุขภาพเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจจากทุกเพศทุกวัย การเลือกรับประทานอาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ นั้น นอกจากคำนึงถึงเรื่องรสชาติ ราคา และรูปลักษณะแล้ว สิ่งที่คนให้ความสำคัญมาก คือ ผลที่ได้หลังจากการรับประทานเข้าไปต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับคนที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มได้มีการคิดค้น วิจัย และศึกษา รวมถึงได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ หนึ่งในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพคือ เครื่องดื่มจากการหมักของกรดแลคติกหรือเครื่องดื่มที่มีการหมักด้วยแบคทีเรีย (Probiotic drink) กลุ่มแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria หรือ LAB) สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มในกลุ่มนี้ได้ตามกระบวนการผลิตออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ กลุ่มนมหมัก (Fermented milk) เช่น โยเกิร์ต นมเปรี้ยว คีเฟอร์ คูมิส ซึ่งเป็นการหมักน้ำนมวัวกับ LAB โดยหลังจากหมักแล้วจุลินทรีย์ที่ได้จะยังคงมีชีวิตอยู่ และควรมีมากกว่า 107 ต่อมิลลิลิตร ในบางตัวอาจมีการเติมเชื้ออื่นผสม เช่น คีเฟอร์กับคูมิสมีการหมักด้วย LAB กับยีสต์ ในกลุ่มนี้จะมีโปรตีนที่มาจากนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.4 ของน้ำหนัก กลุ่มผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria product) เป็นการหมักจุลินทรีย์กับวัตถุดิบอื่น ๆ ที่ไม่ใช้น้ำนมวัว เช่น ข้าวหมาก ปลาหมัก ถั่วหมัก ผลไม้หมัก ขนมปังเปรี้ยว ลูกอม นมถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารชนิดผงหรือแคปซูล เป็นต้น จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์จะมีค่าแตกต่างกันไปจากน้อยถึงมาก และกลุ่มเครื่องดื่มกรด (Lactic drink) เช่น น้ำผลไม้ผสมกรดแลคติก น้ำผสมนมเปรี้ยวเจือจาง โดยมีวิธีการผลิตคือ มีการเติมสารละลายน้ำตาลและกลิ่นลงไปในนมที่ผ่านกระบวนการหมักกับจุลินทรีย์แล้ว โดยจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ควรมีมากกว่า 107 ต่อมิลลิลิตร [16,17,18,19]

ประโยชน์ของแบคทีเรียกรดแลคติก

จากประวัติของอาหารและเครื่องดื่มพบว่ามนุษย์มีการนำเอาการนำแบคทีเรียที่ดีมาใช้ในกระบวนการหมักอาหารมีความเป็นมามากว่า 3,000 ปีก่อนคริสตกาล โดยมีการบันทึกเป็นภาพวาดบนแผ่นหินที่คาดว่าเกิดขึ้นในยุคเมโสโปเตเมีย เมื่อมาทำการศึกษาวิจัยแล้วจะพบว่าแบคทีเรียที่ใช้ในอาหารจะคล้ายกับแบคทีเรียที่พบได้ในทางเดินอาหารของมนุษย์ (Normal flora) โดยเฉพาะกลุ่ม Lactic acid bacteria (LAB) มีหลายชนิด ได้แก่ แลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus*), วาโกคอกคัส (*Vagococcus*), แลคโตคอกคัส (*Lactococcus*), เอนเทอโรคอกคัส(*Enterococcus*), พีดิโอคอกคัส (*Pediococcus*), ลูโคนอสทอค (*Leuconostoc*), เอโรคอกคัส (*Aerococcus*), ไวสเซลลา (*Weissella*), ออยโนคอกคัส (*Oenococcus*), สเตรปโตค็อกคัส (*Streptococcus*) และกลุ่มบิฟิโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium*) [17,18] อาหารและเครื่องดื่มที่มีการใช้ LAB จะเป็นกลุ่มอาหารที่ผ่านการหมัก ในกระบวนการหมักนั้นจุลินทรีย์มีหน้าที่ทำการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสและกลูโคส ซึ่งเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในน้ำนม ทำให้มีการผลิตกรดแลคติก ซึ่งกรดชนิดนี้เป็นกรดที่มีรสเปรี้ยว นอกจากนี้ในระหว่างการหมักยังมีการสร้างกรดไขมันสายสั้น (Short Chain Fatty acid) เป็นสารที่ช่วยในการเจริญเติบโตและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ อีกทั้งการหมักยังส่งผลต่อกลิ่นและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อีกด้วย จากการศึกษาหลายการศึกษาพบว่าจุลินทรีย์เหล่านี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการ ได้แก่ ช่วยรักษาสมดุลในระบบทางเดินอาหาร เช่น ช่วยลดการเกิดอาการการแพ้น้ำตาลแลคโตส (lactose intolerance) โดยผู้ที่มีอาการนี้ร่างกายจะไม่สามารถผลิตเอนไซม์แลคเตสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยน้ำตาลแลคโตส ส่งผลให้เมื่อดื่มนมจะทำให้เกิดอาการท้องเสีย แต่เมื่อดื่มนมที่มีการหมักด้วย LAB อาการแพ้นมจะลดน้อยลงเนื่องจากมีการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์กาแลคโตซิเดส

(Galactosidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ย่อยน้ำตาลแลคโตสทำให้กลายเป็นกรดแลคติกที่ย่อยได้ง่ายและดูดซึมได้ง่ายขึ้น [18] การช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค (Pathogenic micro-organism) ในระบบทางเดินอาหาร โดยป้องกันการสัมผัสระหว่างเชื้อก่อโรคกับผนังลำไส้ และยังสร้างสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโต เช่น กรดแลคติก กรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ กรดไขมันสายสั้น และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) การทำงานของแบคทีเรียนี้จะแตกต่างจากการทำงานของยาปฏิชีวนะ (Antibiotic) เนื่องจากยาปฏิชีวนะจะเน้นทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นจุลินทรีย์ที่ดีหรือไม่ดี แต่โปรไบโอติกจะเป็นการสร้างจุลินทรีย์ที่ดีให้เพิ่มมากขึ้นเพื่อลดการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ดีและให้โทษต่อร่างกาย [19,20] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยระบุถึงคุณสมบัติของการบริโภค LAB ต่อการช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน การช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลรวมในเลือด การช่วยลดความดันโลหิต รวมทั้งลดการเกิดอาการท้องเสีย [21]

งานวิจัยเครื่องดื่มกรดแลคติกกับสุขภาพ

ช่วยลดระดับความดันโลหิต จากการศึกษาในมนุษย์ของ Hata Y และคณะ [22] ศึกษาผลของการดื่มนมเปรี้ยว (Sour milk) ที่มีจุลินทรีย์ชนิดแลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus helveticus*) และแซคคาโรไมซิน (*Saccharomyces cerevisiae)* ต่อระดับความดันโลหิต ศึกษาแบบ Placebo-controlled study ในกลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะความดันโลหิตสูง ระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การดื่มนมเปรี้ยว 95 มิลลิลิตรต่อวัน ช่วยลดระดับ systolic blood pressure ในสัปดาห์ที่ 4 (9.4 ± 3.6 มิลลิเมตรปรอท) และสัปดาห์ที่ 8 (14.1 ± 3.1 มิลลิเมตรปรอท) ขณะที่ระดับ Diastolic blood pressure ลดลงในสัปดาห์ที่ 8 (6.9 ± 2.2 มิลลิเมตรปรอท) หลังดื่มนมเปรี้ยว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kajimoto O และคณะ [23] ศึกษาผลของการดื่มนมเปรี้ยวที่มีจุลินทรีย์ชนิดแลคโตบาซิลลัส *(Lactobacillus helveticus)* ต่อระดับความดันโลหิต ศึกษาแบบ Placebo-controlled double-blind study ในกลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะความดันโลหิตสูงเล็กน้อยถึงปานกลางจำนวน 30 คน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า หลังจากดื่มนมเปรี้ยว 160 มิลลิลิตรต่อวัน ช่วยลดระดับ Systolic blood pressure และระดับ Diastolic blood pressure

ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด จากการศึกษาของ Ataie-Jafari A และคณะ [24] ศึกษาผลของการดื่มโยเกิร์ตต่อระดับคอเลสเตอรอลรวมในเลือด ศึกษาแบบ Randomized crossover trial ในกลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะคอเลสเตอรอลในเลือดสูงเล็กน้อยถึงปานกลางจำนวน 14 คน ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การรับประทานโยเกิร์ต 300 กรัมต่อวัน ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลรวมในเลือดลดลง (0.328 ± 0.03 มิลลิโมลต่อลิตร) กล่าวคือ สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลรวมในเลือดได้ประมาณร้อยละ 5

ช่วยลดการเกิดอาการท้องเสีย จากการศึกษาในมนุษย์ของ Warsa UC และคณะ [25] ศึกษาผลของการดื่มนมเปรี้ยวที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus helveticus*) ต่อการป้องกันหรือการฟื้นตัวจากอาการท้องเสียโดยการประเมินน้ำหนักตัวในนักเรียนจำนวน 106 คน ผลการศึกษาพบว่า การดื่มนมเปรี้ยวที่มีการเจือจาง 5 เท่า ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ทุกวันตอน 9 โมงเช้า ทำให้น้ำหนักตัวของนักเรียนเพิ่มขึ้น 1-2 กิโลกรัม ในระยะเวลา 1 เดือน และอัตราการเกิดอาการท้องเสียลดลง ดังนั้น การดื่มนมเปรี้ยวช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวจากอาการท้องเสีย และยังช่วยให้อาการท้องเสียดีขึ้น

ช่วยเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน การศึกษาในมนุษย์ของ Olivares และคณะ [26,27] ได้ทำการศึกษาในกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดี โดยให้ดื่มเครื่องดื่มที่มีการผสมกรดแลคติก เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของตัวชี้วัดระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย Phagocytic cells, Monocytes, Neutrophils และ Phagocytic activity

หลังจากการบริโภคเป็นเวลา 2 สัปดาห์พบว่า ตัวชี้วัดต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมีค่าที่สูงขึ้น และคงตัวที่เวลา 4 สัปดาห์หลังจากที่เริ่มบริโภค อีกงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการได้รับจุลินทรีย์จะส่งผลช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันแข็งแรงขึ้น Fuller และคณะ [28] ได้ศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มี *Bifidobacterium Lactic* และ *Lactobacillus rhamnosus* ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มตัวฆ่าเชื้อโรคธรรมชาติ ตัวเพิ่มตัวลดค่าการอักเสบติดเชื้อ

ช่วยทำให้การขับถ่ายดีขึ้น จากการศึกษาของ Mazlyn และคณะ [29] ที่ทำการศึกษาในผู้ที่มีปัญหาของการขับถ่าย โดยให้ดื่มเครื่องดื่มที่มีการใส่ LAB วันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการขับถ่ายและจำนวนครั้งที่ขับถ่าย รวมถึงปริมาณที่ขับถ่ายออกมา ผลพบว่าในกลุ่มที่ให้ LAB มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นของระบบขับถ่าย มีจำนวนครั้งที่ขับถ่ายเพิ่มขึ้นแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นทีละเล็กน้อย แต่สามารถเห็นได้ชัดเจนเมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์

เอกสารอ้างอิง

[1] Datta R and Henry M (2006) Lactic acid: Recent advances in products, processes and technologies-a review, J Chem Technol Biotechnol 81:1119-1129.

[2] Weber C J, Haugaard V, Festersen R and Bertelsen G (2002) Production and applications of biobased packaging materials for the food industry, Food Addit Contam 19:172-177.

[3] บุษกร อุตรภิชาติ. 2547. *จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2.* ภารกิจเอกสาร และตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา.

[4] Frazier, W.C. and D.C. Westhoff. 1988. *Food Microbiology. 4 th ed.* Tata McGraw-Hill Co. Ltd. New York, Sydney.

[5] Jay, J.M. 2000. *Modern Food Microbiology. 6 th. ed.* Chapman & Hall. London, Melbourne.

[6] Wood, B.J. and W.H. Holzapfel. 1995. *The Genera of Lactic Acid Bacteria*. Chapman & Hall. London, Melbourne.

[7] Holt , J.G. ; N. R. Kreig ; P. H. A. Sneath ; J. T. Staley and S. T. Williams. 1994 *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 9th ed.* Williams & Wilkins. A Waverly Co. Baltimore, London.

[8] วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. *จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญทางด้านอาหาร.* ภาควิชาจุลชีววิทยา , คณะวิทยาศาสตร์ , มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[9] วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล , เมตตา องค์สกุล และ ผกาพรรณ สิงห์ชัย. 2539. ผลการยับยั้งของ *Lactobacillus* spp. จากนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่มีต่อ *Staphylococus aureus* , *Salmonella typhimurium* และ *Escherichia coli* เมื่อเพาะเลี้ยงร่วมกัน. *วารสารสงขลานครินทร์.* 18 : 301-305.

[10] สมบูรณ์ ธนาศุภวัฒน์. 2541. *แบคทีเรียกรดแลคติก.* เอกสารวิชาการภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัช-ศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[11] Stile, M.E. and W.H. Holzapfel. 1997. Lactic Acid Bacteria of Food and Their Current Taxonomy. *International Journal of Food Microbiology.* 36 : 1-29.

[12] Oguro, Y., Nishiwaki, T., Shinada, R., Kobayashi, K., & Kurahashi, A. (2017). Metabolite profile of koji amazake and its lactic acid fermentation product by Lactobacillus sakei UONUMA. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.

[13] Razali, N., & Abdullah, A. Z. (2017). Production of lactic acid from glycerol via chemical conversion using solid catalyst: A review. *Applied Catalysis A: General*.

[14] Lasprilla AJ, Martinez GA, Lunelli BH, Jardini AL, Filho RM (2012) Poly-lactic acid synthesis for application in biomedical devices - a review. Biotechnol Adv 30: 321-328.

[15] http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=3424&s=tblplant

[16] Mitsuoka T. Biogenics therapy by lactic fermentation products. Proceeding of biogenics workshop (internet). (Cited 2014 Mar 2). Available from: http://biogenics.jp 4

[17] Shiby VK, Mishra HN. Fermented milks and milk products as functional foods--a review. Crit Rev Food Sci Nutr. 2013;53(5):482-96.

[18] Vesa TH, Marteau P, Korpela R. Lactose intolerance. J Am Coll Nutr. 2000 Apr;19(2 Suppl):165S-75S.

[19] Defoirdt T, Sorgeloos P, Bossier P. Alternatives to antibiotics for the control of bacterial disease in aquaculture. Curr Opin Microbiol. 2011 Jun;14(3):251-8.

[20] Servin AL, Coconnier MH. Adhesion of probiotic strains to the intestinal mucosa and interaction with pathogens. Best Pract Res Clin Gastroenterol. 2003 Oct;17(5):741-54.

[21] Kopp-Hoolihan L. Prophylactic and therapeutic uses of probiotics: a review. J Am Diet Assoc. 2001 Feb;101(2):229-38; quiz 39-41.

[22] Hata Y, Yamamoto M, Ohni M, Nakajima K, Nakamura Y, Takano T. A placebo-controlled study of the effect of sour milk on blood pressure in hypertensive subjects. Am J Clin Nutr. 1996 Nov;64(5):767-71.

[23] Kajimoto O, Nakamura Y, Yada H, Moriguchi S, Hirata H, Takahashi T. Hypotensive effects of sour milk in subjects with mild or moderate hypertension. J Jpn Soc Nutr Food Sci. 2001;54:347-354.

[24] Ataie-Jafari A, Larijani B, Alavi Majd H, Tahbaz F. Cholesterol-lowering effect of probiotic yogurt in comparison with ordinary yogurt in mildly to moderately hypercholesterolemic subjects. Ann Nutr Metab. 2009;54(1):22-7.

[25] Warsa UC. The effect of fermented sour milk consumption on the health conditions and the recovery from diarrhea of elementary school pupils. Jurnal Ilmiah Farmasi. 2001;5(2):29-33.

[26] Flint HJ, Scott KP, Louis P, Duncan SH (2012) The role of the gut microbiota in nutrition and health. Nat Rev Gastroenterol Hepatol 9: 577-589.

[27] Mónica Olivares, M. Paz Díaz-Ropero, Nuria Gómez, Federico Lara-Villoslada, Saleta Sierra, Juan A. Maldonado, Rocío Martín, Juan M. Rodríguez, Jordi Xaus (2006) The consumption of two new probiotic strains, *Lactobacillus gasseri* CECT 5714 and*Lactobacillus coryniformis* CECT 5711, boosts the immune system of healthy humans International Microbiology, 9, 1.

[28] Fuller R., G. Perdigon and R.A. Rastall, 2008. The Health Benefits of Probiotics and Prebiotics, Gut Flora, Nutrition, Immunity and Health, 46-58.

[29] Mena Mustapha Mazlyn, Lee Hun-Leong Nagarajahl Arshad Fatimah, A Karim Norimah, Khean-Lee Goh, 2013. Effects of a Probiotic Fermented Milk on Functional Constipation. J Gastroenterol Hepatol. 2013;28(7):1141-1147.