

## อาหารฟังก์ชัน : ส่วนผสมที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารพฤกษเคมีธรรมชาติ และโพรไบโอติก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทศพร นามโสง  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

พืชเป็นทั้งแหล่งอาหาร แหล่งยา และเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่สำคัญ พืชมีสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ (Functional properties) ทั้งในมนุษย์และสัตว์ ซึ่งสารประกอบในอาหารเหล่านี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นโอกาสที่ดีในการพัฒนาการสาธารณสุข นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามพัฒนานวัตกรรมของอาหารฟังก์ชันเพื่อประโยชน์ทางสุขภาพและเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคในระยะยาว<sup>1</sup> ประสิทธิภาพของสารประกอบต่างๆนี้ในการป้องกันโรคมักขึ้นอยู่กับวิธีการรักษาความเสถียรของสารออกฤทธิ์ ปฏิกริยาทางชีวภาพ และความสามารถในการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายของสารออกฤทธิ์<sup>2</sup>

สารประกอบต่างๆ นี้ซึ่งนอกเหนือจากสารพฤกษเคมีแล้ว พวกโพรไบโอติกที่ใช้ในการเสริมจุลินทรีย์ธรรมชาติที่อยู่ในลำไส้ก็เป็นอาหารฟังก์ชันอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งโพรไบโอติกจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพได้นั้นขึ้นกับความสามารถที่จะทำให้โพรไบโอติกนั้นอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมที่ลำบากในกะเพาะได้ ดังนั้นอาหารฟังก์ชันนั้นจะได้ประโยชน์จริงๆก็ต่อเมื่อมีกลไกที่จะปกป้องสารออกฤทธิ์ให้ยังคงมีฤทธิ์อยู่ได้จนถึงเวลาที่บริโภคและสามารถปลดปล่อยฤทธิ์ไปยังอวัยวะเป้าหมายได้<sup>3</sup> การห่อหุ้ม (encapsulate) สารออกฤทธิ์หรือเซลล์ที่มีชีวิตด้วยโพลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ก็เป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ นอกเหนือจากการห่อหุ้มเซลล์ที่มีชีวิตแล้ว การเอาสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่นวิตามิน โปรไบโอติก เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ สารประกอบฟีนอลิก ฮอริโมน กรดไขมัน หรือสารอื่นๆ ใส่เข้าไปในระบบอาหารก็เป็นวิธีทางหนึ่งในการพัฒนาอาหารใหม่ที่เป็นอาหารฟังก์ชันด้วย (novel functional food) ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อร่างกายและช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค<sup>4</sup>

### สารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืช

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดตั้งแต่แบคทีเรียเซลล์เดียวจนถึงหลายล้านเซลล์อย่างพืช สามารถสร้างสารประกอบที่ใช้เพื่อให้ดำรงชีวิตได้และอยู่รอดได้ สารประกอบที่ผลิตขึ้นในระบบชีวภาพนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

กลุ่มที่ 1 สารปฐมภูมิที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการเผาผลาญอาหาร (Primary metabolite) เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน โปรตีนและไขมัน ซึ่งสารเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการซ่อมแซมเซลล์ ต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเซลล์

กลุ่มที่ 2 สารทุติยภูมิที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการเผาผลาญอาหาร (Secondary metabolite) ได้แก่ สารน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ตัวอย่างเช่น กรดฟีนอลิก อัลคาลอยด์ ซึ่งสารเหล่านี้มีความสามารถในการปกป้องเซลล์และช่วยให้เซลล์อยู่รอด<sup>5</sup>

การที่พืชผลิตสารทุติยภูมินี้ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ ดินและสภาวะของพืช ตัวอย่างเช่นพืชที่เติบโตในสภาวะแวดล้อมที่ยากลำบากสามารถผลิตสารต้านอนุมูลอิสระได้ในปริมาณที่มาก<sup>5</sup> โดยทั่วไปแล้ว สารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชเป็นสารทุติยภูมิที่ผลิตจากกระบวนการเผาผลาญอาหาร ซึ่งจะทำให้มีผลทางเภสัชวิทยาหรือพิษวิทยาแก่สัตว์และมนุษย์ สารประกอบเหล่านี้อาจสกัดได้จากส่วนราก ลำต้น เปลือกไม้ ใบ ดอก ผล และเมล็ด<sup>6</sup> สารประกอบในกลุ่มนี้ได้แก่

ก. สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) เป็นสารทุติยภูมิที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการเผาผลาญอาหาร (secondary metabolite) ที่พบในพืชและผลิตภัณฑ์จากพืช เช่นจากผลไม้พวกเบอร์รี่ แอปเปิล ผลไม้ตระกูลส้ม โกโก้ องุ่น หัวหอม มะเขือเทศ บรอกเคอรี่ ถั่วเหลือง ธัญพืช ชาดำ ชาเขียว เมล็ดกาแฟ ไวน์ขาวและไวน์แดง<sup>7</sup> ซึ่งประมาณได้ว่าสารประกอบมากกว่า 8,000 ชนิด ที่มีอยู่ในธรรมชาติในพืชเป็นสารประกอบฟีนอลิก<sup>8</sup> แบ่งสารประกอบฟีนอลิกเป็นชนิดต่างๆ ได้ถึง 16 ชนิด ซึ่งมีกิจกรรมทางชีวภาพหลากหลายต่างกัน แต่ส่วนใหญ่แล้วมีปฏิกิริยาในการป้องกันการเสื่อมเสียที่มาจากออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังมีหน้าที่อื่น ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเช่น ให้สีแก่ใบ ผล หรือดอก เพื่อให้มีความต้านทานต่อศัตรูพืชควบคุมกระบวนการการงอก การเจริญและการสืบพันธุ์ สารประกอบฟีนอลิกมีความสำคัญต่อกระบวนการหลักของการเผาผลาญอาหารของเซลล์<sup>9</sup> กรดฟีนอลิกเป็นหนึ่งในสามของสารประกอบฟีนอลิกที่มีในอาหารมนุษย์ และสารนี้มีปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระสูง<sup>10</sup>

- ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เป็นสารประกอบฟีนอลิกอีกชนิดหนึ่งในพืช ฟลาโวนอยด์แบ่งออกได้หลายชนิดเช่น flavone flavanols flavonol flavanonols flavanones isoflavones anthocyanin ซึ่งมีปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัสและต้านมะเร็งต่างๆ กันออกไป<sup>11</sup> เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร ฟลาโวนอยด์เป็นตัวป้องกันการออกซิเดชันของไขมัน ปกป้องวิตามินและเอนไซม์ และเป็นส่วนหนึ่งของสีและรสชาติของอาหาร การดูดซึมฟลาโวนอยด์เกิดขึ้นที่ลำไส้เล็ก หลังจากนั้นฟลาโวนอยด์จะถูกดูดซึมและจะถูกย่อยเป็นสารประกอบเล็กๆ ที่ตับ<sup>12</sup>
- แทนนิน (Tannin) เป็นสารประกอบฟีนอลิกอีกอันหนึ่งที่เป็นที่รู้จัก แทนนินเป็นโพลีเมอร์ของ catechin หรือ leucoanthocyanidin ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นฟีนอลิกที่ให้คุณสมบัติรสฝาดแก่พืชผัก

สารประกอบฟีนอลิกมีกิจกรรมทางชีวภาพที่หลากหลายจึงคาดหวังถึงการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเช่นในผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ประมง พาสต้า ไอศกรีม โยเกิร์ต หรือผลิตภัณฑ์นมอื่นๆ ซึ่งจะต้องมีการศึกษากันต่อไป

- ข. สเตอรอล (Sterol) ไฟโตสเตอรอล (Phytosterol) ซึ่งรวมถึงสเตอรอลจากพืช และ stanol เป็นสารพิษเคมีที่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน ไฟโตสเตอรอลเป็นองค์ประกอบโครงสร้างที่สำคัญของเซลล์เมมเบรนของพืช คล้ายๆ กับโคเลสเตอรอลในเซลล์ของสัตว์ โครงสร้างของไฟโตสเตอรอลคล้ายๆ กับโคเลสเตอรอลคือประกอบด้วยคาร์บอนด์ 28-29 อะตอม และมีบอนด์คู่ 1 คู่หรือ 2 คู่ สารนี้ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ในร่างกายมนุษย์ ดูดซึมได้น้อยมากและขับออกจากตับได้เร็วกว่าโคเลสเตอรอล เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมอาหารฟังก์ชันต้องทำให้รวมตัวกับเอสเทอร์ของกรดไขมันก่อน เพื่อให้ละลายได้ดีขึ้น<sup>13</sup> ไฟโตสเตอรอลนี้เมื่อผสมในอาหารได้หลายชนิด เช่น ซีอิกโกแลต น้ำส้ม เนยแข็ง เครื่องดื่ม เนื้อ เบเกอรี่ ปรากฏว่าให้ผลที่ไม่ดีนัก แต่เมื่อผสมในอาหารเช่น fat spread มายองเนส สลัดเดรสซิ่ง จะให้ผลเป็นที่น่าพอใจกว่า<sup>14</sup>

### โพรไบโอติก พรีไบโอติกและผลิตภัณฑ์กรดแลคติก

ผลิตภัณฑ์กรดแลคติกก็เป็นหนึ่งในอาหารฟังก์ชันที่ได้รับความนิยมมาก ผลิตภัณฑ์หมักกรดแลคติกแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม<sup>15</sup> กลุ่มที่ 1 คือ โพรไบโอติก ที่มีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตคือ *Lactobacilli* และ *Bifidobacteria* ปรับปรุงสมดุลของแบคทีเรียในลำไส้ เนื่องจากประโยชน์ต่อสุขภาพ แบคทีเรียโพรไบโอติกจึงอยู่ร่วมกับผลิตภัณฑ์หลายชนิดเช่นโยเกิร์ต เนยแข็ง ไอศกรีม นมผงและของหวาน กลุ่มที่ 2 พรีไบโอติกซึ่งคือส่วนผสมที่ย่อยไม่ได้ เช่น โอลิโกแซคคาไรด์ และเยื่อใยอาหาร เป็นตัวเร่งการเจริญเติบโตหรือกิจกรรมของแบคทีเรียในลำไส้ โดยทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้มากขึ้นและเป็นสารอาหารให้กับพวกโพรไบโอติก ส่วนพรีไบโอติกเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายย่อยไม่ได้ ได้มาจากการสกัดส่วนของพืชและตามด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์<sup>16</sup> กลุ่มที่ 3 คือกลุ่ม biogenic คือกลุ่มโมเลกุลที่มีกิจกรรมทางชีวภาพ เช่น เปปไทด์ ฟลาโวนอยด์ คาโรทีนอยด์

โพรไบโอติกและพรีไบโอติก ช่วยปรับปรุงสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้โดยเร่งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์และยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นอันตราย นอกจากนี้ยังเหนี่ยวนำให้สร้างสาร biogenic เช่น สารต้านแบคทีเรียและกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้วย<sup>15</sup> จุลินทรีย์โพรไบโอติกนอกเหนือจากมีประโยชน์ในเรื่องภูมิคุ้มกันและป้องกันแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแล้ว ยังมีความเชื่อมโยงไปถึงการรักษาโรคมะเร็ง และยังรักษาผู้ป่วยที่มีระดับโคเลสเตอรอลสูง<sup>17</sup> แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่นี้คือ *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* ซึ่งมีคุณลักษณะเฉพาะหลายอย่างเช่น มีระบบการเผาผลาญที่เสถียร ไม่เสริมการต้านยาปฏิชีวนะ ไม่ก่อให้เกิดโรค ปลอดภัยต่อการบริโภคและดีต่อสุขภาพ แบคทีเรียพวกนี้ยังรอดชีวิตในทางเดินอาหาร ทนต่อกรดของน้ำดี ออกซิเจนและเอนไซม์ อย่างไรก็ตามการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ก็ขึ้นกับปัจจัย

หลายอย่างเช่น pH ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายได้ อุณหภูมิที่เก็บ และสายพันธ์ของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์นมหมักนั้น<sup>18</sup>

## การป้องกันหรือปกป้องสารออกฤทธิ์ให้ยังคงมีประสิทธิภาพด้วยกระบวนการห่อหุ้มหรือ encapsulation

วัตถุประสงค์ของกระบวนการนี้คือการปกป้องรักษาวัตถุแก่นหลักหรือวัสดุที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสภาพแวดล้อม เช่น แสง ความเป็นกรดต่าง และออกซิเจน เป็นต้น วิธีการนี้มีข้อดีอีกคือสามารถควบคุมอัตราการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ให้ส่งต่อไปยังจุดที่ต้องการได้ถูกที่และถูกเวลา<sup>19</sup> การห่อหุ้มหรือ encapsulation นี้ เป็นกระบวนการซึ่งบรรจุสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งเป็นสารแก่นหลักนี้ ลงในวัสดุห่อหุ้มที่ทำหน้าที่เหมือนเป็นแคปซูล วัสดุนี้จะปกป้องหรือเคลือบอยู่รอบวัสดุแก่น เป็นการแยกวัสดุแก่นออกจากสิ่งแวดล้อมจนกระทั่งวัสดุแก่นถูกปลดปล่อยออกมา การห่อหุ้มเป็นการหลีกเลี่ยงไม่ให้วัสดุที่ออกฤทธิ์หรือวัสดุแก่นทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่นๆ ของอาหาร ซึ่งจะนำไปสู่การเสื่อมสภาพของสารออกฤทธิ์ได้ ตัวแคปซูลลักษณะเป็นทรงกลม เป็นเมมเบรนที่บางและแข็งแรงและยอมให้สารซึมผ่านได้บ้าง ทำหน้าที่ห่อหุ้มวัสดุแก่นที่เป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลว ตัวแคปซูลสามารถเป็นได้ทั้งสารบริสุทธิ์หรือของผสมเช่น น้ำตาล กัม โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ตามธรรมชาติหรือดัดแปร ซึ่งอาจเรียกตัวแคปซูลว่าวัสดุเคลือบหรือเมมเบรนของแคปซูล การเลือกใช้วัสดุเคลือบขึ้นกับคุณสมบัติของวัสดุแก่นที่ถูกเคลือบด้วยและขึ้นกับจุดประสงค์ของการใช้ ในอุตสาหกรรมอาหารใช้นุภาคโปรตีนขนาดเล็กเป็นวัสดุเคลือบกันอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถปรับและออกแบบให้เหมาะสมกับสูตรอาหารหลายๆ ชนิด และเคลือบได้ทั้งกับวัสดุที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำหรือแม้แต่วัสดุแก่นที่เป็นจุลินทรีย์<sup>20</sup>

คาราจีแนนซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ทางธรรมชาติก็นำมาใช้เป็นวัสดุเคลือบ วัสดุอื่นๆ เช่น โคโตซาน ก็เป็นที่นิยมในการนำมาใช้กับอาหารเนื่องจากไม่มีพิษ และย่อยสลายได้ทางธรรมชาติ<sup>21</sup> ส่วนแป้งหรือสตาร์ชซึ่งไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์อไมเลสที่ลำไส้เล็ก ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุเคลือบสำหรับพวกโปรไบโอติกเพราะแน่ใจว่าจุลินทรีย์เหล่านี้ยังคงมีชีวิตรอดอยู่ได้ในลำไส้เล็ก<sup>22</sup>

มีอาหารฟังก์ชันหลายๆ ชนิด ใช้เทคนิคการห่อหุ้มทั้งนี้ในผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ธัญพืช ผลิตภัณฑ์สุขภาพ เครื่องดื่มสุขภาพโดยเฉพาะเครื่องดื่มที่เสริมวิตามิน แร่ธาตุ และเครื่องดื่มที่ใช้ในการควบคุมน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์น้ำมันและไขมันเช่น สเปรตชนิดโคลเรสเตอรอลต่ำ ซอสและดิที่ผสมสารโภชนเภสัช (nutraceutical) และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่<sup>23</sup>

เทคนิคในการห่อหุ้มสารออกฤทธิ์มีหลายวิธี โดยทั่วไปแล้วการห่อหุ้มมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ข้อคือ 1) ขั้นตอนการสร้างผนังรอบๆ วัสดุที่จะหุ้ม 2) การทำให้มั่นใจว่าผนังไม่มีรอยร้าวหรือฉีกขาด 3) ผนังนั้นสามารถปิดกั้นวัสดุอื่นไม่ให้เข้ามาในแคปซูลได้<sup>24</sup> มีเทคโนโลยีหลายชนิดทั้งทางกลและทางเคมีในการห่อหุ้ม

สารออกฤทธิ์ ทางกลเช่นการสเปรย์ทราย การทำให้เป็นอิมัลชัน เอกซทราคชั่น ส่วนทางเคมีเช่น ionotropic gelation การจับไว้ด้วยไลโปโซม การระเหยในตัวทำละลาย ฯ<sup>25</sup>

## สรุป

การพัฒนาด้านอาหารใหม่เป็นสิ่งที่ท้าทายในยุคปัจจุบัน สุขภาพและการมีอายุยืนเป็นความต้องการอย่างยิ่งของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน ผู้บริโภคมีความสนใจมากขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ในการควบคุมและป้องกันโรคนอกเหนือจากประโยชน์ทางคุณค่าทางอาหารและประสาทสัมผัส ดังนั้นการรักษาความเสถียรของส่วนผสมในอาหารที่มีสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่มีคุณสมบัติเหล่านี้จึงเป็นสิ่งสำคัญ การส่งสารเหล่านี้ไปทำหน้าที่ในจุดที่ร่างกายต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพก็เป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึง ดังนั้นงานวิจัยงานพัฒนาอาหารและการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารโดยคำนึงถึงเรื่องเหล่านี้จึงมีแนวโน้มที่ท้าทายมากในยุคปัจจุบัน

## เอกสารอ้างอิง

1. Elliot,R,& Ong . T.J. 2002 Nutritional genomics, British Medical Journal. 324,1438-1442
2. Fang, Z., Bhandari ,B. 2010 Encapsulation of polyphenols – a review. Trends in Food Science & Technology, 21,510-523
3. Chen,L., et.al 2006 Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. Trends in Food Science & Technology 17, 272-283
4. Chen,L., et.al 2006 Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. Trends in Food Science & Technology 17, 272-283
5. Azmir, J., et.al 2013 Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials; a review. Journal of Food Engineering, 117, 426-436
6. Bernhoft, A. 2010 A brief review on bioactive compounds in plants. The Norwegian Academy of Science and Letters. Oslo : Norway
7. Birt, D.F et.al 2001 Dietary agents in cancer prevention : flavonoids and isoflavonoids. Pharmacology & Therapeutics, 90,157-177
8. Arceusz, A., et.al 2013 Methods for extraction and determination of phenolic acids in medical plants: a review. Natural Product Communications 8, 1821-1829
9. Dicko, M.H., et.al 2006 Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. Biotechnology and Molecular Biology Reviews, 1,21-38

10. Bravo, L., 1998 Polyphenols: chemistry , dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56,317-333
11. Glada, M. L.R 2013 Food phenolic compounds: main classes,sources and their antioxidant power. In J. A. M. Gonzalez (Ed.) *Oxidative stress and chronic degenerative diseases – A role of antioxidants* (pp.87-112). In Tech.
12. Kumar, S.,& Pandey , A.K. 2013 Chemistry and biological activities of flavonoids: an overviews. *Scientific World Journal*, 2013. ID 162750
13. Jones, P.J.H., & AbuMweis , S.S 2009 Phytosterols as functional food ingredients : linkages to cardiovascular disease and cancer. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 12,147-151
14. 14. Jones, P.J.H., & AbuMweis, S.S 2009 Phytosterols as functional food ingredients : linkages to cardiovascular disease and cancer. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 12,147-151
15. Mitsuoka, T. 2014 Development of functional foods. *Bioscience of Microbiota, Food and Health*, 33,117-118
16. Gurib-Fakim, A. 2006 Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine* 27,1-93
17. Govender, M., et.al 2014 A review of the advancement in probiotic delivery: conventional vs. non- conventional formulations of intestinal flora supplementation. *AAPS PharmSciTech*, 15, 29-43
18. Gismondo, M., et.al 1999 Review of probiotics available to modify gastrointestinal flora. *International Journal of Antimicrobial Agents* 12,287-292
19. Schafer, V., et.al 1992 Phagocytosis of nanoparticles by human immunodeficiency virus (HIV) infected microphage: a possibility of antiviral drug targeting. *Pharmaceutical Research*, 9, 541-546
20. Sanguansri, L., & Augustin, M.A.2010 Microencapsulation in functional food product development. In J. Smith, & E.Charter (Eds.) *Functional food product development* (pp.3-23). Blackwell Publishing Ltd.
21. Anal, A.K., & Stevens, W.F. 2005 Chitosan-alginate multilayer beads for controlled release of ampicillin. *International Journal of Pharmaceutics*, 290,45-54
22. Crittenden, R., et.al 2001 Adhesion of bifidobacteria to granular starch and its implications in probiotic technologies. *Applied and Environmental Microbiology*, 67, 3469-3475

23. Sanguansri, L., & Augustin, M.A. 2010 Microencapsulation in functional food product development. In J. Smith, & E. Charter (Eds.) Functional food product development (pp. 3-23). Blackwell Publishing Ltd.
24. Gibbs, B.F., et.al 1999 Encapsulation in the food industry: a review. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 50, 213-224
25. Augustin, M.A., & Hemar, Y. 2009 Nano- and micro-structured assemblies for encapsulation of food ingredients. Chemical Society Reviews 38, 902-912