การใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

สมพร ประเสริฐส่งสกุล *

บทคัดย่อ

ไคโตซาน คือ อนุพันธ์ของไคตินที่กำจัดหมู่อะซีติลออกไป สารชนิดนี้เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง นอกจากนี้ยังพบได้จากโครงสร้างแข็งของแมลง และผนังเซลล์ของรา ไคโตซานนำมาใช้อย่างกว้างขวางทางด้านการเกษตร เครื่องสำอาง การบำบัดน้ำเสีย และเทคโนโลยีชีวภาพ เพราะไคโตซานไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ บทความปริทัศน์นี้มีจุดประสงค์เพื่อ เสริมสร้างความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญของไคโตซานในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ไคโตซาน อนุพันธ์ของไคติน การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

* ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต ปัตตานี อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000

Application of Chitosan in Plant Tissue Culture

Somporn Prasertsongskun *

Abstract

Chitosan is a deacetylated derivative of chitin, derived from the exoskeletons of crustaceans. It is also found in cuticles of insects as well as in the cell walls of fungi. Chitosan is becoming more widely use in agriculture, cosmetic, water treatment and biotechnology due to it is non toxic to human. In this review, an attempt has been made to raise the understanding of the importance on the use of chitosan in agriculture as a plant biostimulator in the plant tissue culture technique.

Keywords : Chitosan Derivative of chitin Plant tissue culture

* Department of Science Faculty of Science and Technology Prince of Songkla University Pattani Campus Pattani Thailand 94000.

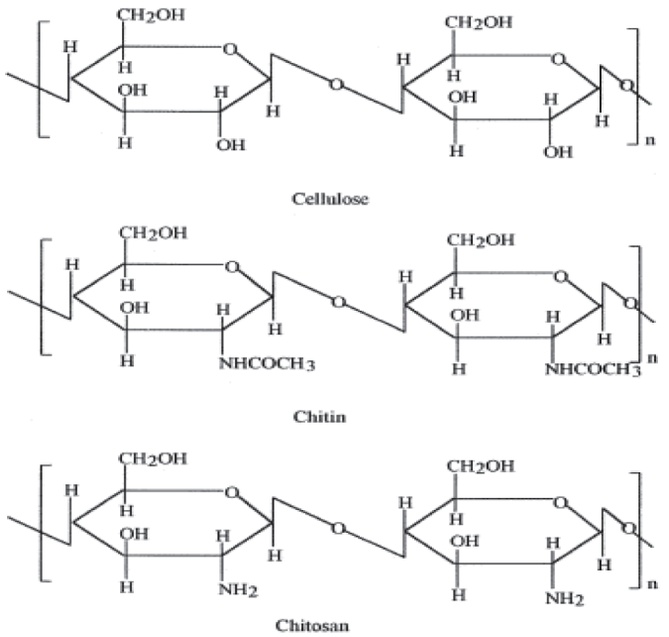
บทนำ

ไคโตซาน คือ อนุพันธ์ของไคตินที่กำจัดหมู่อะซีติลของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป เรียกการกำจัดหมู่อะซีติลว่า deacetylation คือ การเปลี่ยนน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine เป็นกลูโคซามีน (glucosamine) ไคตินเป็นพอลิเมอร์ในธรรมชาติ พบเป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งที่หุ้มเซลล์ของยีสต์ รา หรือพบเป็นโครงร่างแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกแมลง กุ้ง ปู และหมึก (1) การเกิดไคโตซานจากไคตินขึ้นอยู่กับปริมาณการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซีติล การลดลงของหมู่อะซีติลในไคติน ผลที่ได้เป็นการเพิ่มหมู่อะมิโน ซึ่งเป็นการเพิ่มสมบัติการเป็นสารที่มีประจุบวกบนพอลิเมอร์ ทำให้เกิดสภาพการเป็นไคโตซานเพิ่มขึ้น (2) ปกติไคโตซานที่ได้จะมีส่วนผสมของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine และ glucosamine อยู่ในสายพอลิเมอร์เดียวกัน ดังนั้นระดับการกำจัดหมู่อะซีติลจึงมีผลต่อการทำงานของไคโตซาน รวมทั้งน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน การนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์จึงต้องพิจารณาทั้งร้อยละการเกิด deacetylation และน้ำหนักโมเลกุล

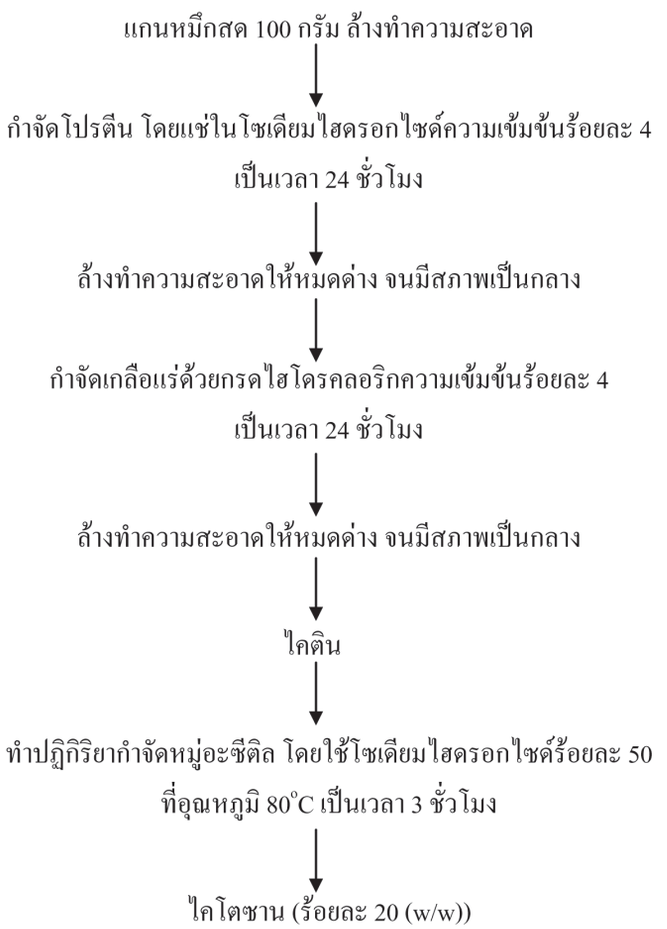
การแยกไคโตซานมีรายงานการแยกจากแหล่งต่าง ๆ เช่น การเตรียมไคโตซานจากแกนหมึกหอม *(Loligo lessoniana)* และแกนหมึกกล้วย *(L. formosana)* (3, 4) การเตรียมไคโตซานจากตัวอ่อนของแมลง *Calliphora erythrocephala* เปลือกปู *Sylla cerrata* เปลือกกุ้งทะเล *Panulirus ornatus* กุ้งนาง *Paeneaus indicus* (5) การเตรียมไคโตซานจากตัวอ่อนของแมลงวันบ้าน *(Musca domestica)* (6) โดยแยกไคโตซานจากตัวหนอนของแมลงวันบ้านอายุ 4 วัน นอกจากนี้มีการเตรียมไคโตซานจากเปลือกหุ้มไรน้ำเค็ม *(Artemia urmiana)* (7) และจากรา *Mucor rouxii* (8) รวมทั้งมีรายงานการนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ การอุตสาหกรรม การบำบัดน้ำเสีย อาหาร ยา เครื่องสำอาง การเกษตร เนื่องจากเป็นสารที่ไม่เป็นพิษ (9) นอกจากนี้ ได้นำไคโตซานมาใช้ร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช ดังนั้นบทความปริทัศน์นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประมวลข้อมูลเกี่ยวกับการเตรียมไคโตซาน คุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพ และการประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเตรียมไคโตซาน

กระบวนการเตรียมไคโตซานมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ กระบวนการกำจัดโปรตีน (deproteinization) โดยทำปฏิกิริยากับด่าง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ขั้นตอนนี้โปรตีนส่วนใหญ่จะถูกกำจัดออกไปจากวัตถุดิบ ซึ่งบางส่วนของไขมันและรงควัตถุบางชนิดมีโอกาสถูกกำจัดออกไปด้วย ขั้นต่อมาเป็นกระบวนการกำจัดเกลือแร่ (demineralization) โดยนำวัตถุดิบที่ผ่านการกำจัดโปรตีนมาแล้ว นำมาทำปฏิกิริยากับกรด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) โดยทำให้เกลือแร่ส่วนใหญ่ ได้แก่ หินปูน (calcium carbonate) ถูกกำจัดออกไปโดยการเปลี่ยนเป็นแก๊ส ขั้นตอนต่อมา คือ กระบวนการกำจัดหรือลดหมู่อะซีติลที่อยู่บนโมเลกุลของไคติน เพื่อให้เกิดเป็นไคโตซาน เมื่ออะซีติลถูกกำจัดไปมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป ไคโตซานที่ได้สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์ (1) ไคตินเป็นพอลิเมอร์แบบเส้นตรง มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายเซลลูโลสซึ่งมีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส ส่วนไคโตซาน คือ ไคตินที่มีปริมาณหมู่อะซีติลลดลง เปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส ไคติน และและไคโตซานดังภาพที่ 1 (10) ตัวอย่างการเตรียมไคโตซานจากแกนหมึก ดังภาพที่ 2 (4)



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส ไคติน และไคโตซาน



ภาพที่ 2 การเตรียมไคโตซานจากแกนหมึก

สมบัติทางเคมีและชีวภาพของไคโตซาน

ไคโตซานมีสมบัติทางเคมีเป็นพอลิเมอร์เส้นตรง มีหมู่อะมิโน ($-NH_2$) จำนวนมาก สามารถแตกตัวเป็นประจุบวกและจับกับสารที่มีประจุลบ จับกับโปรตีนและไขมันได้ดี ไม่ละลายในน้ำ ด่าง และตัวทำละลาย แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดอะซีติก กรดฟอร์มิก ส่วนกรดอนินทรีย์บางชนิดสามารถละลายไคโตซานได้ เช่น กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดเปอร์คลอริก นอกจากหมู่อะมิโนแล้ว มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ไคโตซานสามารถจับไอออนของโลหะ และจับสี (dye) ทำให้เกิดการตกตะกอนซึ่งเป็นวิธีช่วยในการบำบัดน้ำเสีย (10,11) สำหรับสมบัติทางชีวภาพที่สำคัญ คือ มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatible) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติจึงย่อยสลายได้ง่าย (biodegradable) นอกจากนี้ไคโตซานมีคุณสมบัติในการต้านจุลินทรีย์ ตลอดจนช่วยเร่งการสมานแผล จึงเหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ มีรายงานการศึกษาคุณลักษณะแผ่นพรุนที่เตรียมโดยการระเหิดสารละลายไคโตซานจากเปลือกกุ้งเปรียบเทียบกับกระดองหมึก ผลการตรวจโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) พบว่า แผ่นพรุนของไคโตซานจากเปลือกกุ้งมีรูพรุนและมีเส้นใยแน่นมากกว่าที่พบในกระดองหมึก (12) จากคุณสมบัติของไคโตซานที่มีความปลอดภัยไม่เป็นพิษเมื่อนำมาใช้ประโยชน์กับพืช สัตว์ รวมทั้งมนุษย์ (9) จึงทำให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร (13-16) การบำบัดน้ำเสีย (17, 18) อาหาร ยา และเครื่องสำอาง รวมทั้งด้านเทคโนโลยีชีวภาพ (19-22) ดังตารางที่ 1

การใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulator) ที่รู้จักกัน ได้แก่ ออกซิน (auxin) ไซโทไคนิน (cytokinin) และจิบเบอเรลลิน (gibberellin) แอบไซซิก แอซิด (abscisic acid) และ เอทิลีน (ethylene) นอกจากนี้โอลิโกแซคคาริน (oligosaccharin) สามารถเป็นสารควบควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ โอลิโกแซคคาริน ได้แก่ โอลิโกกาแลกทูโรนิก (oligogalacturonic) ไคโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (chito-oligosaccharide) และ N-acetyl oligo-glucosamine ซึ่งสามารถกระตุ้นยีนที่สร้างภูมิคุ้มกันต่อการเกิดโรคในพืช (pathogenesis) ได้แก่ ARnases, chitinas, β-glucanase, phytoalexins, lignins และยีนบางยีนที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของพืช ไคโตซานจึงช่วยให้พืชเจริญเติบโตและมีการพัฒนาได้ รวมทั้งต้านทานต่อโรคพืช (23)

ด้วยเหตุผลในด้านการเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต และต้านทานต่อโรคนี้ จึงมีการนำไคโตซานมาเติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช มีการศึกษาในการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ Paphiopedilum bellatulum × PAPH. angthong เมื่อใช้ไคโตซานระดับความเข้มข้นต่าง ๆ สามารถกระตุ้นให้ต้นกล้วยไม้งอกราก เกิดใบใหม่ และกระตุ้นการเจริญเติบโตทางด้านความกว้าง ความยาวของใบ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และจากการสังเกตพบว่า ในแต่ละกลุ่มการทดลอง กลุ่มควบคุมการทดลองมีการกัดกินของหนอนและแมลงใบเหี่ยวแห้ง ขอบใบโดนกัดกิน และต้นตายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากทนต่อสภาพแวดล้อมไม่ดีเท่ากับกลุ่มที่ใช้สารไคโตซาน (24)

ในกล้วยไม้สกุลเดนโดเบียม *(Dendrobium)* “เอียสกุล” มีการนำส่วนของโพรโทคอร์มไลค์บอดี้ (protocorm-like bodies) มาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Vacin และ Went (VW) ที่มีความเข้มข้นของไคโตซาน 10 20 40 80 และ 160 มก./ล. พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ ไคโตซานความเข้มข้นต่ำ คือ 10 และ 20 มก./ล. ถ้าไคโตซานที่ความ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์

การประยุกต์ใช้ด้าน	การใช้ประโยชน์	เอกสารอ้างอิง
การเกษตร	ส่งเสริมการเติบโตของพืช *Vitis vinifera* L. และต้านทานต่อ *Botrytis cinerea*	13
	ช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวได้	14
	ชักนำให้กล้วยไม้ออกดอกได้เร็วขึ้น	15
	ผสมลงในอาหารสัตว์ เป็นเส้นใยอาหารของสัตว์ปีก	16
การบำบัดน้ำเสีย	ช่วยดูดซับและแยกสารกัมตรังสีจากน้ำเสีย	17
	ช่วยดูดซับสารสีออกจากแหล่งน้ำที่เกิดจากกโรงงานอุตสาหกรรมย้อมผ้า	18
อาหาร ยา และเครื่องสำอาง	เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ครีมบำรุงผิว ยาสีฟัน	19
	ทำเป็นเส้นใยสำหรับปิดแผลห้ามเลือด	20
เทคโนโลยีชีวภาพ	ต่อต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	20
	ใช้สำหรับตรึงเอนไซม์และเซลล์	21
	ช่วยในการย้อมผ้าในอุตสาหกรรมสิ่งทอ	22

เข้มข้น 160 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลทำให้เนื้อเยื่อซีดขาว และเซลล์ตาย ส่วนที่ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลยับยั้งการเติบโตของโพรโทคอร์มไลค์บอดี้ (25) กล้วยไม้สกุลเดนโดเบียมที่มีการศึกษาผลของไคโตซานต่อการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโพรโทคอร์ม ได้แก่ *Dendrobium bigibbum* var. compactum และ *Dendrobium formosum* โดยใช้ไคโตซานที่เป็นพอลิเมอร์ และโอลิโกเมอร์ ด้วยการกำจัดหมู่อะซีติลร้อยละ 70 80 และ 90 ตามลำดับ (P70 P80 P90 O70 O80 และ O90) โดยเติมไคโตซานลงไปในอาหารสูตร VW ดัดแปร ที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 10 20 40 หรือ 80 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า ไคโตซานทุกชนิดสามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดในกล้วยไม้ *D. formosum* แต่ไม่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดในกล้วยไม้ *D. bigbbum* var. compactum ส่วนไคโตซานทุกชนิดที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร ยกเว้น O90 ส่งเสริมการเจริญเติบโตของโพรโทรคอร์มในกล้วยไม้นี้ สำหรับไคโตซานที่เป็น P70 ที่ระดับความเข้มข้น 10 หรือ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของโพรโทคอร์มในกล้วยไม้ *D. formosum* ได้ดีที่สุด (26) นอกจากนี้มีรายงานการเพาะเลี้ยงต้นกล้า *Dendrobium* Queen Pink บนอาหาร VW ดัดแปรที่มีการเติมไคโตซานความเข้มข้น 10 20 40 และ 60 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าไคโตซานความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้กล้วยไม้มีความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบมากที่สุด เมื่อเทียบกับไม่มีไคโตซาน

และได้รับไคโตซาน ความเข้มข้นอื่น ๆ แสดงว่าไคโตซานมีผลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้วยไม้นี้ (27)

ไคโตซานที่เตรียมได้จากส่วนต่าง ๆ มีผลต่อประสิทธิภาพของไคโตซาน กล่าวคือ ไคโตซานที่เตรียมได้จากกุ้งและเห็ดรา มีขนาดและความเข้มข้นต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ *Dendrobium phalaenopsis* ในอาหารแข็งและอาหารเหลว พบว่าการเจริญของชิ้นส่วนเนื้อเยื่อเจริญไปเป็นโพรโทคอร์มไลค์บอดี้ในอาหารเหลวที่มีไคโตซานโอลิโกเมอร์อยู่จะกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นเป็น 15 เท่า และความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ 15 มิลลิกรัม/ลิตร โอลิโกเมอร์จากเปลือกกุ้งขนาด 1 กิโลดาลตัน มีผลดีกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ขนาด 10 กิโลดาลตัน และมีผลเป็นสี่เท่าเมื่อเทียบกับไคโตซานจากเปลือกกุ้งขนาด 100 กิโลดาลตัน ส่วนไคโตซานจากเห็ดรามีผลดีกว่าเมื่อเทียบกับโอลิโกเมอร์จากเปลือกกุ้งขนาด 1 กิโลดาลตัน (28) นอกจากการศึกษาการเตรียมไคโตซานจากแกนหมึก ได้ปริมาณไคโตซานร้อยละ 20 (w/w) เมื่อนำโพรโทคอร์มของกล้วยไม้เอื้องเขากวางอ่อน (*Phalaenopsis cornucervi* (Breda) Blume & Rchb.f.) มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร VW ที่เติมไคโตซานที่ได้จากแกนหมึกความเข้มข้น 5 10 15 20 และ 25 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นกระตุ้นการเพิ่มปริมาณของโพรโทคอร์มเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโตซาน เมื่อนำโพรโทคอร์มมาเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง พบว่า ไคโตซานกระตุ้นการเจริญเติบโตของโพรโทคอร์มได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะไคโตซานที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัม/ลิตร ให้จำนวนใบ จำนวนราก และจำนวนหน่อเฉลี่ยสูงที่สุด ต้นกล้าที่เจริญเติบโตเมื่อนำย้ายออกปลูกในวัสดุปลูกที่เป็นถ่านและรดด้วยไคโตซานความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นกล้ามีชีวิตรอดมากกว่าร้อยละ 50 (4)

วิจารณ์

การเตรียมไคโตซาน ซึ่งเป็นสารจากธรรมชาติ พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิต เป็นของเหลือจากอุตสาหรรม เช่น เปลือกกุ้ง แกนหมึก ปู การสกัดไคโตซาน แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การแยกโปรตีน การแยกเกลือแร่ และการกำจัดหมู่อะซีติล ไคโตซานสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืชได้ โดยการกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตนเอง เพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพืช และกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ไคติเนสในเมล็ดพืช (23) นอกจากนี้โครงสร้างของไคโตซานที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ จึงสามารถปลดปล่อยออกมาเพื่อให้พืชใช้ ทั้งนี้ความเข้มข้นของไคโตซานต้องเหมาะสม หากมากหรือน้อยเกินไปเป็นผลให้เกิดปริมาณไนโตรเจนที่ไม่พอดีกับที่พืชนำไปใช้ (29) นอกจากนี้ไคโตซานยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากหมู่อะมิโนซึ่งมีประจุบวกของไคโตซานสามารถไปจับกับกลุ่มประจุลบบนผนังเซลล์ของแบคทีเรีย มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (20) จึงช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนของเนื้อเยื่อจากเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เนื้อเยื่อมีการเจริญเติบโตได้ดี

การนำไคโตซานที่ได้มาจากการเตรียมไคตินจากธรรมชาติที่แตกต่างกัน ทำให้ร้อยละของ deacetylation แตกต่างกัน รวมทั้งน้ำหนักโมเลกุลที่ได้ไม่เท่ากันมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชต่างกัน ถ้าร้อยละการ deacetylation สูงจะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซาน จากการศึกษาผลของไคโตซานกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (26, 27)

แสดงให้เห็นว่าไคโตซานมีผลสนับสนุนการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ในบางช่วงของการเจริญเติบโต เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและกล้วยไม้แต่ละชนิดตอบสนองต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังนั้น การนำไคโตซานมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ต้องคำนึงถึงขนาดโมเลกุลของไคโตซาน ร้อยละของการ deacetylation และปริมาณที่เหมาะสมในการใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่ ชิ้นส่วนพืช อาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง และสภาวะแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ไคโตซานเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ดี ไม่เป็นพิษ และเป็นการนำวัตถุดิบจากของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาผลิตเป็นสารที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในด้านต่าง ๆ ซึ่งในทางการเกษตร เป็นแนวทางในการลดสารเคมี ยาฆ่าแมลงที่ส่งผลต่ออันตรายต่อผู้บริโภค ไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ช่วยเร่งการเจริญเติบโต ทำให้พัฒนาคุณภาพการผลิต ดังนั้นจึงควรเห็นความสำคัญส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับไคโตซานอย่างต่อเนื่องต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา เจียรกุลประเสริฐ อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่ได้กรุณาช่วยตรวจทานภาษาอังกฤษ

เอกสารอ้างอิง

1. Devlieghere, F., Vermelen, A. and Debevere, J. : Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. Food Microbiol. 26(6): 703-714, 2004.
2. ภาวดี เมธดานนท์: ความรู้เกี่ยวกับไคติน-ไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุศาสตร์. 10 หน้า, 2544.
3. Chandumpai, A., Singhpibulporn, N., Faroongsarng, D. and Sornprasit, P. : Preparation and physicochemical characterization of chitin and chitosan from the pens of the squid species, Loligo lessoniana and Loligo formosana. Carbohydrate Polymers 58: 467-474, 2004.
4. Prasertsongskun, S. and Chaipakdee, W. : Effect of chitosan on growth and development of Phalaenopsis cornucervi (Breda) Blume & Rchb.f. KKU. Science J. 39 (1): 113-119, 2011.
5. Odote, P.M.O, Struszczyk, M.H. and Peter, M.G. : Characterisation of chitosan from Blowfly lavae and some crustacean species from Kenya Marine water prepared under different conditions. Western Indian Ocean J. Marine Science 4: 99-107, 2005.

6. Zhang, A.-J., Qin, Q.-L., Zhang, H., Wang, H.-T., Li, X., Miao, L. and Wu, Y.-J. : Preparation and characterization of food-grade chitosan from housefly larvae. Czech J. Food Sci. 29(6): 616-623, 2011.
7. Tajik, H., Moradi, M., Rohani, S.M.R., Erfani, A.M. and Jalali, F.S.S. : Preparation of chitosan from brine shrimp (Artemia urmiana) cyst shells and effects of different chemical processing sequences on the physicochemical and functional properties of the product. Molecules 13: 1263-1274, 2008.
8. Arcidiacono, S. and Kaplan, D.L. : Molecular weight distribution of chitosan isolated from Mucor rouxii under different culture and processing conditions. Biotech. Bioeng. 39: 281-286, 1992.
9. Dutta, P.K., Dutta, J. and Tripathi, V.S. : Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications. J. Sci.& Industrial Res. 63: 20-31, 2004.
10. Li, Q., Dunn, E.T., Grandmaison, E.W. and Goosen, M.F.A., : Applications and properties of chitosan. J. Bioactive and Compatible Polymers 7: 370-395, 1992.
11. Ravi Kumar, M.N.V., : A review of chitin and chitosan applications. Reactional Polymer 46: 1-27, 2000.
12. Chandumpai, A., Jumreanrak, M., Pongpaiboon, K. and Nopanitaya, W. : Characterizations of chitosan sponges prepared from shrimp shell (Penaeus monodon) and squid pen (Loligo formosana). J. Yala Rajabhat University 2(2) : 102-115, 2007.
13. Barka, E.A., Eullaffroy, P., Clement, C. and Vernet, G. : Chitosan improves development, and protects Vitis vinifera L. againt Botrytis cinerea. Plant Cell Report 22: 608-614, 2004.
14. Boonlertnirun, S., Boonraung, C. and Suvanasara, R. : Application of chitosan in rice production. J. Metals, Materials and Minerals 18(2): 47-52, 2008.
15. Limpanavech et al. : Chitosan effects on floral production, gene expression, and anatomical changes in the Dendrobium orchid. Scientia Horticulturae 116: 65-72, 2008.
16. Watkins, T.R. and Knorr, D. : In vivo dye binding of chitin and its effect on gerbil growth and gut function, Nutrition Reports International 27: 189-197, 1983.
17. Hirono, S. : Chitin biotechnology applications, biotechnology. Ann. Rev. 2: 237-258, 1996.
18. Akhtar, N., Tahir, H., Sultan, M., Yasmeen, G. and Hameed, U. : Application of chitosan padded rice and wheat husk for the removal of reactive dye from aqueous solution. African J. Biotechnology 11(64): 12756-12765, 2012.
19. Sandford, P.A. : Chitosan: Commercial Uses and Potential Applications. In G. Skjak-braek, T. Anthonsen and P. Sandford (eds.). Chitin and Chitosan. Elsevier, London. pp. 51-69, 1989.

20. Hirano, S. : Chitin and chitosan as novel biotechnological materials. Polymer International 48: 732-734, 1999.
21. Abdel-Naby, M.A., Sherif, A.A., El-Tanash, A.B. and Mankarios, A.T. : Immobilization of Aspergillus oryzae tannase and properties of the immobilized enzyme. J. Applied Microbiology 87: 108-114, 1999.
22. Sundrarajan, M., Rukmani, A., Rajiv Gandhi, R. and Vigneshwaran, S. : Eco friendly modification of cotton using enzyme and chitosan for enhanced dyeability of curcuma longa. J. Chemical and Pharmaceutical Research 4(3): 1654-1660, 2012.
23. Dzung, N.A. : Chitin, Chitosan, Oligosaccharides and Their Derivatives Biological Activities and Applications. Edited by Se-Kwon Kim. CRC Press. pp. 619-620, 2010.
24. Kleangkeo, C., Chankrajang, S. and Sawetsila, P. : A study on the influences of chitosan upon the transplating on growth of × PAPH. Angthong derived from tissue culture. In the National Chitin-Chitosan Conference. July 17-18, 2003 at Institue Building III. Chulalongkorn University. pp. 65-68, 2003.
25. Pornpienpakdee, P., Pichyangkura, R., Chadchawan, S. and Limanavech, P. : Chitosan effects on Dendrobium “Eiskul” protocorm-like body production. 31st Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree university of Technology. 18-20 October 2005.
26. Kananont, N., Pichyangkura, R., Chanprame, S., Chadchawan, S. and Limpanavech, P. : Chitosan specificity for the in vitro seed germination of two Dendrobium orchids (Asparagales: Orchidaceae). Scientia Horticulturae 124: 239-247, 2010.
27. กุลนาถ อบสุวรรณ และ กรกช สว่างศรี : ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ Dendrobium Queen Pink. ว. วิทย์. กษ. 41(3/1): 477-480, 2553.
28. Nge, K.L., New, N., Chandrkrachang, S. and Stevens, W.F. : Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. Plant Science 170: 1185-1190, 2006.
29. Boonkerd, N., Chandrkrachang, S. and Stevens, W.F. : Effect of chitin on nodulation and N2 fixation rhizobia-soybean symbiosis, chitin and chitosan: Proceedings of the 2 nd Asia Pacific Symposium, Bangkok. pp. 183-187, 1996.