การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับชาอบแห้ง

Active packaging systems for dried tea

สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร์[1]
Suchada Laohasilpsomjit[1]

บทคัดย่อ

ชา (*Camellia sinensis* L.) เป็นเครื่องดื่มที่นิยมบริโภคกันทั่วโลก สารสำคัญที่มีอยู่ในชาได้แก่ สารประกอบพอลีฟีนอลที่สำคัญได้แก่ อนุพันธ์ของคาทิชินที่แสดงคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย ต้านมะเร็ง ต้านเนื้องอกและต้านการเกิดโรคหัวใจ อย่างไรก็ตามสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในชาอบแห้งมีปริมาณลดลงเมื่อเก็บในสภาวะที่มีอากาศ โดยก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบพอลีฟีนอลเนื่องจากเอนไซม์ พอลีฟีนอลออกซิเดสส่งผลให้คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาลดลง การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ ได้แก่ การใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและการบรรจุสุญญากาศเหมาะสมสำหรับชาอบแห้ง สามารถชะลอการเสื่อมสลายของต้านอนุมูลอิสระในชาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและยืดอายุการเก็บรักษาชาอบแห้งและชายังคงมีสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติต้านเนื้องอกต้านมะเร็งและต้านการเกิดโรคหัวใจที่สูงซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่ดื่มชา บทความนี้จึงได้รวบรวมการประยุกต์ใช้การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับเก็บรักษาชาอบแห้ง เพื่อชะลอการเสื่อมสลายของสารประกอบพอลีฟีนอลในชาอบแห้งและเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาชาอบแห้ง

คำสำคัญ: ชาอบแห้ง, สารต้านอนุมูลอิสระ, คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ, ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University.

Abstract

Tea (*Camellia sinensis* L.) is one of the most popular beverage in the world. The important bioactive compounds are polyphenols i.e. catechin derivatives. Their properties are anticancer, antitumor and anti-cardiovascular disease. Generally, these antioxidants and properties are decreased by oxidative reaction by polyphenol oxidase when dried tea are kept in atmosphere. Oxygen is the main factor that affect to the oxidative reaction. Active packaging systems i.e. oxygen absorber and vacuum packaging are suitable for dried tea. They can delay the deterioration of antioxidants in tea, extend shelf life and maintain high anticancer, antitumor and anti-cardiovascular disease that are good for consumers. This review outlines the applications of active packaging of dried tea for maintaining antioxidants and antioxidant properties in dried tea and consequently extending shelf life of dried tea.

Keywords: dried tea, antioxidant, antioxidant properties, oxidative reaction

บทนำ

ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณค่าต่อสุขภาพ เนื่องจากชามีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ สารที่สำคัญได้แก่ สารคาทิชิน (catechin) ซึ่งเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) วิตามินซี (vitamin C) วิตามินอี (vitamin E) และเบต้าแคโรทีน (β-carotene) (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) นอกจากนี้ชามีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ต้านเนื้องอก ต้านมะเร็งและต้าน การเกิดโรคหัวใจ (Crespy and Williamson, 2004)) องค์ประกอบทางเคมีของชามีแนวโน้มถูกทำลายได้ง่ายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidative reaction) เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศและองค์ประกอบทางเคมีเหล่านั้น ตัวอย่างเช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบ
ฟลาโวนอยด์และวิตามินซี ผลของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนำไปสู่การเสื่อมเสียคุณภาพด้านกลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการระหว่างการเก็บรักษา การขนส่งและการวางจำหน่าย ดังนั้นเพื่อรักษาและคงคุณภาพของชาอบแห้งภายหลังจากกระบวนการผลิตให้มีความสดใหม่ (freshness) อยู่เสมอ การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์และระบบการบรรจุที่เหมาะสมเพื่อลดการทำปฏิกิริยาของก๊าซออกซิเจนกับชาจึงมีความสำคัญ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ชาอบแห้งส่วนใหญ่มีการจำหน่ายในบรรจุภัณฑ์ เช่น กล่องกระดาษที่มีการหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกและบรรจุภัณฑ์โลหะ บรรจุภัณฑ์เหล่านี้สามารถอำนวยความสะดวกในการบรรจุและการวางจำหน่าย ตลอดจนราคาไม่สูงมากนัก (Rahman, 2007) อย่างไรก็ตามการบรรจุชาอบแห้งลงในบรรจุภัณฑ์เหล่านี้เป็นการบรรจุแบบอากาศปกติ (air packaging) ซึ่งแม้ว่าทำการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์แล้วยังมีอากาศหลงเหลืออยู่ ทั้งนี้อากาศปกติมีส่วนประกอบของก๊าซออกซิเจน 21% (v/v) ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญคือ ก๊าซไนโตรเจน 79% (v/v) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์ 0.03% (v/v) ดังนั้นก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์จึงสามารถทำปฏิกิริยากับชาอบแห้งได้ และนำไปสู่การเสื่อมเสียคุณภาพดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น การกำจัดก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การบรรจุสุญญากาศหรือการใช้ซองดูดซับก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ วิธีการเหล่านี้มีชื่อเรียกโดยรวมว่า การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์ด้วยการดัดแปรบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟ (actively modified atmosphere) (Costa and Nobile, 2011) หรือการใช้ระบบแอคทีฟ (active systems) เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Singh et al., 2011) บทความวิชาการนี้ได้รวบรวมเนื้อหาเกี่ยวกับการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่เน้นเกี่ยวกับชาอบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหรือสมบัติที่ใกล้เคียงกันโดยมีการนำเสนอในหัวข้อย่อยดังนี้ (1) การเสื่อมเสียคุณภาพของชาและ (2) การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

1 การเสื่อมเสียคุณภาพของชา

คุณภาพที่สำคัญของชา ได้แก่ สี กลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ชา การเสื่อมเสียคุณภาพของชามีสาเหตุที่สำคัญจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามินซี วิตามินอี สารประกอบแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และสารประกอบฟลาโวนอยด์ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ (off – flavor) ที่ไม่พึงประสงค์ในชาและส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการที่ลดลงในชาอบแห้งและรวมถึงการเกิดปฏิริยาสีน้ำตาลโดยเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase) ของสารประกอบพอลีฟีนอล การเสื่อมเสียคุณภาพเหล่านี้ของชาอบแห้งมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ แสง ความชื้นในอาหาร ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย ก๊าซออกซิเจน เวลาและการดูดซับกลิ่นของชา นอกจากนี้ชาอบแห้งที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วยังคงมีสารประกอบแค-โรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ วิตามินซีและกรดไขมันอิสระเหลืออยู่รวมถึงสารประกอบพอลีฟีนอลและเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและพอลีฟีนอลออกซิเดสทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีเนื่องจากเอนไซม์เหล่านี้และปฏิกิริยาออโตออกซิเดชั่น (autooxidation) เกิดกลิ่นรสและสีของชาที่ผิดปกติ (Lee, 2009)

2 การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

2.1 ความหมายและภาพรวมของการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

บรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้บรรจุชาอบแห้ง ได้แก่ ถุงชาเยื่อกระดาษ (tea bag) และบรรจุในกล่องกระดาษทึบแสงและห่อด้วยฟิล์มพลาสติก แม้ว่าการบรรจุดังกล่าวจะเป็นที่นิยมทั่วไปเนื่องจากมีราคาไม่แพงมาก แต่ผลิตภัณฑ์ชาในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะเกิดการเสื่อมเสียของกลิ่นและรสได้เร็ว เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวยังสามารถให้ก๊าซออกซิเจนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกแพร่และซึมผ่านเข้าไปถึงชาได้ค่อนข้างง่าย Knack and Christensen (2008) รายงานว่า ชาดำ (black elder flower) ที่บรรจุในถุงกระดาษเก็บรักษาเป็นเวลา 21 เดือนมีกลิ่นผิดปกติเนื่องจากสารประกอบแอลดีไฮด์มากกว่าชาที่บรรจุในถุงพลาสติกและถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ดังนั้นการนำถุงชาเยื่อกระดาษมาบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และบรรจุในกล่องกระดาษจึงสามารถช่วยลดการซึมผ่านของแสง ก๊าซออกซิเจนและความชื้นสู่ชาได้

ข้อมูลข้างต้นทำให้เห็นได้ว่าบรรจุภัณฑ์ชาอบแห้งควรมีการกำจัดก๊าซออกซิเจนและความชื้นในบรรจุภัณฑ์ภายหลังจากการปิดผนึกและควรเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจนและความชื้นจากการแพร่ผ่านเข้าของก๊าซออกซิเจนและความชื้นในระหว่างเก็บรักษา จากการศึกษาเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่มีศักยภาพชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชาอบแห้งหรือของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งอื่น ๆ คือ การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) ซึ่งหมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่ภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์และสภาพแวดล้อมมีปฏิสัมพัทธ์กันเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มความปลอดภัยและปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งถนอมรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย (งามทิพย์, 2550) กาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ การใช้วัตถุดูด (absorber) ซึ่งสารหรือก๊าซที่ต้องการกำจัดหรือลดปริมาณลงจะถูกดูดเข้าไปในเนื้อของวัตถุที่ใช้ดูดและการกำจัดสารหรือก๊าซออกซิเจนด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (งามทิพย์, 2550) ได้แก่ วัตถุดูดออกซิเจน (oxygen absorber) โดยทั่วไปนิยมเรียกว่า oxygen scavenger นอกจากนี้การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ วัตถุดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide-absorber/scavenger) วัตถุดูดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide emitter) วัตถุ-ดูดกลืนเอทีลีน (ethylene absorber/scavenger) วัตถุดูดซับน้ำ (moisture absorber) วัตถุดูดซับกลิ่นและปล่อยกลิ่น (flavor/odour absorber and releaser) การปล่อยสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant releasing) ซึ่งเป็นการบรรจุหรือผสมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ butylated hydroxyanisole (BHA) เช่น และ butylated hydroxytoluene (BHT) ในวัสดุบรรจุภัณฑ์ (packaging material) สารต้านอนุมูลอิสระนี้จะถูกปล่อยและแพร่ (diffusion) ออกจากบรรจุภัณฑ์และระเหย (evaporation) สู่ภายในบรรจุภัณฑ์เพื่อทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระต่าง ๆ และสาร intermediate ของปฏิกิริยาการสลายตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเกิดสารประกอบแอลดีไฮด์ที่ให้กลิ่นผิดปกติในผลิตภัณฑ์อาหาร (Vermeiren et al., 2000) สารที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟระบบต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟระบบต่าง ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ระบบ	สารประกอบ	ผลิตภัณฑ์อาหาร	อ้างอิง
Oxygen absorber	Iron compounds	cheese, bakery products	Bilska, 2011
	Ascorbic acid	sweets, nuts, coffee, tea	
	Metal salts	beans, milk powder	
	Glucose oxidase	meat	
Moisture absorber	Silica gel		Bilska (2011)
	Glycerol		
	Polyvinyl alcohol		Brody et. al. (2001)
	Clay-based		
CO2 absorber	Calcium hydroxide	roasted coffee beans	Bilska (2011)
	Sodium hydroxide		
	Potassium hydroxide		
Ethylene absorber	Aluminium oxide	fruits (apples, apricots	Bilska (2011)
	Active Carbon	bananas, avocado)	
	Potassium -	vegetables (carrot,	
	tetraoxomanganate	potatoes, cucumbers)	
	Potassium permanganate		Brody et al. (2001)
Flavor absorber	Citric acid	fish, fruit juices	Bilska (2011)
	Cellulose esters		
	Activated carbon		Brody et al. (2001)
	Sodium bicarbonate		
Antioxidant releasing	Butylated hydroxyanisole (BHA)		Brody et al. (2001)
	Butylated hydroxytoluene (BHT)		
	TBHQ		
	Vitamin C		
	Vitamin E		

ที่มา: ดัดแปลงจาก Bilska (2011) และ Brody et al. (2001)

2.2 การบรรจุสุญญากาศ

การบรรจุสุญญากาศ หมายถึง การบรรจุที่ภายในบรรจุภัณฑ์มีสภาวะเป็นสุญญากาศโดยการดึงเอาอากาศที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์ออกให้หมดก่อนปิดผนึก ชนิดของพลาสติกที่ใช้ ได้แก่ พอลิเอไมด์ (polyamide) และพอลิเอทีลีน (polyethylene) การบรรจุสุญญากาศนี้ช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากปฏิกิริยาทางเคมีที่มีออกซิเจนเกี่ยวข้อง เช่น การเกิดออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (lipid oxidation) ที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหาร และการเกิดออกซิเดชั่นของสารประกอบพอลีฟีนอลที่ส่งผลต่อการลดลงของสารประกอบพอลีฟีนอลซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในอาหาร (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2561) อย่างไรก็ตามการบรรจุสุญญากาศนี้มีข้อจำกัดคือ ไม่เหมาะในการใช้กับอาหารที่กรอบและแตกหักง่ายเนื่องจากอาหารเกิดลักษณะที่แตกหักในขณะที่เครื่องบรรจุสุญญากาศดึงอากาศภายในบรรจุ-ภัณฑ์ออก นอกเหนือจากการบรรจุสุญญากาศซึ่งเป็นการกำจัดอากาศจากภายในบรรจุภัณฑ์ดังที่ได้กล่าวข้างต้น การเพิ่มก๊าซประเภทก๊าซเฉื่อยเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ภายหลังจากการกำจัดอากาศก่อนการปิดผนึกเป็นแนวทางสำคัญหนึ่งของการชะลอการเสื่อมเสีย การเพิ่มก๊าซนิยมทำโดยการพ่นก๊าซหรือ gas flushing Horita (1987) ได้ศึกษาการเก็บรักษาชาเขียวแห้งในถุง pouch ที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดี โดยบรรจุชาเขียวในถุง pouch และทำการพ่นก๊าซไนโตรเจนเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ก่อนการปิดผนึกพร้อมกับเปรียบเทียบกับ

การบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 75% เป็นเวลานาน 4 เดือน ผู้วิจัยรายงานว่า ชาเขียวแห้งที่บรรจุถุงซึ่งมีการพ่นก๊าซไนโตรเจนไม่พบกลิ่นผิดปกติที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ในขณะที่ชาในถุงบรรยากาศปกติเริ่มมีกลิ่นผิดปกติภายหลังเก็บรักษา 2 เดือน (ตารางที่ 2) ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของFuruya (1970) ซึ่งได้รายงานว่าการบรรจุชาดำแห้งในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกหลายชั้น (PP/PE/Al/PE) ที่มีการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนหรือบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ℃ และ 25℃ เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ชาดำที่บรรจุภายใต้ก๊าซไนโตรเจนมีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นน้อยกว่าชาดำที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ เนื่องจากการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนส่งผลให้ไม่มีก๊าซออกซิเจนเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์จึงช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นอันเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมเสียและเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชาอบแห้งได้ดี

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นผิดปกติของชาเขียวแห้งในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก ซึ่งมีการบรรจุด้วยการพ่นก๊าซไนโตรเจนเปรียบเทียบกับการบรรจุอากาศปกติเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นเวลา 4 เดือน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การบรรจุภายใต้ก๊าซไนโตรเจน		การบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ	
	ปริมาณความชื้น (%)	ลักษณะของกลิ่น	ปริมาณความชื้น (%)	ลักษณะของกลิ่น
1	2.7	กลิ่นชาที่ดี	2.7	กลิ่นชาที่ดี
2	2.7	กลิ่นชาที่ดี	2.7	กลิ่นชาเปลี่ยนเล็กน้อย
3	2.7	กลิ่นชาที่ดี	2.7	กลิ่นชาเปลี่ยนไปมาก
4	2.7	กลิ่นชาที่ดี	2.7	กลิ่นชาเปลี่ยนไปมาก

ที่มา : ดัดแปลงจาก Horita (1987).

2.3 ระบบแอคทีฟ

2.3.1 วัตถุดูดออกซิเจน

วัตถุดูดออกซิเจน (oxygen absorber/oxygen scavenger) หมายถึง สารกำจัดออกซิเจนที่สามารถดูดซับออกซิเจนที่มีอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดปริมาณออกซิเจนและลดปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับออกซิเจน เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบพอลีฟีนอล วิตามินซี เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2561) นิยมใช้สารประกอบของเหล็กหรือผงเหล็ก (iron powder) ที่บรรจุในซองขนาดเล็ก (sachet) (Choi et al., 2003; Bilska, 2011) เพื่อลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ วัตถุดูดออกซิเจนมีสารประกอบผงเหล็ก ซึ่งผสมตัวเร่งปฏิกิริยาบรรจุในซองขนาดเล็กที่ยอมให้ไอน้ำและออกซิเจนซึมผ่านได้ดี ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผงเหล็กจะแสดงคุณสมบัติเป็นวัตถุดูดออกซิเจนที่ดูดก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์โดยต้องมีความชื้นจากผลิตภัณฑ์อาหารร่วมด้วย (Youichi และคณะ, 2002) เมื่อผงเหล็กได้รับความชื้นจากอาหารจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (iron oxidation) กับออกซิเจนได้เป็นสารประกอบ $Fe(OH)_3$ หรือสนิมเหล็กซึ่งเป็นการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ดังภาพที่ 2 ผงเหล็ก 1 กรัมดูดก๊าซออกซิเจนได้ 300 มิลลิลิตร (Vermeiren, 2000) และผงเหล็กในซองขนาดเล็กถูกออกแบบให้สามารถลดก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์อาหารให้เหลือ 0.1 % (Wenyuan et al., 2008)

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$$
$$1/2\ O_2 + H_2O + 2e^- \longrightarrow 2OH^-$$
$$Fe^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Fe(OH)_2$$
$$Fe(OH)_2 + 1/4\ O_2 + 1/2\ H_2O \longrightarrow Fe(OH)_3$$

ภาพที่ 2 การลดปริมาณออกซิเจนโดยการเกิดปฏิริยา iron oxidation ระหว่างสารประกอบผงเหล็กกับก๊าซออกซิเจน
ที่มา : ดัดแปลงจากงามทิพย์ (2550).

นอกจากนี้ได้มีการนำอนุพันธ์ของสารประกอบพอลีฟีนอลที่บรรจุในซองขนาดเล็กมาใช้เป็นวัตถุดูดออกซิเจนในการบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารและยา กาแฟ ถั่ว ปลาแห้ง ขนมปัง ข้าวสาร งา รวมถึงผลิตภัณฑ์ชาญี่ปุ่น ชาดำ และชาอูหลงแห้ง (Tadahiro et al., 2007) การใช้อนุพันธ์ของสารประกอบพอลีฟีนอลเป็นสารสำหรับวัตถุดูดออกซิเจนดีกว่าการใช้สารประกอบของเหล็กหรือผงเหล็ก ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ การลดอันตรายและอุบัติเหตุจากการบริโภคซองขนาดเล็กที่บรรจุผงเหล็กเข้าไปในร่างกาย และเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วจากเครื่องตรวจการปนเปื้อนของโลหะในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยสารอนุพันธ์ของสารประกอบพอลีฟีนอลที่มีโครงสร้างทางเคมีของออโทไดฟีนอล (o-diphenol) และพาราไดฟีนอล (p-diphenol) นี้ได้มาจากสารสกัดจากพืชที่มีสารประกอบพอลีฟีนอล ได้แก่ แอปเปิ้ล ใบชาเขียวแห้ง เมล็ดกาแฟดิบ กล้วย องุ่น ใบแห้งของ rosemary marjoram (พืชจำพวกมินต์) thyme (พืชตระกูลเดียวกับโหระพา กระเพราใบหอม) sage thyme (พืชตระกูลเดียวกับสาระแหน่ burdock (หญ้าชนิดหนึ่งใบใหญ่เป็นรูปหัวใจสีม่วง ๆ) ผลมะกอกแห้งและใบสาระแหน่ (Tadahiro et al., 2007)

2.3.2 ฟิล์มกำจัดก๊าซออกซิเจน

นอกจากการใช้ผงเหล็กในระบบดูดซับออกซิเจนแล้วยังมีการใช้เอนไซม์เพื่อลดปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์อาหารอื่น ๆ ได้แก่ เอนไซม์กลูโคสออกซิเดส (glucose oxidase) ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการใช้ในผลิตภัณฑ์ชาแห้งเนื่องจากปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงก็จริงแต่ผลจากปฏิกิริยาได้น้ำออกมาทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสนิยมนำไปใช้สำหรับการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลิตภัณฑ์ไวน์และเบียร์ (Vermeiren, 2000) และเอนไซม์เอทานอลออกซิเดส (ethanol oxidase) ที่ออกซิไดส์เอทานอลได้สารประกอบ acetaldehyde และสามารถลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลิตภัณฑ์อาหารให้น้อยลงได้ การใช้สารประกอบที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระโดยการเติมในผลิตภัณฑ์โดยตรงและการผสมสารนี้ในวัสดุบรรจุภัณฑ์ (packaging material) สารต้านอนุมูลอิสระนี้แพร่จากบรรจุภัณฑ์เข้าสู่ในภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารจะดูดซับสารต้านอนุมูลอิสระนี้ไว้และไปจับกับอนุมูลอิสระและลดปริมาณอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและลดการเกิดสารประกอบแอลดีไฮด์ที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์อาหาร (Choi et al., 2003)

นอกจากนี้ได้มีการประยุกต์ใช้สารสกัดจากชาเขียวเป็นสารเจือปน (additive) ในการผลิตฟิล์มพลาสติก ethylene vinyl alcohol copolymer (EVOH) เพื่อลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยฟิล์ม EVOH ที่ประกอบด้วยสารสกัดจากชาเขียวที่อุดมไปด้วยสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยังคงคุณภาพและลักษณะทางประสาท-สัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารภายในบรรจุภัณฑ์ได้ดีกว่าการใช้วิตามินอี สารสกัดจากข้าวบาร์เลย์และออ-ริกาโน (oregano) ในระบบ antioxidant releasing (Dicastillo et al., 2011)

นอกจากนี้สิ่งประดิษฐ์ของ Youichi และคณะ (2002) เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ของถุงที่ผลิตจากฟิล์มลา-มิเนตที่มีคุณสมบัติของวัตถุดูดออกซิเจนสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง โดยเลือกใช้ผงเหล็กเป็นวัตถุดูดออกซิเจนเป็นส่วนหนึ่งของชั้นฟิล์มของพอลิเมอร์เอทีลีนซึ่งประกอบด้วยฟิล์มชั้นใน (internal layer) ฟิล์มชั้นของวัตถุดูดออกซิเจนโดยมีผิวที่ขรุขระด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านและฟิล์มชั้นนอก (external layer) ซึ่งผิวที่ขรุขระนี้ช่วยให้ทำให้ฟิล์มมีประสิทธิภาพดูดซับก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ที่ดีมากเป็นระยะเวลานานและสามารถนำมาใช้บรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งได้

สรุป

ชาอุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณสมบัติต้านเนื้องอก ต้านมะเร็งและต้านการเกิดโรคหัวใจ สารที่สำคัญในชาได้แก่ สารประกอบพอลีฟีนอลที่สำคัญคืออนุพันธ์ของคาทิชิน ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ลดลงระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบพอลีฟีนอลโดยมีก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญ การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ ได้แก่ การใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและการบรรจุสุญญากาศเหมาะสมสำหรับชาอบแห้งและมีความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงการค้าโดยสามารถผลิตเป็นชาเกรดพรีเมี่ยม สามารถชะลอการเสื่อมสลายของต้านอนุมูลอิสระในชาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและยืดอายุการเก็บรักษาชาอบแห้งและชายังคงมีสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติต้านเนื้องอก ต้านมะเร็งและต้านการเกิดโรคหัวใจที่สูงซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่ดื่มชา นอกจากนี้มีความน่าสนใจที่จะนำการบรรจุ-ภัณฑ์แอคทีฟ ได้แก่ การใช้ตัวดูดซับออกซิเจนและการบรรจุสุญญากาศไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชาผักแพว ชาผักแพวผสมตะไคร้และชาผักแพวผสมใบเตยที่มีปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลและคุณสมบัติต้านอนุมูล-อิสระสูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรเวทย์ อุทโธ เป็นอย่างสูงสำหรับข้อเสนอแนะและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเขียนบทความทางวิชาการนี้

เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร (Food packaging).กรุงเทพฯ: เอส.พี.เอ็ม.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์.2561. Vacuum packaging/ การบรรจุสุญญากาศ. ค้นเมื่อ 7 เมษายน 2561. http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0847/vacuum-packaging.

ส่วนบริหารจัดการข้อมูลและปรึกษาแนะนำ สำนักบริหารยุทธศาสตร์. 2552. การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตชาเขียวและชาอูหลงแบบซองในจังหวัดเชียงรายประจำปี 2552. กรุงเทพ ฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

Bilska, A. 2011.Packaging systems for animal origin food.Electronic Scientific Journal of Logistics.7(4), 35-44.

Brody, A.L., E.R. Strrupinsky, and L.R.Kline. 2001.Active packaging for food application. Pensylvania: Technomic Publishing company, Inc.

Choi, K.S., S.C. Hong, and S.M. Son. 2003. Active packaging systems for preventing oxidation. Food Engineering Progress. 7(4), 195-201.

Costa, C., A. Lucera, A. Conte, M. Mastromatteo, B. Speranza, A. Antonacci, and M.A. Del Nobile. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. Journal of Food Engineering. 102(2), 115-121.

Crespy, V., and G. Williamson. 2004. A review of the health effects of green tea catechins in Vivo animal models. The Journal of Nutrition. 134(12), 34315-34405.

Dicastillo, C.L., C.Nerin, P. Alfaro, R.Catala, R. Gavara, and P. Hernandez-Munoz. 2011. Development of new antioxidant active packaging films based on ethylene vinyl alcohol copolymer (EVOH) and green tea extract. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 59(14), 7832-7840.

Furuya, K. 1970. Inert gas packaging of tea. Japan Agricultural Research Quarterly. 5(2), 45-49

Horita, H. 1987. Off-flavor components of green tea during preservation. Japan Agricultural Research Quarterly. 21(3), 192-197.

Knack, K., and L.P Christensen. 2008. Effect of packing materials and storage time on volatile compounds in tea processed from flowers of black elder (*Sambucus nigra* L.).European Food Research and Technology. 227, 1259-1273.

Lee, J. 2009. Green tea : flavor characteristics of a wide range of teas including brewing, processing, and storage variations and consumer acceptance of teas in three countries. Doctor 's thesis. Department of Human Nutrition. Kansas: Kansas State University.

Rahman, M.S. 2007. Packaging as a preservation technique.*In*: M.S. Rahman (eds.).Handbook of food preservation, second edition. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Singh, P., A.A. Wani, and S. Saengerlaub.2011. Active packaging of food products : recent trends.Nutrition and Food Science. 41(4), 249-260.

Tadahiro, H., K. Hiroyasu, and S. Kenichiro. 2007. Oxygen absorber composition. European Patent PCT/JP2004/006075.

Vermeiren, L., F.Devlieghere, M.V.Beest, N.D Kruijf, and J. Debevere. 2000. Development in the active packaging of foods.The Journal of Food Technology in Africa. 5(1), 6-13.

Youichi, I., N. Hidehiko, and I. Kentaro. 2002. Oxygen absorbable laminate and production method thereof. European Patent 6500519.

Wenyuan, Y., Y. Yuanmei, and L. Xiuzhi. 2008. Oxygen scavenger with oxygen level indication. European Patent EP 06000105.4, 2008.