

**ผลของการทดแทนน้ำนมแพะ บางส่วนด้วยน้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทอง
ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี ของโยเกิร์ตนมแพะ**
Effect of Partial Substitution of Goat Milk with Water Extraction from
Cordyceps militaris Base on Physical - Chemical Properties of Goat Milk Yogurt

ศศิธร นาคทอง¹ และ พัทธราพรณ คำเมืองสา¹
Sasitorn Nakthong¹ and Phatcharaphan Khammuangsa¹

ABSTRACT: The aim of this experiment was to study the effect of partial substitution of goat milk with *Cordyceps militaris* water extract on physical-chemical properties of goat milk yogurt. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) with four experimental groups of the water extract from *Cordyceps militaris* in goat milk yogurt: group 1 (control at 0%), group 2 (replaced 10%), group 3 (replaced 15%) and group 4 (replaced 20%), respectively. The data of pH, total acidity, total soluble solid, viscosity, color, texture profile were recorded. The results showed that all experimental groups had statistical significance decreased in total soluble solid, viscosity, color (L *) and texture (hardness, cohesiveness, chewiness and adhesiveness) ($p < 0.05$) and opposite to b * (yellowness) ($p < 0.05$.) when level of water extract was increased.

Keywords: *Cordyceps militaris*, Goat milk yogurt, Physical-chemical properties

บทคัดย่อ: การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองในโยเกิร์ตนมแพะต่อลักษณะทางกายภาพ-เคมี วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมี 4 กลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองในโยเกิร์ตนมแพะ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม 0%), กลุ่มที่ 2 (แทนที่ 10%), กลุ่มที่ 3 (แทนที่ 15%) และกลุ่มที่ 4 (แทนที่ 20 %) ตามลำดับ จากนั้นนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแลคติก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ความหนืด ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ผลการทดลองพบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ความหนืด ค่าสี L* และลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง, ค่าการเกาะรวมตัวกัน, ค่าการทนต่อการเคี้ยวและค่าการยึดติด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตรงกันข้ามกับค่า b* ที่มีค่ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: เห็ดถั่งเช่าสีทอง, โยเกิร์ตนมแพะ, คุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี

¹ห้องปฏิบัติการผลิตผลจากสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

¹Animal Produce Laboratory, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakorn Pathom.

คำนำ

เห็ดถั่งเช่าสีทอง เป็นเห็ดถั่งเช่าสายพันธุ์หนึ่งที่ถูกเพาะเลี้ยงในระดับห้องปฏิบัติการอย่างแพร่หลาย เพื่อตอบสนองความต้องการของถั่งเช่าในตลาดโลกและเพิ่มความยั่งยืนของถั่งเช่าในแหล่งธรรมชาติ (มณฑลยูนนานและซาโรจน์, 2554) จากการวิเคราะห์เห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่า มีส่วนประกอบของสารอาหาร วิตามิน เกลือแร่และยาหลายชนิด รวมถึงสรรพคุณด้านการบำรุงกำลัง และผลของการกระตุ้นสมรรถภาพทางเพศที่สูงกว่าเห็ดถั่งเช่าในธรรมชาติ และเส้นใยที่ได้จากขบวนการเพาะในห้องควบคุมที่เหมือนกับสภาพที่แท้จริงในแหล่งกำเนิดจะมีสารอะดีโนซีน, นิวคลีโอไซด์ และโพลีแซคคาไรด์ โดยเฉพาะเบต้ากลูแคนสูงกว่าดอกเห็ดถั่งเช่าในธรรมชาติถึง 5 เท่า (อานนท์, 2559) เห็ดถั่งเช่าสีทองอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญหลายชนิด เช่น โมโนแซคคาไรด์, ไดแซคคาไรด์, เบต้ากลูแคน, แมนนิทอล, กาแล็กโทส, อะดีโนซีน, คอร์ไดเซปิน, กรดอะมิโน, โปรตีน, สเตอรอล, วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ (ธัญญา, 2555) โดยสารนิวคลีโอไซด์, อะดีโนซีนและคอร์ไดเซปิน เป็นสารชีวเคมีที่สำคัญ (Shashidhar et al., 2013) ทำให้การวัดคุณภาพของเห็ดถั่งเช่าจะวัดจากคุณภาพของอะดีโนซีน (Li et al., 2006b) สารออกฤทธิ์หลักของเห็ดถั่งเช่าสีทองมีสรรพคุณหลากหลายมากมาย เช่น เสริมสมรรถภาพทางเพศ, ต้านมะเร็งและเนื้องอก, เสริมระบบภูมิคุ้มกัน และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Patel and Ingallhili, 2013) ช่วยด้านการอักเสบ, ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ไวรัส และเชื้อรา, ต้านเชื้อเอชไอวีและมาลาเรีย, ป้องกันน้ำตาลในเลือดสูงและลดไขมันในเส้นเลือด (Das et al., 2010) ปริมาณคอร์ไดเซปิน (cordycepin) และอะดีโนซีน (adenosine) ในดอกเห็ดจะมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ เส้นใย และอาหารเลี้ยงเชื้อตามลำดับ (มงคล, 2557)

นอกจากนี้ยังมีรายงานของซัชชัลย์และคณะ (2559) ถึงการเสริมผงฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองในผลิตภัณฑ์กุนเชียง พบว่า ระดับที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์กุนเชียง คือ 0.5% เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์กุนเชียงมีลักษณะคุณภาพเนื้อสัมผัส ด้านความแข็ง, ความเหนียว, ความทนต่อการเคี้ยว และคะแนนทางประสาทสัมผัส ด้านความเหนียว, การเกาะตัว, รวมถึงคะแนนความพอใจโดยรวมที่ผู้ประเมินให้การยอมรับไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อีกทั้งสีของกุนเชียงมีแนวโน้มของสีแดงคล้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเสริมผงฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการเสริมผงฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองในผลิตภัณฑ์กุนเชียง และในรายงานการศึกษาถึงการใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองในไส้กรอกหมูรมควันต่อลักษณะทางกายภาพ-เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัส รายงานของสุทินและคณะ (2558) พบว่า ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูรมควันสามารถใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองแทนที่น้ำแข็งในสูตรของการทำไส้กรอกได้ถึง 100% ซึ่งเป็นผลมาจากการเกาะรวมตัวกันที่ดี (cohesiveness) ของไส้กรอก อีกทั้งค่าสี a^* (redness), คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านความแน่น (denseness) และความพอใจโดยรวม (overall acceptability) ของกลุ่มที่ใช้ น้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองแทนที่น้ำแข็งที่ 100% ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อีกทั้งค่า b^* (yellowness) ก็เพิ่มขึ้นตามระดับการใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองด้วย

การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทอง มาเสริมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพิ่มมูลค่าเพิ่มทางเลือกและตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ที่รักสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทอง

นำผงฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองตากแห้ง ไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดที่ร้อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียด 80 mesh (บริษัท ที.เอส.ทวิน โปรดัก จำกัด) จากนั้นนำผงฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองใส่ลงในถุงชาสำเร็จรูป โดยให้อัตราส่วนผงฐานเห็ดถึงเชื้อสีทอง 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ต้มในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที (Yamaguchi et al., 2000) นำมากรองเอาเศษตะกอนออกด้วยผ้าขาวบาง ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง นำส่วนใสมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 (Whatman) นำน้ำใสมาใช้ในการทดลองน้ำสกัดฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่ได้นี้วิเคราะห์คุณประโยชน์ของสารออกฤทธิ์แล้ว พบว่า มีปริมาณสารคอร์ไดเซปิน 52.86 ug/ml และมีปริมาณสารอะดีโนซีน 5.00 ug/ml

การเตรียมโยเกิร์ตนมแพะ

ขั้นตอนการทำโยเกิร์ตนมแพะมีดังนี้
นำนมแพะดิบแช่แข็ง (อายุการเก็บรักษาไม่เกิน 1 เดือน) ให้ความร้อนแบบ indirect heat แล้วนำไป preheat ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส นำนมแพะมากรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วจึงนำส่วนผสมผสม ตามวิธีการของพิศศักดิ์ (2552) เติมน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่ผ่านการต้มแล้วที่แทนที่นมแพะของสูตรโยเกิร์ตที่ระดับ 0% (กลุ่มควบคุม) 10%, 15% และ 20 % ตามลำดับ คนส่วนผสมต่างๆให้ละลายเข้ากันกับนมแพะ แล้วนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่ความร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นนำไปลดอุณหภูมิที่ 42 องศาเซลเซียส เติมเชื้อโยเกิร์ตธรรมชาติ 2% คนให้เข้ากัน แล้วนำไปหมักในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง และหยุดปฏิกิริยาที่ pH 4.5-4.6 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเนื้อโยเกิร์ตเกิดการเซตตัว บรรจุใส่ถ้วยพลาสติกใสฟอยล์ ปิดฝาให้สนิท แล้วนำไป

เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการประเมินทางประสาทสัมผัสต่อไป

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มทดลอง (completely randomized design; CRD) วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range tests โดยมี 4 กลุ่มการทดลอง (treatment) ได้แก่ กลุ่มควบคุม หมายถึง โยเกิร์ตนมแพะแทนที่ด้วยน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่ระดับ 0% ของสูตร, กลุ่มการทดลองที่ 2 หมายถึง โยเกิร์ตนมแพะแทนที่ด้วยน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่ระดับ 10% ของสูตร, กลุ่มการทดลองที่ 3 หมายถึง โยเกิร์ตนมแพะแทนที่ด้วยน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่ระดับ 15% ของสูตรและกลุ่มการทดลองที่ 4 หมายถึง โยเกิร์ตนมแพะแทนที่ด้วยน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่ระดับ 20 % ของสูตรตามลำดับ ทำการทดลองกลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ-เคมี

นำตัวอย่างโยเกิร์ตกลุ่มการทดลองที่ 1 (กลุ่มควบคุม), กลุ่มการทดลองที่ 2 (10%), กลุ่มการทดลองที่ 3 (15%) และกลุ่มการทดลองที่ 4 (20 %) ตามลำดับ ไปศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมีประกอบไปด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดตามวิธีการของพิศศักดิ์ (2552), ปริมาณกรดแลคติก (Total Acidity: %TA) ตามวิธีการของ AOAC (1990), ค่าสี L* (lightness to darkness), a* (redness to greenness), b* (yellowness to blueness) ตามวิธีการของนวลนภา (2546), ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis: TPA) ตามวิธีการของ Vital et al. (2015), ความหนืด (Viscosity) ตามวิธีการของปิยวดี (2556), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solid: TSS) ตามวิธีการของศุภลักษณ์ และ สุมาพร (2549)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาระดับการใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถึง เชื้อสีทองในโยเกิร์ตนมแพะต่อลักษณะทาง กายภาพ-เคมี

จากการศึกษาผลของระดับการแทนที่ของน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองในโยเกิร์ตนมแพะกลุ่มควบคุม (0%), กลุ่มการทดลองที่ 1 (10%), กลุ่มการทดลองที่ 2 (15%) และกลุ่มการทดลองที่ 3 (20 %) ตามลำดับ ต่อลักษณะทางกายภาพ-เคมี ดัง Table 1 พบว่า เมื่อมีการแทนที่ของระดับน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองในโยเกิร์ตนมแพะเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดแลคติก (total acidity) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งการทดลองของ Vital et al. (2015) ได้ศึกษาคุณสมบัติของการไหล, ลักษณะทางจุลชีววิทยาของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เสริมด้วยน้ำสารสกัดจากเห็ดนางรมสีขาว รายงานว่า เมื่อมีการเพิ่มระดับของน้ำสกัดเห็ดนางรมสีขาวในโยเกิร์ตไขมันต่ำ จะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง แต่ปริมาณกรดแลคติกจะสูงขึ้น และการทดลองของ Hassan et al. (2014) ซึ่งได้ศึกษาเชื้อ *Bifidobacterium breve* และ *Lactobacillus reuteri* ในโยเกิร์ตที่เสริมด้วยสารสกัดเห็ดชิตาเกะ ในอายุการเก็บรักษา 35 วัน รายงานว่า โยเกิร์ตในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัดเห็ดชิตาเกะ 4% จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลง ขณะที่ปริมาณกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องมาจากความสัมพันธ์ระหว่างออกานิซึมของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและค่าความเป็นกรด-ด่าง ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* ที่ใช้ในการบ่มจะมีการเจริญเติบโตและเกิดการสร้างกรดแลคติกขึ้นเล็กน้อยจากการหมักของแลคโตส สอดคล้องกับการทดลองของ Kurnia et al. (2014) ที่ได้ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของโยเกิร์ตนมแพะและผงเห็ดนางรมสีขาวด้วยวิธีการ

Mixed Design รายงานว่า การใช้ผงเห็ดนางรมสีขาวเป็นส่วนผสมในระดับที่มากขึ้นในโยเกิร์ตนมแพะ จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติกลดลง เนื่องจากผงเห็ดนางรมสีขาวเป็นพรีไบโอติก ที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ใช้สร้างกรดแลคติกในโยเกิร์ต

ด้านปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solid: TSS) ดัง Table 1 พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของโยเกิร์ตมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อมีระดับการแทนที่จากน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 (10%) มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้จากน้ำตาลมากที่สุด เนื่องมาจากปริมาณนมที่ใช้เป็นส่วนประกอบมีปริมาณน้อย ส่งผลให้น้ำตาลแลคโตสในนํ้านมและปริมาณของน้ำตาลที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรน้อยตามไปด้วย อีกทั้งยังถูกเจือจางด้วยการแทนที่ของน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทอง ความหวานจึงน้อยลง ซึ่งจากการทดลองของ Hong et al. (2009) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเห็ดถึงเชื้อสายพันธุ์หลักในเกาหลี รายงานว่า ส่วนของดอกเห็ดถึงเชื้อสีทองมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 29.23 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง ประกอบไปด้วยกลีเซอรอล, กลูโคส, แมนนิทอล, ซูโคส และซูโคส

ด้านความหนืด (Viscosity) ดัง Table 1 พบว่า ความหนืดโยเกิร์ตมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อมีระดับการแทนที่จากน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มควบคุม (0%) มีความหนืดมากที่สุด เนื่องจากการแทนที่ด้วยน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทอง ทำให้นํ้าเป็นองค์ประกอบในโยเกิร์ตมากขึ้นและปริมาณนมที่น้อยลง น้ำตาลที่ใช้เป็นสารอาหารของเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการสร้างกรดแลคติกจึงน้อยลง ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณ กรดแลคติกจึงไม่เพียงพอที่จะทำให้

โปรตีนในนมเสียสภาพจับตัวกันเป็นก้อนเคิร์ด โยเกิร์ตจึงมีแนวโน้มความหนืดลดลง เมื่อมีการแทนที่ของน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งการศึกษาของ Aritonang et al. (2011) ที่ได้ศึกษาผลของการเติมผงเห็ดนางรมสีขาวย่อคุณภาพของโยเกิร์ตนมแพะ รายงานว่า การเติมผงเห็ดนางรมสีขาวย่อจะเพิ่มความหนืดของโยเกิร์ต และผลการทดลองของ Kurnia et al. (2014) ที่ได้ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของโยเกิร์ตนมแพะและผงเห็ดนางรมสีขาวย่อด้วยวิธีการ Mixed Design รายงานว่า การใช้ผงเห็ดนางรมสีขาวย่อเป็นส่วนผสมในระดับที่มากขึ้นในโยเกิร์ตนมแพะ จะทำให้โยเกิร์ตมีความหนืดสูง เนื่องจากผงเห็ดนางรมสีขาวย่อเป็นโปรตีนไอติก ที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ใช้สร้างกรดแลคติกในโยเกิร์ต โดย Tamine and Robinson (2007) ได้อธิบายว่าการเกาะตัวกันของโปรตีนในนมแพะจะเป็นแบบหลวม เพราะนมแพะมีปริมาณของแอลฟา-เอสวัน-เคซีน ที่ต่ำกว่านมโค จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้โยเกิร์ตนมแพะมีเนื้อสัมผัสที่เหลวกว่านมโค และการทดลองของพิศักดิ์ (2552) ที่ได้ศึกษาคุณลักษณะและอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตนมแพะที่เสริมด้วยแป้ง รายงานว่า ค่าความหนืดของโยเกิร์ตสูตรเสริมแป้งข้าวโพด มีค่าความหนืดสูงที่สุดแตกต่างจากโยเกิร์ตนมแพะเสริมแป้งสูตรอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากคุณสมบัติของอะไมโลสในแป้งข้าวโพด มีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดเจลได้ดี มีคุณสมบัติการคืนตัวที่สูงและเร็ว

สำหรับด้านค่าของสี ดัง Table 1 พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการแทนที่ของน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองจะทำให้ค่า L^* (lightness to Darkness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มควบคุม (0%) มีค่า L^* มากที่สุด ตรงกันข้ามกับค่า b^* (Yellowness to Blueness) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กลุ่มการทดลองที่ 3 (20%) มีค่า b^* มากที่สุด หมายความว่า เมื่อมีการเพิ่มระดับการแทนที่น้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองจะทำให้โยเกิร์ตมีแนวโน้มของสีชาวลดลงและมีสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งมาจากสีเหลืองทองของน้ำ

สกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทอง ขณะที่ค่า a^* (Redness to Greenness) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สีเหลืองที่เกิดขึ้นในโยเกิร์ตเนื่องมาจากแคโรทีนอยด์ โดย Shrestha et al. (2006) ได้อธิบายว่า สารแคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบที่สร้างสีส้มแก่เห็ดถึงเชื้อสีทอง โดยปัจจัยการเกิดสีของเห็ดถึงเชื้อสีทอง ขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้เลี้ยง, การให้แสงและสภาวะการบ่ม สอดคล้องกับการทดลองของ Vital et al. (2015) ได้ศึกษาคุณสมบัติของการไหล, ลักษณะทางจุลชีววิทยาของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เสริมด้วยน้ำสารสกัดจากเห็ดนางรมสีขาวย่อ รายงานว่า โยเกิร์ตไขมันต่ำที่เสริมด้วยน้ำสารสกัดจากเห็ดนางรมสีขาวย่อในระดับที่มากกว่า 0.5% มีแนวโน้มของค่าสีไปทางสีเหลือง, สีแดงและความสว่างของสีลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ศิริธร (2558) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มมูลค่าด้านคุณค่าทางโภชนาการจากผลพลอยได้ของฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยแทนที่น้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่ระดับ 0, 10, 15 และ 20% ตามลำดับ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับการแทนที่ของน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองจะทำให้ค่าความหนืด ค่า L^* ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 0% ขณะที่ค่า b^* มีค่าที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อสีทองที่มีสีเหลืองใส จึงส่งผลให้โยเกิร์ตนั้นมีสีครีมหรือน้ำตาลอ่อน นอกจากนี้น้ำสกัดที่ถูกแทนที่ในโยเกิร์ตในระดับที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณนมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตจึงน้อยลงตามไปด้วย ปริมาณสารอาหารในนม เช่น น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และไขมันจึงน้อยลง ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกในโยเกิร์ตได้รับสารอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะน้ำตาลแลคโตส ซึ่งเป็นสารอาหารสำคัญต่อการผลิตกรดแลคติก เมื่อเกิดกรดแลคติกไม่เพียงพอ ทำให้ค่าความเป็นกรดต่าง และปริมาณกรดแลคติกมีปริมาณน้อยเกินไปต่อการเสียสภาพของโปรตีนเคซีน โยเกิร์ตจึงไม่เกิดการจับตัวกันของโครงข่ายในเนื้อโยเกิร์ตเป็นก้อนเคิร์ด

Table.1 Physical-chemical properties of goat milk yogurt with different level of water extract from *Cordyceps militaris* (Mean $\pm$ Standard Deviation)

Physical-Chemical Characteristic	Level of water extraction from <i>Cordyceps militaris</i>			
	Treatment 1 (control)	Treatment 2 (10%)	Treatment 3 (15%)	Treatment 4 (20%)
Total Acidity (%)	3.49 $\pm$ 0.13	3.51 $\pm$ 0.12	3.34 $\pm$ 0.02	3.07 $\pm$ 0.15
pH	4.31 $\pm$ 0.04	4.31 $\pm$ 0	4.32 $\pm$ 0.01	4.29 $\pm$ 0.02
Total soluble solid ($^{\circ}$ Brix)	13.84 ^{ab} $\pm$ 0.23	15 ^a $\pm$ 0	12.66 ^b $\pm$ 0.47	13.5 ^b $\pm$ 0.24
L*	85.65 ^a $\pm$ 0.01	84.6 ^b $\pm$ 0.13	84.96 ^b $\pm$ 0.06	83.71 ^c $\pm$ 0.21
a*	-4.98 $\pm$ 0.15	-4.79 $\pm$ 0.27	-4.55 $\pm$ 0.20	-4.63 $\pm$ 0.04
b*	8.58 ^b $\pm$ 0.38	9.77 ^{ab} $\pm$ 0.40	9.34 ^{ab} $\pm$ 0.13	10.6 ^a $\pm$ 0.01
Viscosity (Cps.)	4380 ^a $\pm$ 49.50	2356 ^b $\pm$ 53.03	2123 ^b $\pm$ 49.50	1679 ^b $\pm$ 314.66

^{a,b} Different letters within the same row are statistically different ($p < 0.05$)

การศึกษาระดับการใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ด ถึงเข้าสู่ท้องในโยเกิร์ตนมแพะต่อลักษณะ เนื้อสัมผัส

จากการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของระดับการแทนที่ของน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเข้าสู่ท้องในโยเกิร์ตนมแพะ ดัง Table 2 พบว่า ค่า Gumminess (ความเหนียวลื่น) ของโยเกิร์ตนมแพะแทนที่ด้วยน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเข้าสู่ท้องที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่ค่า Springiness (ความยืดหยุ่น) ของกลุ่มการทดลองที่ 3 (20%) มีความยืดหยุ่นมากที่สุด ตรงกันข้ามกับค่า Hardness (ความแข็ง), ค่า Cohesiveness (การเกาะรวมตัว

กัน), ค่า Chewiness (การทนต่อการเคี้ยว) และค่า Adhesiveness (การยึดติด) ที่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อมีการเพิ่มระดับของการแทนที่ด้วยน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเข้าสู่ท้องในโยเกิร์ต ในขณะ Vital et al. (2015) ได้ศึกษาคุณสมบัติของการไหล, ลักษณะทางจุลชีววิทยาของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เสริมด้วยน้ำสารสกัดจากเห็ดนางรมสีขาว รายงานว่า การเติมสารสกัดเห็ดนางรมสีขาวในโยเกิร์ตไขมันต่ำจะให้ความแน่น (firmness) ในโยเกิร์ตมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยความแน่นที่ลดลงของโยเกิร์ตมาจากน้ำที่เพิ่มมากขึ้นในระบบเจล (gel system)

Table 2 Texture profile analysis of goat milk yogurt with different level of water extract from *Cordyceps militaris*. (Mean $\pm$ Standard Deviation)

TPA	Level of water extraction from <i>Cordyceps militaris</i>			
	Treatment 1 (control)	Treatment 2 (10%)	Treatment 3 (15%)	Treatment 4 (20%)
Hardness (kgf)	0.02 ^a $\pm$ 0.20	0.02 ^a $\pm$ 0.20	0.02 ^a $\pm$ 0.20	0.01 ^b $\pm$ 0.20
Cohesiveness	0.46 ^a $\pm$ 0.20	0.31 ^d $\pm$ 0.20	0.38 ^b $\pm$ 0.20	0.35 ^c $\pm$ 0.20
Springiness (mm.)	10.21 ^a $\pm$ 0.20	10.56 ^b $\pm$ 0.20	10.10 ^d $\pm$ 0.20	11.24 ^a $\pm$ 0.20
Gumminess (kgf)	0.01 $\pm$ 0.20	0.01 $\pm$ 0.20	0.01 $\pm$ 0.20	0.01 $\pm$ 0.20
Chewiness (kgf.mm)	3.34 ^a $\pm$ 0.47	2.00 ^{ab} $\pm$ 0.95	0.00 ^b $\pm$ 0.00	0.00 ^b $\pm$ 0.00
Adhesiveness (kgf.mm)	0.03 ^a $\pm$ 0.20	0.01 ^b $\pm$ 0.20	0.01 ^b $\pm$ 0.20	0.00 ^c $\pm$ 0.20

^{a,b,c} Different letters within the same row are statistically different ($p < 0.05$)

สรุป

ควรใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อราสีทองแทนที่นมแพะในโยเกิร์ตนมแพะได้ไม่เกิน 15% เนื่องจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้, ความหนืด, ค่า L*(lightness-darkness) รวมทั้งลักษณะของเนื้อสัมผัส ค่า Hardness, ค่า Cohesiveness, ค่า Chewiness และค่า Adhesiveness มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ขณะที่ ค่า b* (Yellowness-blueness) มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อมีระดับการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นของน้ำสกัดจากฐานเห็ดถึงเชื้อราสีทอง

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2558 ในกลุ่มเรื่อง สมุนไพรไทยอาหารเสริม และสปีจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และขอขอบคุณบริษัทที.เอส.ทวิน โปรดัก จำกัด ที่สนับสนุนฐานเห็ดถึงเชื้อราสีทองเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ซัชชชัย กุลประทีปปัญญา, ปัจฉิมา สิทธิสาร, วิรัตน์ สุ่มน และ ศศิธร นาคทอง. 2559. ผลของการเสริมผงฐานเห็ดถึงเชื้อราสีทองต่อคุณภาพในผลิตภัณฑ์กุนเชียง. เอกสารประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ครั้งที่ 8, นครศรีธรรมราช, 2559 หน้า 8-15.
- ธัญญา ทะพิงค์แก. 2555. การเพาะเห็ดถึงเชื้อราเป็นอาชีพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.
- นวลนภา อัคคินธวัชกุล. 2546. การผลิตโยเกิร์ตนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- ปิยวดี นาคสกุล. 2556. การศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพของนํ้านมดิบแช่แข็งเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมแพะพาสเจอร์ไรส์ สเตอริไรส์โยเกิร์ตและไอศกรีม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

- พิศักดิ์ พัดทอง. 2552. การศึกษาคุณลักษณะและอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตนมแพะที่เสริมด้วยแป้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- มงคล ยะไชย. 2557. การใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เหลือจากการเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองเป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- มณชัย เดชสังกรานต์ และ สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล. 2554. ถั่งเช่า: อิทริฤทธิ์เห็ด (หนอน) เทวดา. สรรสาระเทคโนโลยีชีวภาพ.
- ศุภลักษณ์ สารพันธ์ และ สุมาพร เพาะผล. 2549. ศึกษาปริมาณสละที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี.
- ศศิธร นาคทอง. (2558). การเพิ่มมูลค่าด้านคุณค่าทางโภชนาการจากผลพลอยได้ของฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองในผลิตภัณฑ์กุนเชียง ไข่กรอกหมูและโยเกิร์ตเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- สุทธิ ภูมรินทร์, ธนโชติ ธรรมชาติ, ปัจฉิมา สิทธิสาร และ ศศิธร นาคทอง. 2558. การใช้น้ำสกัดฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองในไข่กรอกหมูรมควันต่อลักษณะทางกายภาพ-เคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัส. เอกสารประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12, นครปฐม, 2558 หน้า 1424-1427.
- อานนท์ เอื้อตระกูล. เห็ดถั่งเช่าเพาะได้ในไทย มาหลายสิบปีแล้ว. [Online]. Available: http://www.anonbiotec.com/Dong_Chong_01.html, 27 กันยายน 2559.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis. (15th ed). AOAC, Arlington, VA.
- .Aritonang, S.N., E. Purwatidan and Y. Fitri. 2011. Effect of white oyster mushroom powder (*Pleurotus ostreatus*) addition on goat milk yogurt quality. Seminar National Technology Peternakan dan Vet.
- Das, S.K., M. Masuda, A. Sakurai and M. Sakakibara. 2010. Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: Current state and prospects. *Fitoterapia*. 81: 961-968.
- Hassan, O.A., A.A. Abughazalehand, S.A. Ibrahim, O.S. Isikhuemhen, S.S. Awaisheh and R. Tahergorabi. 2014. Viability and α - and β -galactosidase activity of *Bifidobacterium breve* and *Lactobacillus reuteri* in yogurt products supplemented with shitake mushroom extract during refrigerated storage. *J. of Dairy Tech.* 67(4): 570-576.
- Hong, I. P., S.H. Nam, G.B. Sung, K.G. Lee, S.M. Cho, S.J. Seok, H. Hur, M.W. Lee and S X. Guo. 2009. Chemical composition of main *Cordyceps* species in Korea. *Int. J. Indust Entomol.* 18(1): 13-17.

- Kurnia, F.Y., S. Yasni and B. Nurtama. 2014. Optimization formula of goat milk yoghurt and white oyster mushroom powder with mixture design methods. Pakistan J. of Nutrition. 3(5): 296-302.
- Li, S. P., F.Q. Yang and K.W.K. Tsim. 2006b. Quality control of *Cordyceps sinensis*, a valued traditional chinese medicine. J. Pharmaceut Biomed Anal. 19(8): 800-805.
- Patel, K.J. and R.S Ingahlalli. 2013. *Cordyceps militaris* (L.:Fr.) link- An important medicinal mushroom. J. of Pharmacog & Phytochem. 2(1): 315-319
- Shashidhar, M.G., P. Giridhar, K.U. Sankar and B. Manohar. 2013. Bioactive principles from *Cordyceps sinensis*: A potent food supplement – A review. J. of Functional Foods. 5: 1013-1030.
- Shrestha, B., W.H. Lee, S.K. Han and J.M. Sung. 2006. Observations on some of the mycelial growth and pigmentation characteristic of *Cordyceps militaris* Isolates. Mycobiology. 34(2): 83-91.
- Tamine, A.Y. and R.R. Robinson. 2007. Yoghurt Science and Technology. Second edition. CRC, New York.
- Vital, A.C.P., P.A. Goto, L.N. Hanai, S.M. Gomes-da-Costa, B.A.A. Filho, C.V. Nakamura and P.T.M. Pintro. 2015. Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. Food Sci. and Technol. Elsevier LWT. 64: 1028-1035.
- Yamaguchi Y, S. Kagota, K. Nakamura, K. Shinozoku and M. Kunitomo. 2000. Inhibitory effects of water extracts from fruiting bodies of cultured *Cordyceps sinensis* on raised serum lipid peroxide levels and aortic cholesterol of deposition in atherosclerotic mice. Phytother. Res. 14: 650-652