

ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และการอยู่รอดของเชื้อโพรไบโอติกในโยเกิร์ตผงจากถั่วลูกไก่หลังการทำแห้งแบบพ่นฝอย

The Effect of Drying Temperature on Total Phenolic Compound, Antioxidant Activity and Survival Rate of Probiotic in Chickpea (*Cicer arietinum*) Yoghurt after Spray Drying Process

อุบลวรรณ ศรีมงคล<sup>1</sup> นภสร นิมกลิ่น<sup>1</sup> และ สุภาภรณ์ เลขวัต<sup>1</sup>  
Srimongkoluk, U.<sup>1</sup>, Nimklin, N.<sup>1</sup> and Lekhavat, S.<sup>1</sup>

### Abstract

This research investigated the effect of drying outlet temperature (70, 80, and 90 °C) on phenolic compound content, antioxidant activity (DPPH scavenging capacity and ferric reducing antioxidant power (FRAP)) and probiotic survival rate of chickpea yoghurt powder after spray drying process. The results showed that the outlet air temperature had a significant effect on cell survival rate (80-99 %), phenolic compound content (7-11% decreased), DPPH scavenging capacity (0.005-0.008 % decreased) and FRAP value (5.0-16.34 % decreased). The highest survival rate, phenolic compound, and antioxidant activity were found in a sample that was spray dried at an outlet temperature of 80 °C, while the lowest was found when spray drying at an outlet temperature of 90°C.

**Keywords:** chickpea, probiotic, bioactive compounds, antioxidant activity

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้ง (70 80 และ 90 °C) ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (โดยวิธี DPPH และ FRAP) และอัตราการรอดของเชื้อโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผงจากถั่วลูกไก่หลังการทำแห้งแบบพ่นฝอย ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิการทำแห้งมีผลต่ออัตราการรอดของเซลล์ (80-99 %) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ลดลง 7-11%) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (ลดลง 0.005-0.008%) และ FRAP (ลดลง 5.0-16.34 %) ทั้งนี้อัตราการรอดของเชื้อ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่สูงที่สุดพบในตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C ในขณะที่ค่าต่ำสุดพบในตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 90 °C

**คำสำคัญ:** ถั่วลูกไก่, โพรไบโอติก, สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ

### คำนำ

โยเกิร์ต (Yoghurt) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมโดยเชื้อจุลินทรีย์ (Culture product) โดยโยเกิร์ตทำจากนมน้ำนม อาจเป็นนมสด นมพว่องมันเนย นมคั้นรูปจากนมพว่องมันเนย หมักด้วยจุลินทรีย์ นิยมใช้เชื้อผสมของ Lactic acid bacteria ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว คือ *Lactobacillus bulgaricus* กับ *Streptococcus thermophilus* โดยจุลินทรีย์จะเปลี่ยนน้ำตาลในนม คือ แลคโตสให้เป็นกรดแลคติก (Lactic acid) ที่ทำให้โปรตีนตกตะกอน มีลักษณะเป็น ลิ่มค่อนข้างนุ่ม (Soft curd) คือมีเนื้อสัมผัส กึ่งแข็งกึ่งเหลว โดยทั่วไปมีสีขาวถึงขาวนวล มีกลิ่น หอมอ่อนๆ เฉพาะตัว รสชาติเปรี้ยว เนื่องจากมีกรดค่อนข้างสูง และมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ปริมาณมาก (จิรเดช, 2553)

ถั่วลูกไก่หรือถั่วชิกพี (*Cicer Arietinum*) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่มีโปรตีนสูง เป็นพืชตระกูลถั่ว ถั่วลูกไก่เติบโตในเอเชียอินเดียยุโรปตะวันออกแอฟริกาประเทศแถบเมดิเตอร์เรเนียน ประโยชน์ของถั่วชิกพีต่อสุขภาพของมนุษย์นั้นมากมาย เนื่องจากผลิตภัณฑ์นี้มีกรดอะมิโนที่จำเป็นวิตามินหลายชนิดและธาตุที่มีคุณค่า ถั่วลูกไก่ มีกรดโฟลิก โปแตสเซียม และสารฟลาโวนอยด์ ที่ช่วยต่อต้านการเกิดโรคหัวใจ ถั่วชิกพีสามารถรับประทานได้ทั้งแบบดิบต้มและอบ คุณค่าทางโภชนาการของถั่วชิกพี (ต่อผลิตภัณฑ์ดิบ 100 กรัม) พบว่ามีโปรตีน 20.5 กรัม ไขมัน 4.25 กรัม คาร์โบไฮเดรต 45.9 กรัม ซึ่งมีปริมาณแคลอรี 362 กิโลแคลอรีต่อถั่วชิกพีดิบ 100 กรัม

<sup>1</sup> ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

<sup>1</sup> Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

โพรไบโอติก (Probiotics) เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถสร้างกรดแลคติก หรือกรดในน้ำนมได้พบได้ในทางเดิน อาหารของคน สัตว์และในอาหารหมักดองชนิดต่าง ๆ โดยเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถจับที่บริเวณผิวของเยื่อลำไส้แล้วผลิตสารต่อต้านหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ รวมถึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพได้ (สุนัดดา, 2557) จุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีการศึกษาและเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน ได้แก่ แลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus*) และไบฟิโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium*) โดยแลคโตบาซิลลัสมักจะอาศัยอยู่ใน ร่างกายมนุษย์บริเวณลำไส้เล็กตั้งแต่วัยแรกเกิด ส่วนไบฟิโดแบคทีเรียม มักอาศัยอยู่ในเด็กที่ดื่มน้ำนมมารดาตั้งแต่อายุ 7 วันขึ้นไป จึงเป็นผลทำให้ทารกที่ดื่มน้ำนมมารดาตั้งแต่แรกคลอดมีสุขภาพแข็งแรง และมีระบบภูมิคุ้มกันที่ ดีกว่าทารกที่ดื่มนมขวดหรือนมกระป๋อง เนื่องจากในลำไส้ของทารกที่ดื่มน้ำนมมารดามีแบคทีเรียทั้งสองสกุลนี้ซึ่งแบคทีเรียทั้งสอง (จิเรเดช, 2553)

การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) เป็นเทคนิคการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนเพื่อระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็วได้ผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปของผงแห้ง ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของอนุภาคผงที่ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายป้อน ความหนืดและอุณหภูมิของสารละลายที่ผ่านเข้าเครื่อง ระบบพ่นฝอย (atomization unit) ลักษณะการสัมผัสระหว่างอากาศร้อนและหยดของเหลว อัตราการไหลของของเหลวเข้าเครื่อง อุณหภูมิอากาศขาเข้าและขาออกจากเครื่อง และค่าแรงตึงผิวของหยดของเหลว เป็นต้น ปัจจุบันผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผลิตจากนมวัวเป็นหลัก ซึ่งอาจมีปัญหาเรื่องไขมันส่วนเกินและระบบการย่อยอาหารที่ไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมวัวได้ ส่วนโยเกิร์ตที่ผลิตจากพืชในตลาดปัจจุบันยังมีจำนวนจำกัดทำให้ผู้ผลิตโคมไม่มีความเลือกมากนัก และส่วนใหญ่ทำจากนมถั่วเหลืองซึ่งไม่เหมาะสำหรับผู้แพ้อาหารถั่วเหลือง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาลักษณะของอนุภาคที่ทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากถั่วลูกไก่เสริมเชื้อโพรไบโอติกในรูปแบบผง ที่ช่วยเสริมสร้างจุลินทรีย์ที่ดีในกระเพาะอาหารช่วยในการขับถ่าย ซึ่งผลิตภัณฑ์รูปแบบผงโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอยมีข้อดีคือมีต้นทุนต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นต่ำจึงช่วยลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ และการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้นและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและเก็บรักษา

#### อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมโยเกิร์ตจากถั่วลูกไก่โดยนำถั่วมาแช่น้ำเป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดน้ำนมและหมักด้วยหัวเชื้อจากโยเกิร์ตถั่วเหลืองทางการค้า 5 % และน้ำตาล 5 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) นำไปต้มที่อุณหภูมิ 42 °C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C โดยเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นและมีอายุการเก็บไม่เกิน 7 วัน

เตรียมสารละลายป้อนโดยนำตัวอย่างโยเกิร์ตที่เตรียมได้ผสมกับเชื้อ *L. paracasei* (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) 4 % จากนั้นนำสารละลายโยเกิร์ตไปทำแห้งโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยเครื่อง Buchi Mini Spray Dryer B-290 ควบคุมอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 150 °C และอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 70 80 และ 90 °C อัตราการป้อนสาร 10 มิลลิลิตร/นาที อัตราไหลของอากาศร้อน 35 ลิตร/ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ โดยวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ ค่า pH (EUTECH รุ่น pHTestr20, สิงคโปร์) ปริมาณกรดแลคติก ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$  Aqualab Series 4, สหรัฐอเมริกา) ปริมาณความชื้น และค่าสี (TECAN รุ่น Infinite M200 PRO, สวิตเซอร์แลนด์) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

วิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างก่อนและหลังกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Maisuthisakul และคณะ, 2007) ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH Assay (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay) โดยคำนวณเป็นค่า  $IC_{50}$  (ดัดแปลงจาก Wong และ Chye 2009) และ FRAP Assay (Ferric reducing antioxidant power assay) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Benzie และ Strain, 1996) อัตราการรอดตายของเชื้อจุลินทรีย์โดยนับจำนวนเชื้อก่อนและหลังการทำแห้งด้วยเทคนิคการตรอปเพลท

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมประเมินผลทางสถิติ SPSS version 17 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและความแตกต่างของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าร้อยละผลผลิตอยู่ในช่วง 4.19-6.75 % ตามลำดับ (Table 1) โดยก่อนผ่านการอบแห้ง มีปริมาณฟีนอลิก 0.017 มิลลิกรัมสมมูลย์แกลลิกต่อมิลลิลิตร ค่า IC<sub>50</sub> 0.12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และค่า FRAP 25.935 มิลลิกรัมโพลอกซ์/กรัมสารสกัด และเมื่อผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °C พบว่าโยเกิร์ตผงที่ได้มีปริมาณฟีนอลิก 0.117±0.01 0.138±0.01 และ 0.129±0.01 มิลลิกรัมสมมูลย์แกลลิกต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่า IC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.006, 0.007 และ 0.006 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP เท่ากับ 228.83±0.63 262.52±1.33 และ 200.41±1.85 มิลลิกรัมโพลอกซ์/กรัมสารสกัด ตามลำดับ (Table 2) โดยพบว่าที่ 80 °C มีการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและค่าการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้ว่ามีสาเหตุเนื่องมาจากการที่สารประกอบฟีนอลิกที่มีโมเลกุลต่ำบางตัวถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการที่มีความร้อนหรือกระบวนการหมัก ทำให้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและค่า DPPH สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Niwa และ Miyachi, 1986; Niwa และคณะ, 1988; Lee และคณะ, 2003; Jeong และคณะ, 2004) ซึ่งหากพิจารณาพร้อมกับค่า FRAP พบว่าอุณหภูมิการทำแห้งที่ 80 °C ให้ค่าที่ดีที่สุด

อัตราการรอดของเชื้อหลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิร้อนขาออก 70 80 และ 90 °C มีค่าเท่ากับ 90.4 92.8 และ 83.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pisan และคณะ (2013) ที่พบว่าอัตราการรอดของจุลินทรีย์มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งแบบพ่นฝอยสูงกว่า 80 °C ทั้งนี้ พบว่าโยเกิร์ตจากถั่วลูกไก่ มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.29-4.41 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อยู่ในช่วง 9.6-12.7 °Brix ค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.188-0.231 ค่าความชื้นอยู่ในช่วง 13.814-14.342 มีปริมาณกรดแลคติก อยู่ที่ 0.006 และค่าสี L อยู่ในช่วง 88.345 - 92.308 ค่าสี a -0.263 - 0.042 และค่าสี b 9.357-10.953

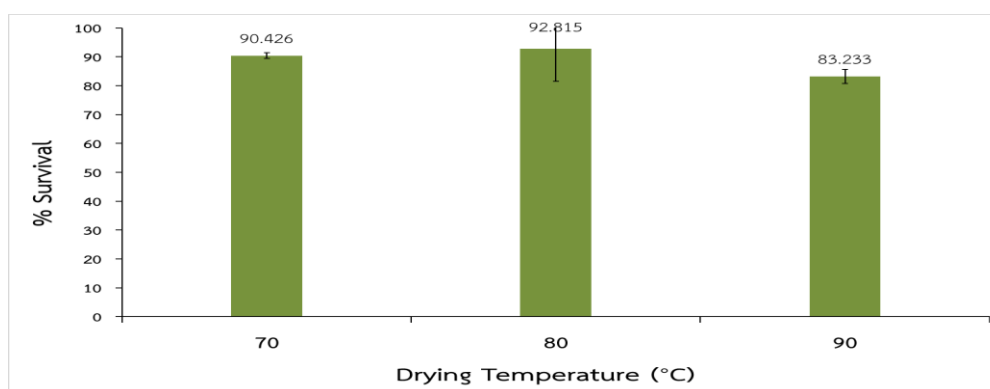
### สรุปผล

การวิจัยเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิอบแห้ง 3 ระดับ ที่ 70, 80 และ 90 °C ในการทำแห้งผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากถั่วลูกไก่ โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่มีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (โดยวิธี DPPH และ FRAP) และอัตราการรอดของเชื้อโปรไบโอติก พบว่าอุณหภูมิทำแห้งมีผลต่อคุณภาพโยเกิร์ตถั่วลูกไก่ โดยที่ 80 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้ง ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 0.138±0.01 มิลลิกรัมสมมูลย์แกลลิกต่อมิลลิลิตร ค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เมื่อคำนวณเป็นค่า IC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.007 และค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP เท่ากับ 262.52±1.33 มิลลิกรัมโพลอกซ์/กรัมสารสกัด และมีอัตราการรอดของเชื้ออยู่ที่ 92.8 เปอร์เซ็นต์

### เอกสารอ้างอิง

- จิระเดช มณีรัตน์, 2553, การเปรียบเทียบคุณภาพของการผลิตโยเกิร์ตจากนํ้านมแพะผสม นํ้านมโค, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธิญบุรี, ปทุมธานี, หน้า 2-8.
- สุนันท์ ไจจारी, 2559, หลักการของเครื่อง spray dry [สืบค้น], เข้าถึง: <http://www.cdiphthailand.com/th/innovation-thai/article-thai/206-spray-dryer.html>. [April 11, 2021].
- สุนัดดา โยมญาติ, 2557, โยเกิร์ต (YOGURT) [Online], Available: <http://biology.ipst.ac.th/?p=987>. [April 11, 2021].
- Bell, S.S., 2014, The Small But Mighty Chickpea, [Online], Available: <https://phys.org/news/2014-03-small-mighty-chickpea.html> [March 30, 2021].
- Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay, [Online], Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8660627/> [March 30, 2021].
- Jeong, S.M., Kim, S.Y, Kim, D.R., Jo, S.C., Nam K.C., Ahn, D.U., and Lee, S.C., 2004, Effect of Heat Treatment on the Antioxidant Activity of Extracts from Citrus Peels, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 3389-3393.
- Lee, S.C., Kim, J.H., Jeong, S.M., Kim, D.R., Ha, J.U., Nam, K.C. and Ahn, D.U., 2003, Effect of Far-infrared Radiation on the Antioxidant Activity of Rice Hulls, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 4400-4403.
- Maisuthisakul, P., Suttajit, M. and Pongsawatmanit, R., 2007, Assessment of Phenolic Content and Free Radical

- Scavenging Capacity of Some Thai Indigenous Plants, *Food Chemistry*, 100: 1409-1418.
- Niwa, Y. and Miyachi, Y., 1986, Antioxidant Action of Natural Health Products and Chinese Herbs, *Inflammation*, 10: 79-97.
- Niwa, Y., Kanoh, T., Kasama, T., and Neigishi, M., 1988, Activation of Antioxidant Activity in Natural Medicinal Products by Heating, Brewing and Lipophilization, A New Drug Delivery System, *Drugs under Experimental and Clinical Research*, 14: 361-372.
- Pispan, S., Hewit, C.J. and Stapley, A.G.F., 2013, Comparison of Cell Survival Rates of *E. coli* K12 and *L. acidophilus* Undergoing Spray Drying, *Food and Bioprocess Technology*, 91: 362-359.
- Wong, Y.J. and Chye, Y.F., 2009, Antioxidant Properties of Selected Tropical Wild Edible Mushrooms, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 269–277.



**Figure 1** Survival rate of Probiotic in chickpea yoghurt after spray drying process at outlet temperature of 70, 80, and 90°C, respectively.

**Table 1** %Yield, physical and chemical properties of chickpea yoghurt after spray drying at outlet temperature of 70, 80, and 90°C.

Temp (°C)	Yield (%)	a <sub>w</sub>	Moisture content (%)	Lactic content (%)	Color value		
					L	a	b
70	5.02±0.48	0.231±0.03 <sup>a</sup>	14.342±0.02 <sup>a</sup>	0.006±0.00 <sup>ns</sup>	88.345±1.44 <sup>c</sup>	-0.062±0.01 <sup>b</sup>	10.737±0.08 <sup>a</sup>
80	4.19±1.41	0.206±0.01 <sup>ab</sup>	13.814±0.04 <sup>b</sup>	0.006±0.00 <sup>ns</sup>	92.308±0.38 <sup>a</sup>	-0.263±0.03 <sup>c</sup>	9.357±0.67 <sup>b</sup>
90	6.75±0.32	0.188±0.01 <sup>b</sup>	14.179±0.22 <sup>a</sup>	0.006±0.00 <sup>ns</sup>	90.382±0.92 <sup>b</sup>	0.042±0.01 <sup>a</sup>	10.953±0.55 <sup>a</sup>

\*Means within the same column with the different superscript letters (a,b,c) are significantly different (P≤0.05)

**Table 2** Total phenolic content and antioxidant activity of chickpea yoghurt before and after spray drying at outlet temperature of 70, 80, and 90°C.

	Temp (°C)	Total Phenolic (mg GA/g extract)	IC <sub>50</sub> of DPPH (mg/ml)	FRAP value (mg TE/g extract)
* Before	70	0.011±0.00 <sup>ns</sup>	0.110±0.00 <sup>ns</sup>	32.25±1.01 <sup>ns</sup>
	80	0.011±0.00 <sup>ns</sup>	0.110±0.00 <sup>ns</sup>	17.03±3.03 <sup>ns</sup>
	90	0.011±0.00 <sup>ns</sup>	0.110±0.00 <sup>ns</sup>	19.89±1.73 <sup>ns</sup>
** After	70	0.117±0.01 <sup>b</sup>	0.006±0.00 <sup>ns</sup>	228.83±0.63 <sup>ab</sup>
	80	0.138±0.01 <sup>a</sup>	0.007±0.00 <sup>ns</sup>	262.52±1.33 <sup>a</sup>
	90	0.129±0.01 <sup>a</sup>	0.006±0.00 <sup>ns</sup>	200.41±1.85 <sup>b</sup>

\*Before spray drying, means within the same column with the different superscript letters (a,b,c) are significantly different (P≤0.05); ns = not significant

\*\* After spray drying, means within the same column with the different superscript letters (a,b,c) are significantly different (P≤0.05)