# การใช้ประโยชน์จากผงเมล็ดมะขามทดแทนเพกตินทางการค้า

# The use of tamarind kernel powder substitute commercial pectin

**พจนีย์ แก้วคำแสน[1*] และ บัวสี หงสาวดี[1]**

**Potchanee Kaewkumsan[1*] and Buasee Hongsawadee[1]**

**บทคัดย่อ**: เพกตินเป็นพอลีแซ็กคาไรด์ที่มีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นสารที่ก่อให้เกิดเจลตามธรรมชาติ ที่ย่อยสลายง่ายและใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย มะขาม (Tamarindus indica L.) เป็นพืชพื้นเมืองที่พบมากในประเทศแถบเอเชียซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน เนื้อเมล็ดมะขามสามารถนำมาผลิตเป็นผงเมล็ดมะขาม (TKP) ซึ่งเป็นแหล่งเพกตินและกัมจากมะขามที่มีลักษณะเฉพาะตัว นิยมใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและความข้นหนืดของอาหารแปรรูป รวมทั้งเป็นสารพรีไบโอติก สารเพิ่มความคงตัว และช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญในอาหารและยาในระบบทางเดินอาหาร อย่างไรก็ตามเมล็ดมะขามส่วนใหญ่ถูกทิ้งเป็นของเสียจากกระบวนการแปรรูปอาหารและมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อย ในการศึกษานี้จึงนำ TKP มาใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยมเพื่อทดแทนเพกตินทางการค้า ซึ่งจากการเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า TKP ประกอบด้วยเพกตินชนิดที่มีเมทอกซิลสูง (6.82-8.37%) จึงเกิดเจลที่มีความแข็งแรงและทนต่อความร้อนได้ดีกว่าเพกตินทางการค้า (DE 71) นอกจากนี้ปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณ TKP ที่เพิ่มขึ้น โดยผลการศึกษาที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนา TKP เพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและยา รวมทั้งยังมีส่วนส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกมะขามอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในประเทศและการส่งออก

**คำสำคัญ**: เพกติน, ผงเมล็ดมะขาม, แยม, ฟีนอลิก, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

**ABSTRACT:** Pectin, a naturally occurring polysaccharide, has in recent years gained increasingly in importance due to its benefits as biodegradable gelling agent and diverse applications. Tamarind (*Tamarindus indica* L.) is a multi-purpose tropical fruit tree which widely found in many Asian countries. Tamarind kernel is the raw material for the manufacture of tamarind kernel powder (TKP). It is characterized as an alternative source of pectin and tamarind gum that favorably used to improve the texture and viscosity of processed foods. It is also used in foods and medicines as a prebiotic, stabilizer, and matrix-forming agent to control the release of active ingredients in the gastrointestinal tract. However, tamarind seeds are mostly discarded as by-product from food processing and used in limited way. In this study, TKP was used as a gelling-agent to replace commercial pectin in jam product. The physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant activities were compared. It was found that TKP composed of pectin with high methoxyl content (6.82-8.37%), consequently, promoted gel strength and heat stability higher than that of commercial pectin (DE 71). Moreover, the increase in TKP content tended to increase phenolic compounds and anti radical activity. The results obtained from this study are essential data for the development of TKP in food and pharmaceutical industries, as well as to promote the cultivation of tamarind trees continually for domestic use and export.

**Keywords:** Pectin, Tamarind kernel powder, Jam, Phenolic, Antioxidant activity

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จ.สกลนคร 47160

Department of Food Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakonnakhon Campus, Sakonnakhon 47160

* Corresponding author: fst.rmuti.pk@gmail.com

## บทนำ

เพกติน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ประเภทเฮทเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) ที่พบในผนังเซลล์และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ของพืช ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้เพกตินอย่างกว้างขวาง ทั้งในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ขนมหวาน ขนมอบ นม เนื้อ โดยเฉพาะ แยม และเยลลี่ รวมถึงในเวชภัณฑ์ นิยมใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล สารเพิ่มความคงตัว สารที่ทำให้ข้นหนืด สารอิมัลซิไฟเออร์ และสารพรีไบโอติก (Mohamad et al., 2012; Munarin et al., 2012; Sriamornsak, 2003) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์และควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญในอาหารหรือยาให้คงตัวในระบบทางเดินอาหาร จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การบริโภคผักและผลไม้ทำให้ได้รับเพกตินเฉลี่ย 1% ซึ่งมีส่วนช่วยลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือดและถูกย่อยสลายในลำไส้ใหญ่เกิดเป็นกรดไขมันสายสั้นๆ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Srivastava and Malviya, 2011; Morris et al., 2010) เพกตินจึงจัดเป็นสารธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งในการผลิตภัณฑ์อาหารและยา

เพกตินทางการค้านิยมสกัดจากกากผลไม้หลังการคั้นน้ำ หัวบีท ช่อผลของดอกทานตะวัน และเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งพบเพกติน อยู่ในช่วง 10-15% 10-20% 15-25% และ 20-35% ตามลำดับ (Sinha et al., 2012) โดยโครงสร้างทางเคมีของเพกตินที่พบเป็นพอลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลอิสระที่ถูกเอสเทอริไฟด์ด้วยหมู่เมทิล (Degree of Esterification: DE) ได้หลายระดับ เพกตินที่ใช้ในอาหารจึงแบ่งตามระดับของการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันได้เป็นกลุ่มที่มีเมทอคซิลมากกว่า 50% (High methoxy pectins: HMP) และกลุ่มที่มีเมทอคซิลน้อยกว่า 50% (Low methoxy pectins: LMP) ซึ่งเกิดเจลได้แตกต่างกัน (Al-Assaf and Phillips, 2009) กลไกการเกิดเจลของเพกตินแต่ละชนิดจึงขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี (Goyal et al., 2007) และปัจจัยภายนอก เช่น ปริมาณของเพกติน แคลเซียม ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ชนิดของน้ำตาล ไอออนโลหะ และสารเพิ่มเนื้อ เป็นต้น ดังนั้นการเลือกใช้เพกตินจึงต้องคำนึงถึงสภาวะการเกิดเจลและความคงตัวของเพกตินซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

มะขาม (*Tamarindus indica* L.) เป็นพืชเขตร้อนอเนกประสงค์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน สำหรับเมล็ดมะขาม จัดเป็นของเสียจากการแปรรูปอาหารที่มีการใช้ประโยชน์น้อย อย่างไรก็ตาม เมล็ดมะขามถือเป็นแหล่งของสารที่ทำให้เกิดเจลในธรรมชาติที่น่าสนใจ เนื่องจากเนื้อเมล็ดพบสารที่ก่อให้เกิดเจลสูง 46-48% รวมถึงเพกตินที่มีแคลเซียมเพคเตท 70.0-80.4% เมทอคซิล 7.9-9.9% และกัมจากมะขาม ซึ่งพบสารไซโลกลูแคน (xyloglucan) เป็นองค์ประกอบหลัก จึงให้ลักษณะเจลแข็งที่นิยมใช้ในอาหาร ผงเมล็ดมะขาม (Tamarind kernel powder: TKP) มีคุณสมบัติเด่นด้านความคงตัวต่อความร้อน การเกิดเจลในช่วง pH กว้าง และยังเป็นแหล่งของโปรตีนและสารฟีนอลิก (Caluwé et al., 2010; Singh et al., 2007) ซึ่งถือเป็นลักษณะเฉพาะตัวของพอลิแซคคาไรด์จากมะขามที่ไม่พบในเพกตินผลไม้ ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงทำการเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีกายภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแยมมะขามที่ใช้ TKP ทดแทนเพกตินทางการค้า โดยหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลเมื่อแปรรูปที่อุณหภูมิต่างๆ

## วิธีการศึกษา

เตรียมผงเมล็ดมะขาม โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Kumar and Bhattacharya (2008) แยกเมล็ดมะขามเปรี้ยวคละสายพันธุ์ ในเขตพื้นที่ จ. สกลนคร ใช้เฉพาะส่วนเนื้อเมล็ด นำมาสกัดด้วยน้ำร้อน อุณหภูมิ 95°C นาน 10 นาที และสกัดแยกเพกตินด้วยกรดซิตริก 3% ที่อุณหภูมิ 90°C แล้วหาปริมาณเมทอกซีเอสเทอร์ที่เป็นองค์ประกอบตามวิธีการของ Melton and

Smith (2001) เปรียบเทียบการใช้ TKP กับเพกตินทางการค้า (APC102, DE 71) ในแยมมะขามซึ่งเป็นเพกตินในกลุ่ม HMP โดยใช้สูตรพื้นฐานประกอบด้วยเนื้อมะขามหวานและเปรี้ยว (อัตราส่วน 2:1) น้ำตาลทราย เพกติน และน้ำ เท่ากับ 50.0%, 33.3%, 1.0% และ 15.7% ตามลำดับ แปรรูปที่อุณหภูมิ 75 85 และ 100°C เป็นเวลา 15 นาที วางให้คงตัวที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง ก่อนวัดค่าทางเคมีกายภาพ (AOAC, 2000) เปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content: TPC) ด้วยวิธี Folin-Ciocateu phenolic test ตามวิธีการของ Singleton and Rossi (1965) โดยใช้สารสกัดเมทานอลิก 80% จากแยมเมื่อแปรรูปที่อุณหภูมิ 85°C การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทำด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH×) Assay โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Zahin et al. (2009) และ Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) Assay ตามวิธีการของ Benzie and Stain (1996) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม SPSS 15.0 และแผนการทดลองแบบ Completely Random Design (CRD) วิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT) จากการทดลอง 3 ซ้ำ

## ผลการศึกษา

### เพกตินในผงเมล็ดมะขาม

เมื่อผลิต TKP จากเนื้อเมล็ดมะขามเปรี้ยว (17.33% โดยน้ำหนัก) ซึ่งเป็นของเสียส่วนใหญ่จากการแปรรูปทำให้ได้ผลผลิต TKP คิดเป็น 2.60±0.30% ของน้ำหนักมะขามทั้งฝัก หรือ 15% ของเนื้อเมล็ด ในเพกตินมะขามพบเมทอกซิลสูง 6.82-8.37% และกรดอิสระ 0.16-0.17% โดยน้ำหนักแห้ง

### สมบัติทางเคมีกายภาพของผงเมล็ดมะขาม

### ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดเจลของผงเมล็ดมะขาม

สภาวะการเกิดเจลในแยมมะขามเหมาะกับเพกตินกลุ่ม HMPs (ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 55.5-66.7% และค่า pH 2.07-2.60) TKP เกิดเจลที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าเพกตินทางการค้า (HMP) (Figure 1) โดยการแปรรูปที่อุณหภูมิ 85°C ให้แยมที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน (P>0.05)

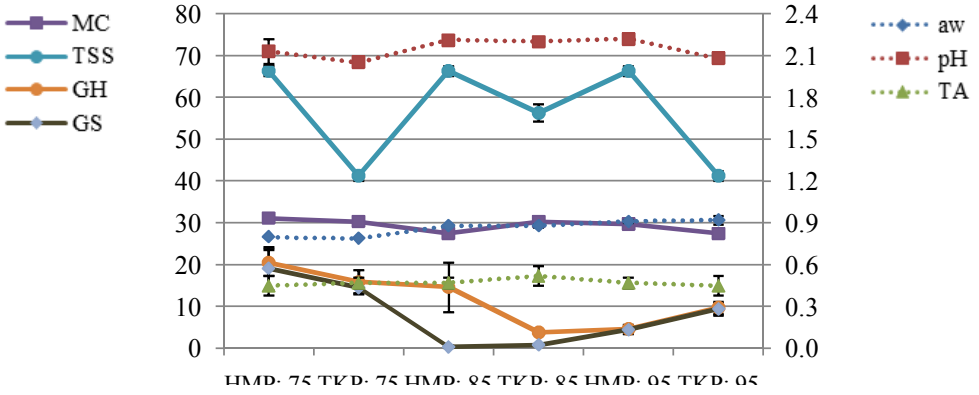


Figure 1Physicochemical values of tamarind jam using tamarind kernel powder (TKP) as commercial pectin(HMP) substituent at various processing temperatures

**ปริมาณผงเมล็ดมะขามที่เหมาะสม**

การใช้ TKP 1% หรือ 1.5% ไม่มีผลต่อค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า $a_w$ ของแยมที่อุณหภูมิการแปรรูป 85°C (P>0.05) (**Table 1**) การเพิ่ม TKP สามารถเพิ่มของแข็งที่ละลายได้ในน้ำและลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ แต่อาจส่งผลให้โครงสร้างของเจลมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นการใช้ TKP ทดแทน HMP ที่ระดับ 1% จึงเหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพของเจลมากกว่าที่ระดับ 1.5%

**ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผงเมล็ดมะขามและผลิตภัณฑ์**

ปริมาณฟินอลิกและค่า FRAP ของแยมมะขามมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ TKP เป็นส่วนประกอบ (**Table 1**) แสดงให้เห็นว่า สารต้านอนุมูลอิสระใน TKP ส่วนใหญ่มีกลไกการออกฤทธิ์โดยอาศัยการรีดิวซ์แคทไอออนเป็นหลัก

**Table 1** Physicochemical values of tamarind jam using tamarind kernel powder (TKP) as commercial pectin (HMP) substituent at various processing temperatures

| Quality values | Processing temperature(°C) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 75 | | 85 | | 95 | |
| | HMP | TKP | HMP | TKP | HMP | TKP |
| Color value:L* | 21.74$^{a}$±0.03 | 21.55$^{b}$±0.02 | 21.45$^{c}$±0.05 | 21.41$^{c}$±0.03 | 21.61$^{b}$±0.11 | 21.44$^{c}$±0.03 |
| Color value: a$^{*NS}$ | 14.50±0.25 | 14.21±0.13 | 14.29±0.19 | 14.36±0.23 | 14.41±0.11 | 14.40±0.07 |
| Color value: b* | 18.56$^{c}$±0.36 | 17.73$^{d}$±0.24 | 19.61$^{a}$±0.23 | 19.21$^{b}$±0.06 | 19.65$^{a}$±0.02 | 19.73$^{a}$±0.23 |
| Moisture content(%) | 31.15$^{a}$±0.12 | 30.36$^{ab}$±0.27 | 27.44$^{c}$±0.67 | 30.36$^{ab}$±0.27 | 29.74$^{b}$±0.79 | 27.44$^{c}$±0.67 |
| Water activity ($a_w$) | 0.80$^{c}$±0.00 | 0.79$^{c}$±0.00 | 0.88$^{b}$±0.00 | 0.88$^{b}$±0.01 | 0.91$^{a}$±0.01 | 0.92$^{a}$±0.03 |
| pH value | 2.13$^{b}$±0.09 | 2.05$^{c}$±0.01 | 2.21$^{a}$±0.01 | 2.20$^{a}$±0.00 | 2.22$^{a}$±0.01 | 2.08$^{bc}$±0.01 |
| Total acidity (%) $^{NS}$ | 0.45±0.07 | 0.47±0.04 | 0.47±0.04 | 0.52±0.07 | 0.47±0.04 | 0.45±0.07 |
| Total soluble solids (%) | 66.33$^{a}$±1.15 | 41.33$^{c}$±1.15 | 66.33$^{a}$±1.15 | 56.33$^{b}$±2.08 | 66.33$^{a}$±1.15 | 41.33$^{c}$±1.15 |
| Gel hardness (gf) | 20.49$^{a}$±3.16 | 15.88$^{ab}$±2.90 | 14.64$^{bc}$±5.89 | 3.82$^{e}$±0.14 | 4.67$^{de}$±0.97 | 9.70$^{cd}$±1.48 |
| Gel strength (gf) | 19.09$^{a}$±5.10 | 14.54$^{b}$±1.34 | 0.41$^{d}$±0.28 | 0.89$^{d}$±0.10 | 4.48$^{d}$±0.96 | 9.45$^{c}$±1.51 |

NS = Not significant; Means within each roll followed by the same letters are not significantly different at P≤0.05 by DMRT

## วิจารณ์

จากการจัดกลุ่มเพกตินตามระดับเมทอกซิล ได้แก่ Protopectin (16%) Normal pectin (8%) และ LMPs (2-4%) พบว่า เพกตินมะขามพบเมทอกซิล 7-8% จึงจัดอยู่ในกลุ่ม Normal pectin หรือ HMPs เมื่อเปรียบเทียบกับเพกตินผลไม้ที่ใช้ในอาหาร ซึ่งเกิดเจลได้ดีในช่วง pH 2-3.5 และมีของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมากกว่า 55% (w/v) (Haghighi and Rezaei, 2012) ความร้อนมีผลต่อการเกิดเจลของเพกติน ในขณะเดียวกัน การเลือกใช้อุณหภูมิการแปรรูปที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในส่วนของเนื้อและเมล็ดมะขาม การให้ความร้อนไม่เพียงพออาจส่งผลต่อความคงตัวของแยม เนื่องจากเอนไซม์ในธรรมชาติบางชนิดสามารถย่อยสลายเพกตินได้ โดยเฉพาะเอนไซม์โพลิกาแลคทูโรเนส (Polygalacturonase: PGases) ซึ่งทำงานได้ดีในสภาวะกรดและคงตัวที่อุณหภูมิ 30-40°C (Kongruang and Penner, 2003) อาจส่งผลให้เพกตินมีระดับ DE ลดลง จนกระทั่งเกิดการแยกชั้นของของเหลวในผลิตภัณฑ์ จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาการผลิตผงเมล็ดมะขามเพื่อใช้เป็นสารที่ก่อให้

เกิดเจล รวมถึงการใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารและยา ซึ่งนอกจากเป็นการลดต้นทุนในการผลิตแล้ว ยังสามารถเพิ่มสารฟินอลิกซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อเมล็ดมะขาม อย่างไรก็ตามเนื่องจากเมล็ดมะขาม (Tamarind seed) โดยเฉพาะส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดมักพบสารอัลคาลอยด์ (alkaloid) และซาโปนินส์ (saponin) (Mohamad *et al.*, 2012) ดังนั้นในการพัฒนาการผลิตผงเมล็ดมะขามจึงควรมีการควบคุมกระบวนการกะเทาะเปลือกและตรวจสอบการตกค้างของสารดังกล่าวในผลิตภัณฑ์หลังการแปรรูป

## สรุป

TKP ประกอบด้วยเพกตินที่มีลักษณะพิเศษ สามารถทนร้อนได้เป็นเวลานานและเกิดเจลได้ดีในช่วง pH กว้าง การแปรรูปแยมมะขามที่อุณหภูมิ 85°C โดยใช้ TKP 1% ให้เจลที่มีคุณภาพดีใกล้เคียงกับการใช้เพกตินทางการค้า ดังนั้นการใช้ TKP เป็นสารทดแทนเพกตินจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตอาหารและยา

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานสนับสนุนกองทุนงานวิจัย ผู้สนับสนุนทุนวิจัย และ ดร.พรประภา ชุนถนอม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่มีส่วนส่งเสริมให้เกิดการต่อยอดองค์ความรู้ในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

Al-Assaf, S., and G. O. Phillips. 2009. Hydrocolloids: Structure-Function Relationships: Review. FS&T. 23(3): 17-20.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA.

Benzie, I. F. F., and J. J. Stain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP Assay. Anal Biochem. 239: 70-76.

Caluwé, E. D., K. Halamová, and P. V. Damme. 2010. Tamarindus indica L.: A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. Afrika Focus. 23: 53-83.

Goyal, P., V. Kumar, and P. Sharma. 2007. Carboxymethylation of Tamarind kernel powder. Carbohydrate Polymers. 69: 251-255.

Haghighi, M., and K. Rezaei. 2012. General analytical schemes for the characterization of pectin-based edible gelled systems: Review article. The Scientific World J. 1-12.

Kongruang, S., and M. H. Penner. 2003. Detecting enzyme activity: A case study of polygalacturonase. Curr Protoc Food Anal Chem. C1.2.1-C1.2.14.

Kumar, C. H., and S. Bhattacharya. 2008. Tamarind seed: Properties, processing and utilization. Crit Rev Food Sci Nutr. 48(1): 1-20.

Melton, L. D., and B. G. Smith. 2001. Current protocols in food analytical chemistry: E3.4.1-E3.4.6. John Wiley & Sons, US.

Mohamad, M. Y., H. B. Akram, and D. N. Bero. 2012. Tamarind seed extract enhances epidermal wound healing. Int J Biol. 4(1): 81-88.

Morris, G. A., M. S. Kok, S. E. Harding, and G. G. Adams. 2010. Polysaccharide drug delivery systems based on pectin and chitosan. Biotechnol Genet Eng Rev. 27: 257-284.

Munarin, F., M. C. Tanzi, P. Petrini. 2012. Advances in biomedical applications of pectin gels. Int J Biol Macromol. 51(4): 681-689.

Singh, D., L. Wangchu, and S. K. Moond. 2007. Processed products of Tamarind. IJNPR. 6(4): 315-321.

Singleton, V. L., and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphormolybdic-phosphotungstic acid reagents. AM J Enol Vitic. 16: 144-158.

Sinha, N., J., J. Sidhu, J. Barta, J. Wu, and M. P. Cano. 2012. Handbook of fruits and fruit processing. 2nd Edition. John Wiley & Sons, UK.

Sriamornsak, P. 2003. Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. Silapakorn University Journal of Social Sciences, Humanities, and Arts. 3: 206-228.

Srivastava, P., and R. Malviya. 2011. Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry. IJNPR. 2(1): 10-18.

Zahin, M., F. Aqil, and I. Ahmad. 2009. The In vitro antioxidant activity and total phenolic content of four Indian medicinal plants. Inter J Pharma Pharmaceut Sci. 1(1): 88-95.