ภาคผนวก ก.

การสุ่มตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง (Sampling and Sample Preparation)

1. การสุ่มตัวอย่าง

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการวิเคราะห์อาหารคือ การสุ่มตัวอย่างอาหารออกมาวิเคราะห์ เพราะผลการทดลองจะถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างอาหารสำหรับวิเคราะห์ ตัวอย่างอาหารที่จะนำไปวิเคราะห์จะต้องเป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมดได้ ดังนั้นก่อนที่จะแบ่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ จะต้องผสมตัวอย่างอาหารให้เป็นเนื้อเดียวกันเสียก่อน และจะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับอาหารที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วย เช่น ปริมาณ หรือจำนวนตัวอย่าง, lot number, วันเดือนปีที่ผลิตอาหาร,ชื่อเจ้าของ, สถานที่ผลิต และจะต้องสังเกตและทราบสภาพระหว่างหรือภายหลังการเก็บตัวอย่างมาแล้วเพราะสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ อาจมีผลต่อตัวอย่างอาหารได้ เช่น ความร้อน, ความเย็น, แสง และตัวอย่างจะต้องไม่เกิดการสลายตัวเนื่องจากแบคทีเรีย หรือเน่าเสียเนื่องจาก autolyic action ของเอนไซม์ หรือเกิดการหืนเนื่องจาก ความชื้น แสง และความร้อน และไม่เกิดการปนเปื้อนจากสิ่งอื่น ๆ ภายหลัง

ตัวอย่างอาหารควรเก็บในภาชนะที่แห้ง สะอาด และปิดมิดชิด อาจนำภาชนะไปเก็บรักษาไว้ในที่เย็นเพื่อลดการสลายตัว และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนได้ ส่วนมากนิยมเก็บไว้ในตู้เย็น หรืออาจแช่แข็งก็ได้ การสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่างอาหารที่มาก ๆ จะต้องสุ่มออกมาจากหลาย ๆ แห่ง แล้วเอามารวมกัน แล้วสุ่มใหม่เพื่อให้จำนวนอาหารลดลง

2. วิธีการสุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากอาหารส่วนใหญ่โดยเฉพาะที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารจะบรรจุอยู่ในกล่อง, กระป๋อง, ขวด, ถุง และภาชนะบรรจุอื่น ๆ ถ้าตัวอย่างบรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุและมีเป็นจำนวนมากในแต่ละแบทช์ ให้สุ่มออกมาประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนที่อยู่ในแบทช์นั้น หรือประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของตัวอย่างอาหารนั้น แต่ถ้าเป็น lot ที่ใหญ่มาก จำนวนที่สุ่มออกมาจะเท่ากับ square root ของจำนวนทั้งหมดใน lot นั้น

3. การบรรจุตัวอย่างอาหาร

ภาชนะที่ใช้ใส่อาหารต้องสะอาดทั้งกายภาพและทางจุลินทรีย์ ถ้าตัวอย่างต้องวิเคราะห์หาความชื้น ภาชนะหรือขวดที่ใส่ต้องสะอาดและแห้งสนิทด้วย และควรเป็นขวดแก้วชนิด

ที่มีฝาเกลียวปิดได้สนิทอากาศเข้าไม่ได้

4. **การเตรียมตัวอย่างอาหารสำหรับวิเคราะห์**

การเตรียมตัวอย่างอาหารสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ จำเป็นต้องทำอย่างระมัดระวังและละเอียดถี่ถ้วน เพราะถ้าทำไม่ดีผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมาจะใช้ประโยชน์ไม่ได้ การเตรียมตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดมีข้อปฏิบัติแตกต่างกันและจะต้องสอดคล้องกับวิธีที่จะทำการวิเคราห์ด้วย สำหรับอาหารประเภทเนื้อสัตว์นั้น ควรนำตัวอย่างอาหารมาบดให้เข้ากัน บดซ้ำไปมาอีกอย่างน้อย 2 ครั้ง เก็บใส่ในขวดฝาเกลียว ถ้ายังไม่วิเคราะห์ทันที นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 0-10 องศาเซลเซียส เมื่อจะทำการวิเคราะห์ต้องนำเนื้อที่แข็งไปทำให้นิ่มเสียก่อน

ภาคผนวก ข.

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและปริมาณไขมัน

1. วิธีวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

อบภาชนะสำหรับหาปริมาณความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างที่ปั่นด้วยเครื่องปั่นแล้วในภาชนะสำหรับหาปริมาณความชื้นที่ทราบน้ำหนักแล้ว ประมาณ 1-2 กรัม นำไปอบในตู้อบสุญญากาศ ที่ความดัน 25 mmHg อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990)

คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสมการ

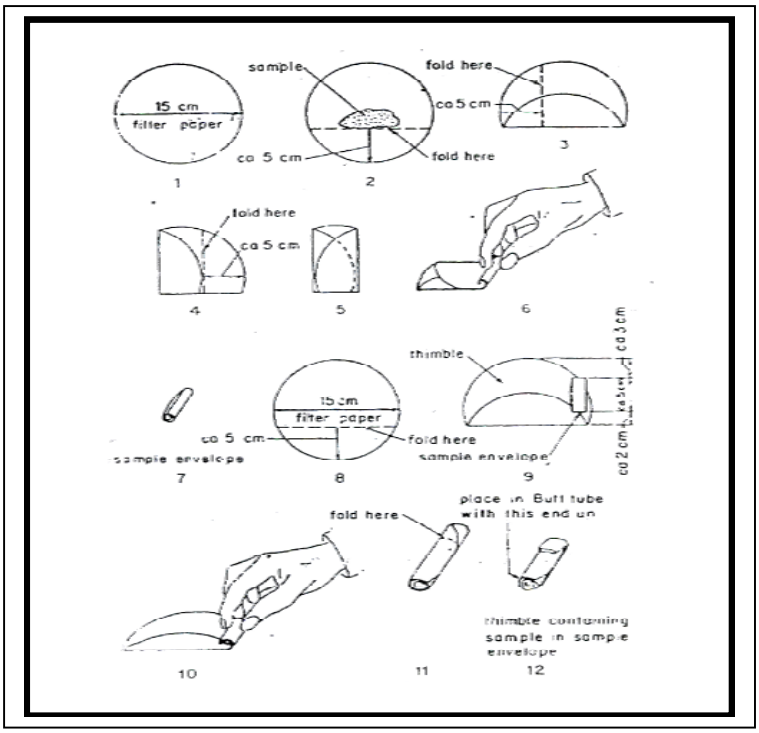
ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก = 100 x (ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ/น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น)

2. วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

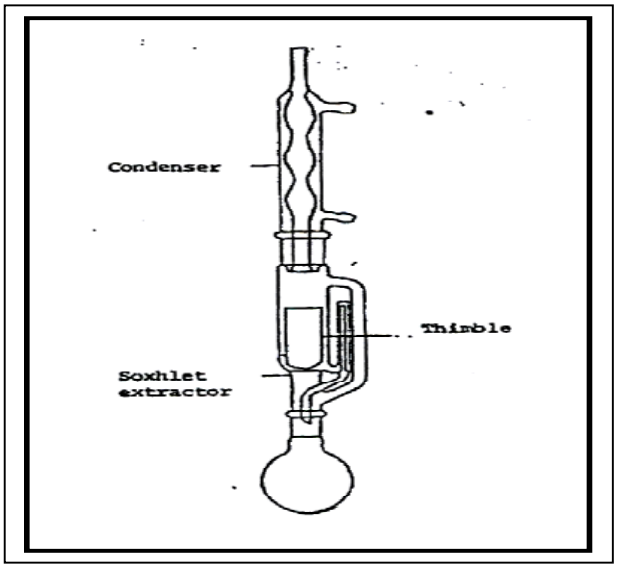
อบขวดก้นกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการปั่นและอบแล้วบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดตามวิธีการห่อแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่างคลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต เติมสารตัวทำละลายเฮกเซน ลงในขวดหาไขมันประมาณ 200 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิตซ์ความร้อน ใช้เวลาในการสกัดไขมันนาน 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตราเท่ากัน เมื่อครบ 14 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจากซอคเลตลงในขวดก้นกลมจนหมด ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ นำขวดหาไขมันอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990)

คำนวณหาปริมาณไขมันจากสมการ

ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก = 100 x (น้ำหนักไขมันหลังอบ/น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น)



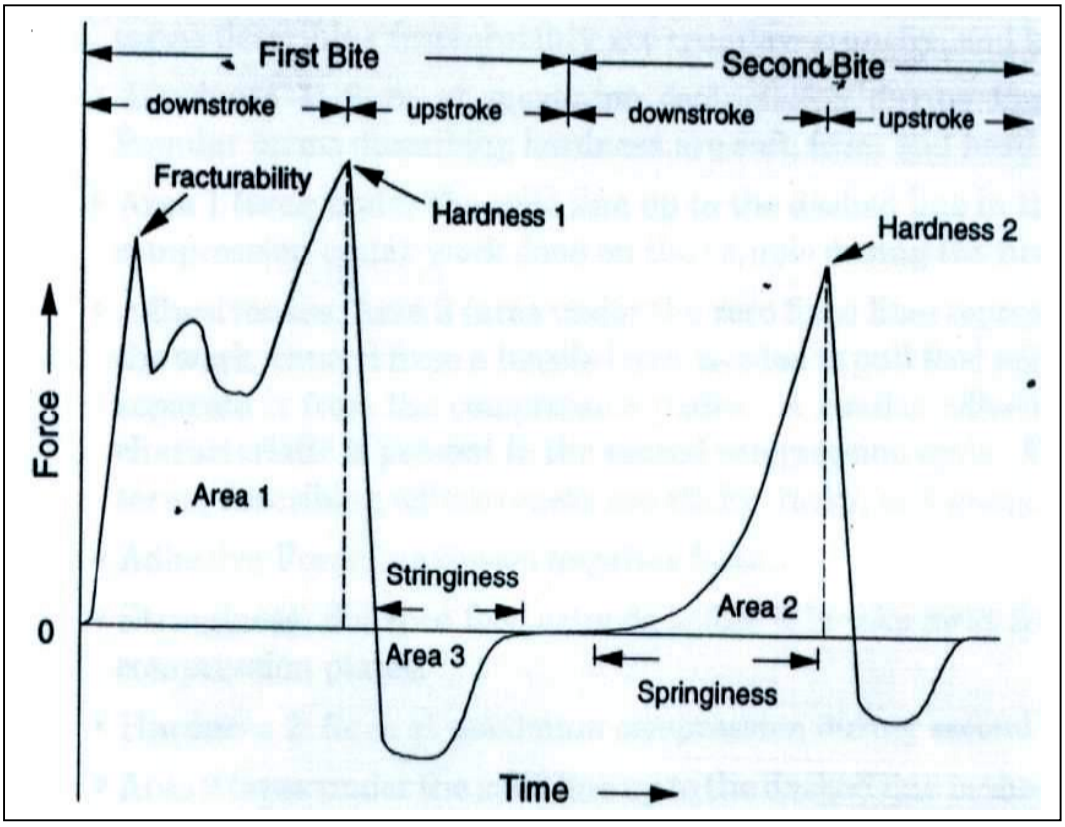
ภาพประกอบ ข-1 ภาพแสดงการห่อตัวอย่างสำหรับสกัดน้ำมัน



ภาพประกอบ ข-2 ภาพแสดงชุดอุปกรณ์สำหรับสกัดน้ำมัน

ภาคผนวก ค.

กราฟแสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและนิยามคำศัพท์



ที่มา James, F, S, 1996

ภาพประกอบที่ ค-1 กราฟแสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis)

นิยามคำศัพท์

- **Fracturability**: force at the first major drop in force curve. Popular terms describing Fracturability are crumbly, crunchy, and brittle.
- **Hardness 1**: force at maximum compression during first bite. Popular terms describing hardness are soft, firm, and hard.
- **Area 1** (area under the solid line up to the dashed line in the first compression cycle): work done on the sample during the first bite.

- **Adhesiveness**: Area 3 (area under the zero force line) representing the work, caused from a tensile force, needed to pull food apart and separate it from the compression plates. A similar adhesiveness characteristic is present in the second compression cycle. Popular terms describing adhesiveness are sticky, tacky, and gooey.
- **Adhesive Force**: maximum negative force.
- **Stringiness**: distance food extends before it breaks away from the compression plates.
- **Hardness 2**: force at maximum compression during second bite.
- **Area 2** (area under the solid line up to the dashed line in the second compression cycle): work done on the sample during the second bite.
- **Springiness**: distance or length of compression cycle during the second bite. Popular terms describing springiness are plastic and elastic.
- **Cohesiveness**: the ratio of Area 2 divided by Area 1.
- **Gumminess**: the product of Hardness (first peak called Hardness 1) times Cohesiveness. Popular terms describing gumminess are short, mealy, pasty, and gummy.
- **Chewiness**: the product of Gumminess times Springiness which is equivalent to Gumminess times Springiness. Popular terms describing chewiness are tender, chewey, and tough. Though Chewiness and Gumminess are similar, they are mutually exclusive. The same product cannot exhibit both Chewiness and Gumminess: Chewiness refers to solid foods and Gumminess refers to semi-solid foods (Szczesnaik, 1995). (James, F, S, 1996)

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระเป็นการวัดการย่อยสลายด้วยน้ำของไขมันและน้ำมันโดยเป็นปริมาณร้อยละของกรดไขมันอิสระที่อาจคำนวณในรูปของกรดโอเลอิกหรือกรดรูปอื่น ๆ (เสาวลักษณ์, 2534) โดยความชื้น เวลาและอุณหภูมิเป็นตัวทำให้น้ำมันเกิดกรดไขมันอิสระดังกล่าวจากปฏิกริยา catalyzing triglyceride hydrolysis (Hamilton, 2002) เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสารที่เกิดปฏิกริยาออกซิเดชันตัวแรกคือ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ชุติมา และดารารัตน์, 2544; Kim and Shin, 2001) ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์นั้น จึงเป็นการวัดเฉพาะค่าเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Hamilton, 2002; Kim and Shin, 2001) หลังจากเกิดการออกซิเดชันโดยที่ค่าที่ได้จะมีอัตราเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดสมดุล (equilibrium) จากนั้น เปอร์ออกไซด์จะเปลี่ยนไปเป็น อัลดีไฮด์ (aldehydes) และคีโตน (ketones) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อันดับสอง (secondary products) ต่อไป (ชุติมา และดารารัตน์, 2544; Hamilton, 2002) การวัดค่าผลิตภัณฑ์อันดับสอง ได้แก่ อัลดีไฮด์และคีโตนนั้น คือ การวิเคราะห์ค่า Thiobarbaturic Acid (Hamilton, 2002)

1. การวิเคราะห์ค่ากรดและกรดไขมันอิสระ

ค่ากรดของไขมันหรือน้ำมันหมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำneutraliseกับกรดอิสระในตัวอย่างหนึ่งกรัม ซึ่งกรดอิสระดังกล่าวนั้นเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยทั่วไปอาจจะแสดงผลในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ การวิเคราะห์ค่ากรดใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียคุณภาพของน้ำมันเนื่องจากกลีเซอไรด์ในน้ำมันทำปฏิกิริยากับเอนไซด์ไลเปส โดยมีความร้อนและแสงเป็นตัวเร่งให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นมักจะสอดคล้องในทิศทางส่งเสริมให้เกิดกลิ่นหืนในไขมันและน้ำมันได้ เนื่องจากค่ากรดมีผลส่งเสริมให้เกิดการออกซิเดชันได้ง่าย ดังนั้นการวิเคราะห์ค่ากรดจึงเป็นการวัดระดับคุณภาพของไขมันและน้ำมัน

2. การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value, PV)

ค่าเปอร์ออกไซด์แสดงในรูปมิลลิกรัมสมมูลของโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ถูกออกซิไดซ์เนื่องจากแอคทีฟออกซิเจนในตัวอย่างไขมันและน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม การวัดค่าเปอร์ออกไซด์เป็น

การวัดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดทีฟแรนซิดิตี (oxidative rancidity) ซึ่งเกิดจากความว่องไวในการเติมออกซิเจนที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในระหว่างการเก็บรักษา โดยถ้าไขมันหรือน้ำมันมีการสัมผัสแสง ความร้อน ความชื้น หรือสารโลหะหนัก เช่น ทองแดง นิกเกิล เหล็ก จะเร่งให้เกิดปฏิกิริยามากขึ้น ดังนั้นค่าเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกการเกิดออกซิเดชันจึงใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของตัวอย่างน้ำมันและไขมันได้ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างจะทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไอโอไดด์ในสารละลายแอซิติคลอโรฟอร์มแล้วไตเตรทหาปริมาณไอโอดีนที่เหลือด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟต

เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันตัวแรก คือ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ดังนั้นการตรวจค่าเปอร์ออกไซด์จึงสามารถบ่งบอกการเสื่อมเสียโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารเปอร์ออกไซด์ไม่ให้กลิ่นหืน แต่สามารถเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบพวกอัลดีไฮด์และคีโตน ที่กลิ่นหืนได้ (กนกอร อินทรพิเชษฐ์,2535)

ความแม่นยำของการตรวจวิเคราะห์ขึ้นกับสภาวะการทดลอง ความคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์อาจเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการแรกออกซิเดชันที่ละลายปะปนอยู่ในน้ำมันที่ทำการตรวจสอบ จะทำให้มีปริมาณสารเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจากค่าเดิมที่เกิดขึ้นจากผลการแปรรูปโดยแท้จริง ประการที่สองพันธะคู่ของกรดไขมันสามารถจับไอโอดีนไว้ ผลการไตเตรทหาปริมาณไอโอดีนที่ถูกปลดปล่อยจึงได้ค่าต่ำ นอกจากนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเนื่องจากปัจจัยอื่น เช่น น้ำหนักตัวอย่าง ชนิดและคุณภาพของสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ สภาวะการทดสอบ เช่น อุณหภูมิและเวลาในการวิเคราะห์รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงหาสารเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (Gray, 1978 ; อ้างโดย Hamilton and Rossel, 1968) อันเนื่องจากความไม่คงตัวของสารเปอร์ออกไซด์

3. **การวิเคราะห์ค่าไทโอบาบิทอริกแอซิด** (Thiobarbituric acid, TBA)

วัดความเข้มของสีที่เกิดขึ้นเมื่อมาลอนอัลดีไฮด์ (malonaldehyde [CH2(CH))2]) ซึ่งเป็นอัลดีไฮด์ที่เกิดจากน้ำมันหรือไขมันที่ถูกออกซิไดซ์ ทำปฏิกิริยากับเกิดสารประกอบ 2-ไทโอบาบิทอริกแอซิด (2-thiobarbituric acid) ให้สีแดง ตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ 532 นาโนเมตร (กนกอร อินทรพิเชษฐ์,2535) เนื่องจากอัลดีไฮด์อื่น ๆ ซึ่งอาจจะเกิดจากโปรตีนที่ถูกออกซิไดซ์ก็สามารถทำปฏิกิริยากับสาร 2-ไทโอบาบิทอริกแอซิด ได้เช่นกัน จึงเป็นวิธีที่จำกัดใช้ตรวจสอบเฉพาะไตรกลีเซอไรด์ที่ไม่มีสารอาหารอื่นปนอยู่เท่านั้น (กนกอร อินทรพิเชษฐ์,2535)

ภาคผนวก จ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันถั่วเหลืองสำหรับบริโภค

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.176, 2519) ได้ให้บทนิยาม และกำหนดคุณลักษณะของน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้บริโภคทั่วไป ดังนี้

1. **บทนิยาม**

น้ำมันถั่วเหลือง หมายถึง น้ำมันที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลือง

2. **คุณลักษณะที่ต้องการ**

1. สี ต้องเป็นไปตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันถั่วเหลือง
2. กลิ่นและรส ต้องมีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันถั่วเหลือง และต้องไม่มีกลิ่นหืน
3. คุณลักษณะอื่นของน้ำมันถั่วเหลืองต้องเป็นไปตามที่กำหนด เช่น

ค่าของกรด ไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม

ค่าเปอร์ออกไซด์ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม

(ดัดแปลงจาก มอก.176, 2519)

ภาคผนวก ฉ.

ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของน้ำมัน

1. Turn over คืออัตราการเติมน้ำมันใหม่ลงในเครื่องทอด หรืออัตราส่วนของน้ำมันใหม่ต่อน้ำมันเก่าในเครื่องทอด
2. ชนิดของกระบวนการทอด ในกระบวนการทอดแบบต่อเนื่อง คุณภาพของน้ำมันจะดีกว่าเนื่องจากการ Turn over จะสูง นอกจากนี้ในระบบต่อเนื่องน้ำมันยังมีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนน้อยด้วย ในขณะที่การทอดแบบกะมีผลทำให้คุณภาพของน้ำมันต่ำลง
3. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปมีผลให้คุณภาพของน้ำมันเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว
4. รอบของการลดและเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมัน เมื่อลดอุณหภูมิของน้ำมันลงมีผลทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำมันได้มากขึ้น จึงมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณเปอร์ออกไซด์จึงเพิ่มขึ้น เมื่อใช้น้ำมันอีกครั้งหนึ่งเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมันจะไม่ค่อยมีความคงตัวต่ออุณหภูมิสูงต่ำ เปอร์ออกไซด์จึงแตกตัวเป็นสารชนิดต่าง ๆ ดังนั้นการลดอุณหภูมิแล้วเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันอีกจะมีผลทำลายน้ำมัน
5. ความไม่อิ่มตัวของน้ำมันที่ใช้ เนื่องจากน้ำมันที่ใช้ทอดมีความหลากหลาย ดังนั้นปัจจัยข้อนี้จึงมีความหลากหลายขึ้นกับชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด
6. ชนิดของอาหาร ในระหว่างการทอดองค์ประกอบในอาหารหลายชนิดถูกชะออกมาด้วย ดังนั้นองค์ประกอบต่าง ๆ จึงมีบทบาทในการทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพได้ง่ายขึ้น
7. ชนิดและการบำรุงรักษาเครื่องทอด การรักษาอุณหภูมิการทอดให้คงที่ ปริมาณอาหารที่ใช้ทอด ปริมาณน้ำมันที่ใช้ทอด กรรมวิธีทำอาหาร เช่น การกวนอาหาร มีความสัมพันธ์ต่อการไหม้ของอาหารวึ่งส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของน้ำมันได้
8. แสง ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้น้ำมันสัมผัสกับแสงโดยตรง เพื่อป้องกันการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของน้ำมันโดยการกระตุ้นของแสงอุลตร้าไวโอเลต

ภาคผนวก ช.

ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ เต้าหู้ปลา **ชุดที่**_____

เพศ_____**อายุ**_____

อาชีพ_____

วันที่_____**เวลา**_____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและเขียนเครื่องหมาย x ใต้ภาพใบหน้าที่ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อตัวอย่างนั้น ลงในตารางที่กำหนดให้ กรุณาดื่มน้ำระหว่างตัวอย่าง

กำหนดให้

7 = ชอบมากที่สุด

6 = ชอบมาก

5 = ชอบปานกลาง

4 = ชอบน้อย

3 = ชอบน้อยที่สุด

2 =ไม่ชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง A.

1.สี							
2.รสชาติ							
3.เนื้อสัมผัส							
4.ปริมาณน้ำมัน							
5.ความชอบรวม							

ตัวอย่าง B.

1.สี							
2.รสชาติ							
3.เนื้อสัมผัส							
4.ปริมาณน้ำมัน							
5.ความชอบรวม							

ขอบคุณ

ภาคผนวก ซ.

การประยุกต์ใช้โปรแกรม Matlab 6.1 และการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1. การประยุกต์ใช้โปรแกรม Matlab 6.1

Matlab เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High-level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วยการคำนวณเชิงตัวเลข กราฟิกที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพพจน์ได้ง่ายและชัดเจน ชื่อของ Matlab ย่อมาจาก matrix laboratory เดิมโปรแกรม Matlab ได้เขียนเพื่อใช้คำนวณทาง matrix หรือ เป็น matrix solfware ที่พัฒนาจากโพรเจ็กที่ชื่อ LINKPACK และ EISPACK (มนัส สังวรศิลป์ และวรรัตน์ ภัทรอมรกุล, 2543)

โปรแกรม Matlab จะมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบเรียกว่า Toolbox มากมายหลากหลายสาขา ภายใน Toolbox ในแต่ละสาขาก็จะมีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องให้เลือกประยุกต์งานในการคำนวณเป็นจำนวนมากตลอดจนยังสามารถสร้างฟังก์ชันขึ้นมาใช้ได้เองด้วย และสามารถนำไปใช้งานทางด้านกราฟิกได้เป็นอย่างดีทั้งในด้านภาพตั้งแต่สองมิติ รวมทั้งภาพสามมิติในรูปแบบพื้นผิว (surface) และระดับสูงต่ำ (contour) ตลอดจนสามารถนำภาพมาต่อกันและเก็บไว้เพื่อที่จะสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย (มนัส สังวรศิลป์ และวรรัตน์ ภัทรอมรกุล, 2543)

การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้ จะเชื่อมต่อกันทางกราฟิก GUI (Graphic User Interfaces) ของ Matlab โดยผู้ใช้จะป้อนข้อมูลที่ต้องการผ่านทางคีย์บอร์ด, เมาส์, trackball, drawing pad และไมโครโฟนอย่างใดอย่างหนึ่งให้กับคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะแสดงตัวอักษรและกราฟิกต่าง ๆ บนจอภาพ การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ทางกราฟิก GUI จะสร้าง object ต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการติดต่อหรือใช้งานร่วมกัน คือ หน้าต่าง, ไอคอน, ปุ่ม, กรอบ, เมนู, popup และตัวอักษรต่าง ๆ (มนัส สังวรศิลป์ และวรรัตน์ ภัทรอมรกุล, 2543)

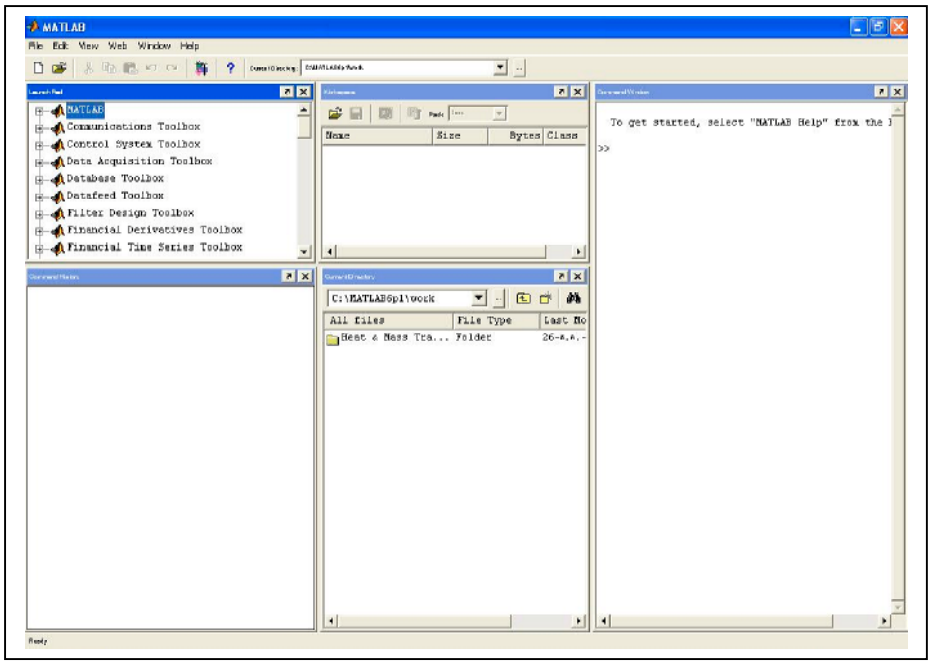
2. การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีเชิงตัวเลขวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์และเป็นวิธีที่นิยมใช้วิเคราะห์ปัญหาทางด้านวิศวกรรมอย่างกว้างขวาง ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ปัญหาทางด้านกลศาสตร์ของแข็ง เช่น วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และความเค้นของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โครงสร้างเครื่องบิน ตัวอาคาร สะพานและโครงสร้างอื่น ๆ ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะอยู่ในสภาพยืดหยุ่น (Elastic) หรือในสภาพยืดตัว (Plastic) นอกจากจะใช้

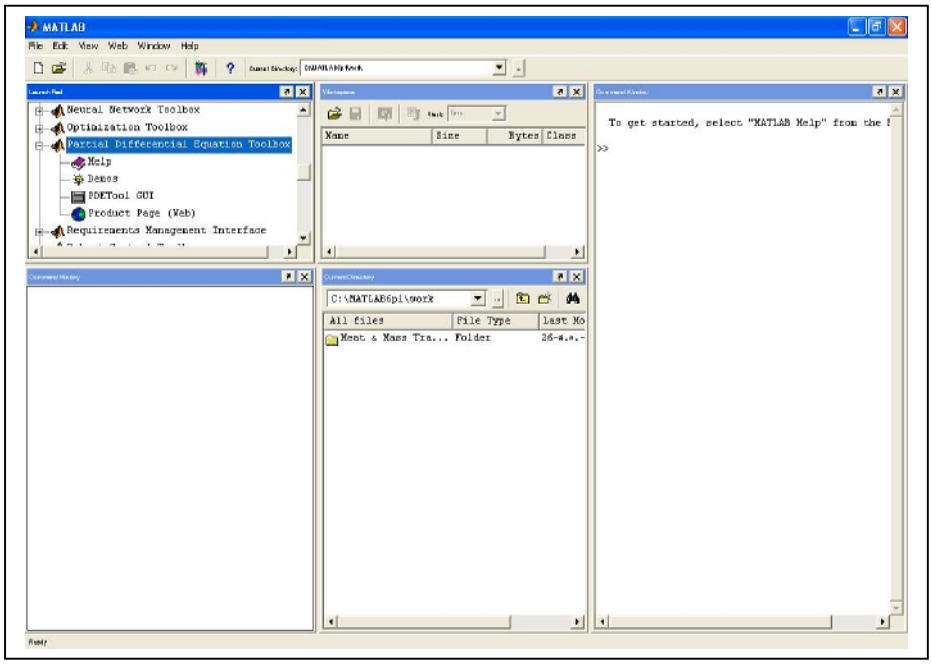
วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์วิเคราะห์ปัญหาทางด้านสถิติศาสตร์ตามที่กล่าวมาแล้วยังสามารถใช้วิเคราะห์ปัญหาด้านพลศาสตร์ เช่น การสั่นสะเทือนของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล การสั่นสะเทือนของโครงสร้าง รวมทั้งยังสามารถใช้วิเคราะห์ปัญหาด้านการถ่ายโอนความร้อนการไหลของของไหลและการถ่ายโอนมวล (เดช พุทธเจริญทอง, 2541)

การแก้ปัญหาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้น ชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบของปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง ตามลักษณะที่แท้จริงของชิ้นส่วน เรียกชิ้นส่วนย่อยเหล่านี้ว่า ไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลเฉลยที่ได้รับจะเป็นผลเฉลยที่จุดต่อ (node) ของแต่ละเอลิเมนต์ การวิเคราะห์ปัญหาโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะไม่วิเคราะห์ปัญหาทีเดียวทั้งระบบเช่นวิธีทั่ว ๆ ไป แต่จะวิเคราะห์หาค่าทีละเอลิเมนต์แล้วนำมารวมเข้าด้วยกันเป็นผลเฉลยของระบบ (เดช พุทธเจริญทอง, 2541)

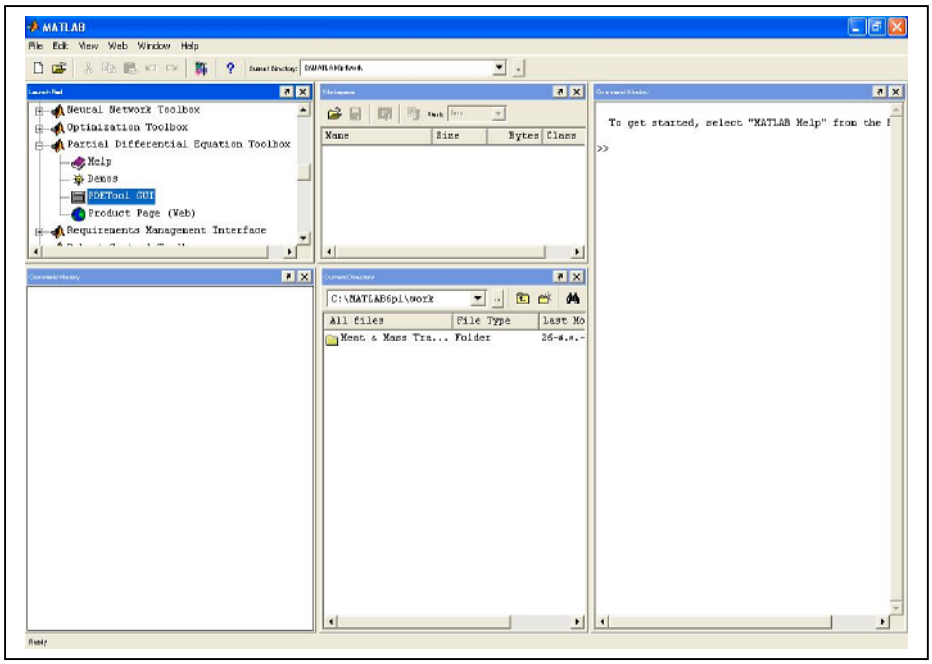
ในการศึกษาการถ่ายโอนความร้อนของอุณหภูมิที่แพร่เข้าไปในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาและการถ่ายโอนมวลของความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา รวมทั้งการถ่ายโอนมวลของน้ำมันที่ใช้ในการทอดเข้าสู่ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา ทำการศึกษาด้วยโปรแกรม Matlab 6.1 โดยใช้ Toolbox ของ Partial Differential Equation (PDE) ผ่านทาง PDE Tool GUI เลือกใช้สมการที่ใช้ในการหาผลเฉลยจากฟังก์ชันของการถ่ายโอนความร้อน (heat transfer) และการแพร่ (diffusion) หาค่าผลเฉลยของฟังก์ชันโดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จากโปรแกรม Matlab 6.1 และแสดงผลในรูปแบบของภาพนิ่งสองมิติ ดังแสดงในภาพประกอบที่ ซ-1 ถึง ภาพประกอบที่ ซ-13



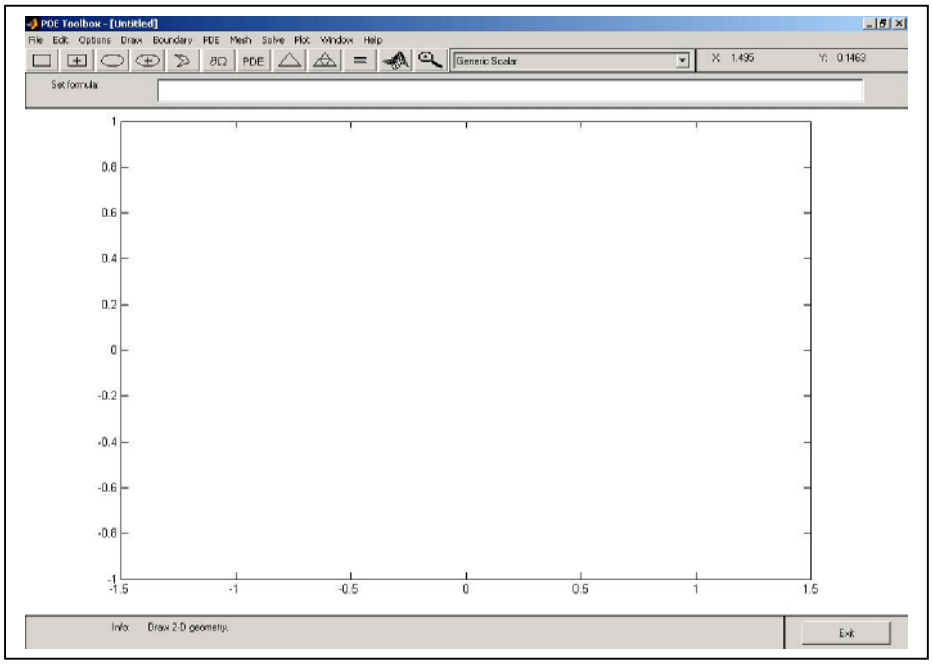
ภาพประกอบที่ ซ-1 ภาพแสดงหน้าต่างแสดง Toolbox สาขาต่าง ๆ ในโปรแกรม Matlab 6.1



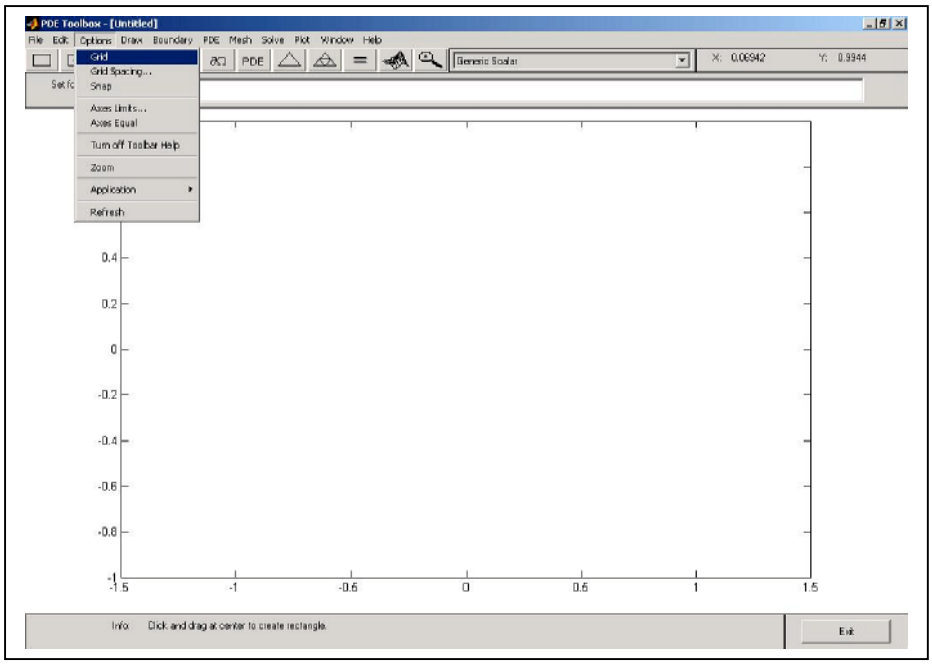
ภาพประกอบที่ ซ-2 ภาพแสดงหน้าต่าง Partial Differential Equation (PDE) Toolbox



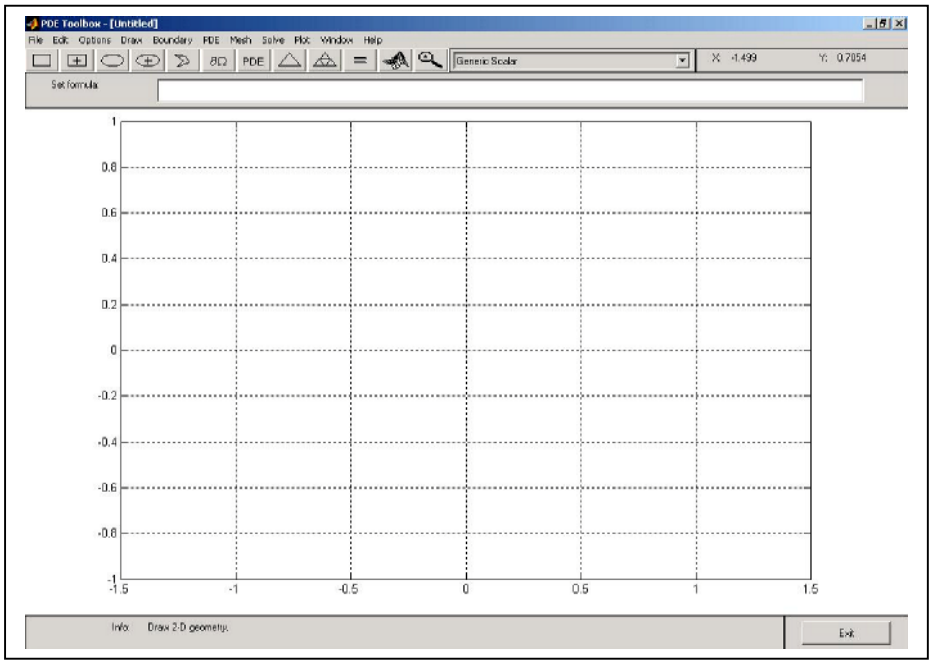
ภาพประกอบที่ ซ-3 ภาพแสดง Graphic User Interfaces (GUI) ของ PDE Toolbox



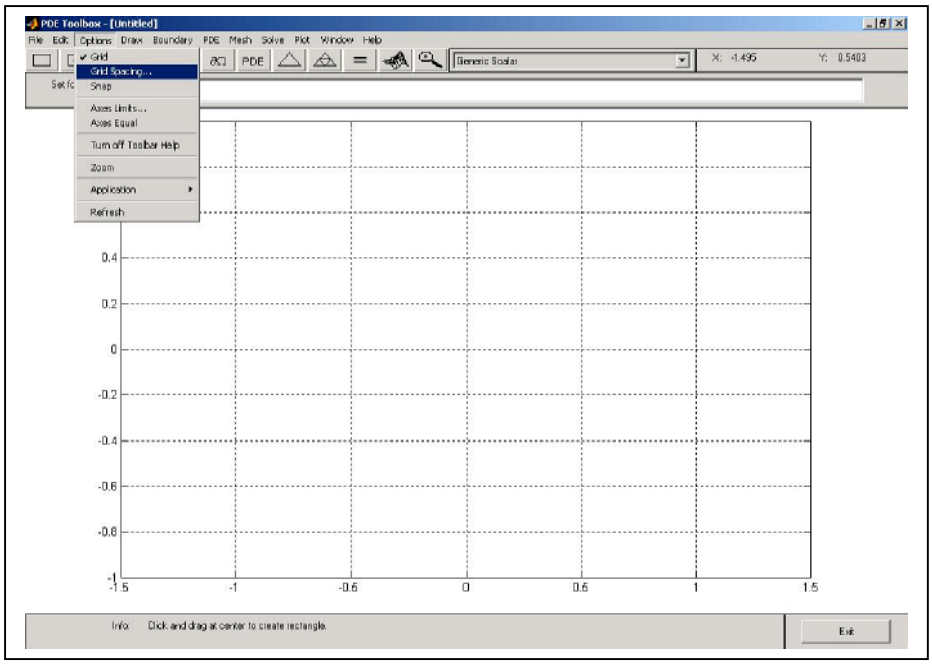
ภาพประกอบที่ ซ-4 ภาพแสดงหน้าต่างสำหรับการทำงานด้วย PDETool GUI ของ Matlab 6.1



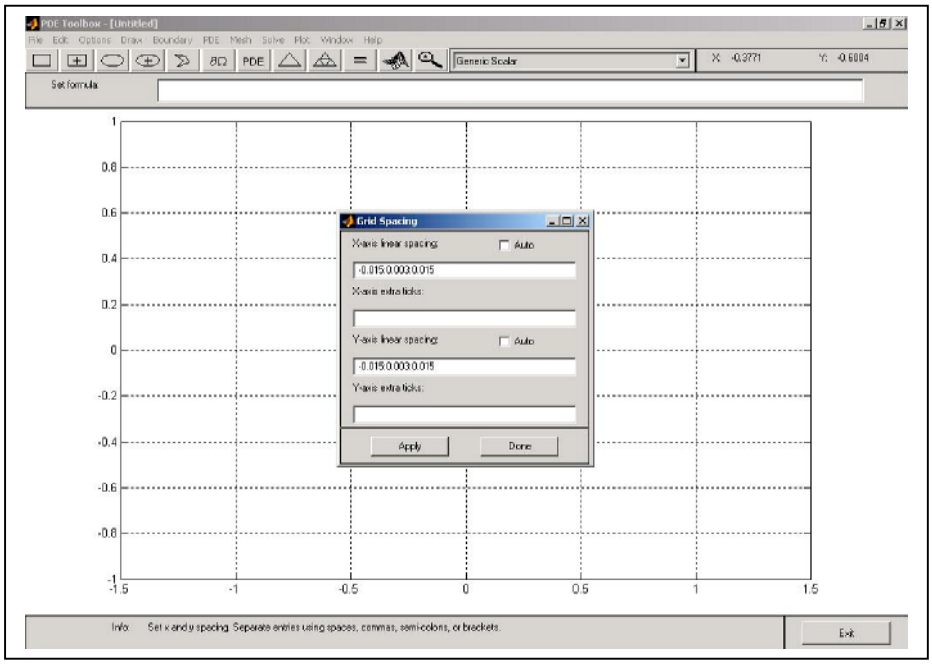
ภาพประกอบที่ ซ-5 ภาพแสดงเมนู options และการเลือกใช้เมนูย่อย Grid



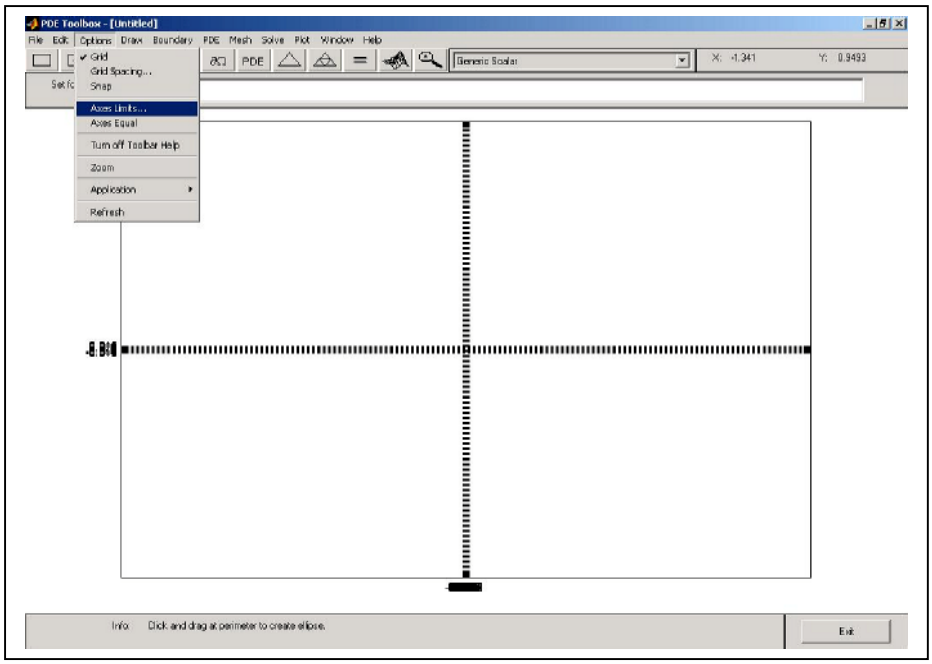
ภาพประกอบที่ ซ-6 ภาพแสดงภาพที่สร้างขึ้นพร้อม Grid



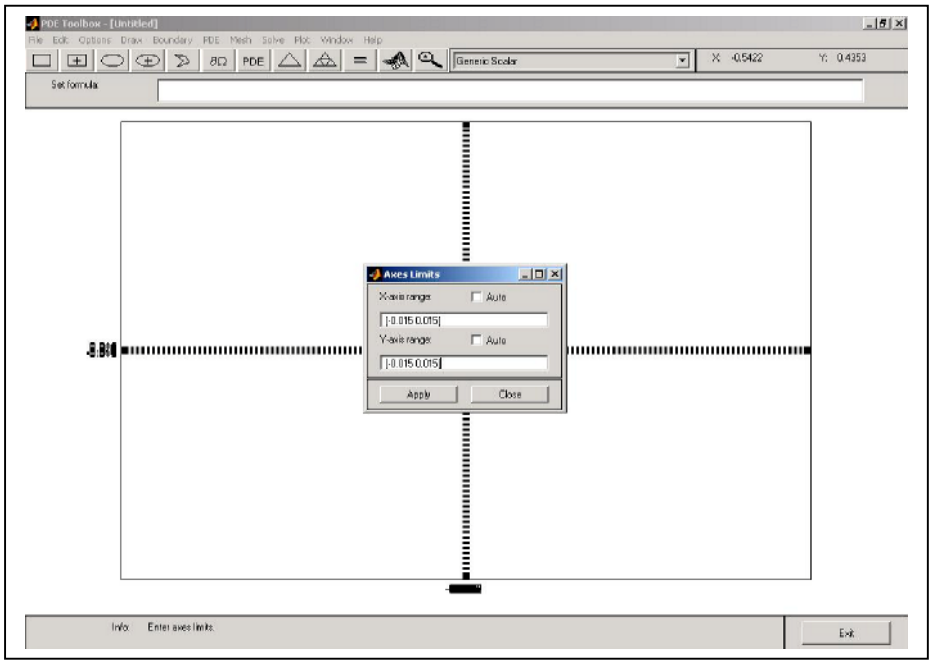
ภาพประกอบที่ ซ-7 ภาพแสดงเมนู options และการเลือกใช้เมนูย่อย Grid Spacing



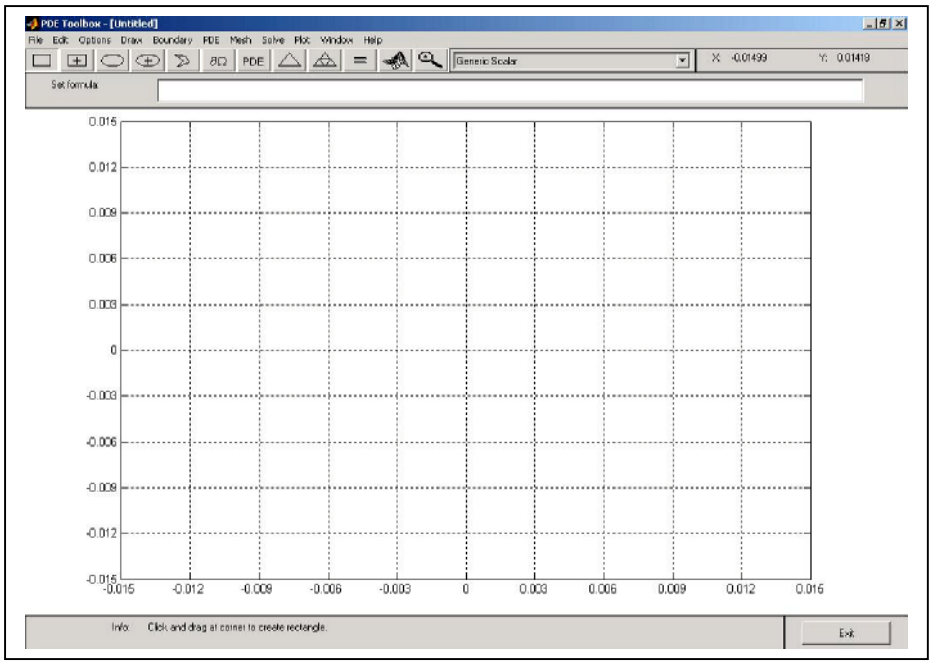
ภาพประกอบที่ ซ-8 ภาพแสดงการป้อนค่าขอบเขตของ Grid ในแนวแกน x และ y ตามต้องการ



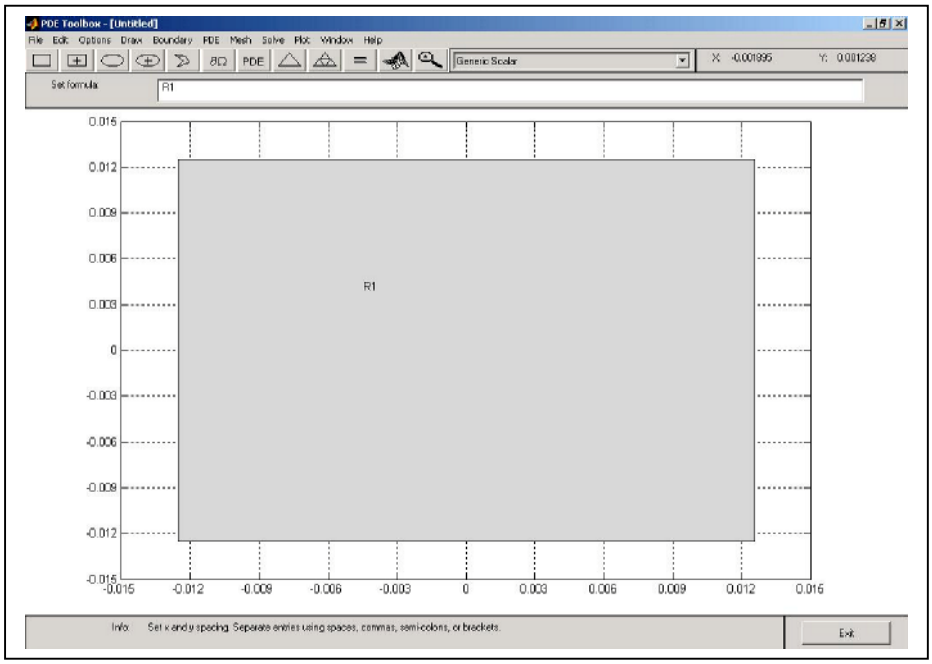
ภาพประกอบที่ ซ-9 ภาพแสดงเมนู options และการเลือกใช้เมนูย่อย Axes Limits



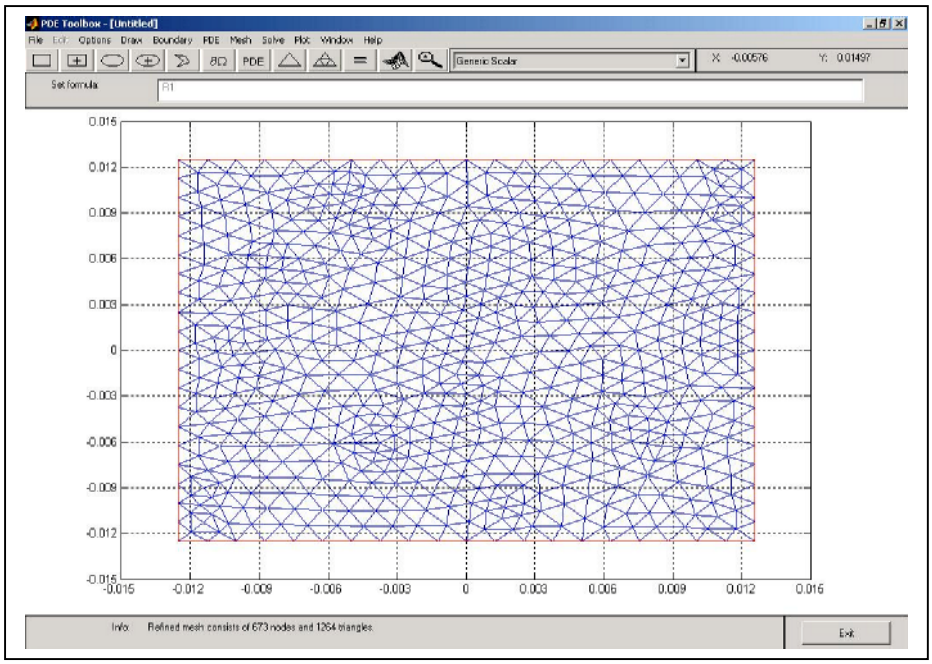
ภาพประกอบที่ ซ-10 ภาพแสดงการป้อนค่าขอบเขตของ Axes Limits ในแนวแกน x และ y ตามต้องการ



ภาพประกอบที่ ซ-11 ภาพแสดงภาพพื้นหลังที่สร้างขึ้นพร้อมค่าขอบเขตที่ต้องการ

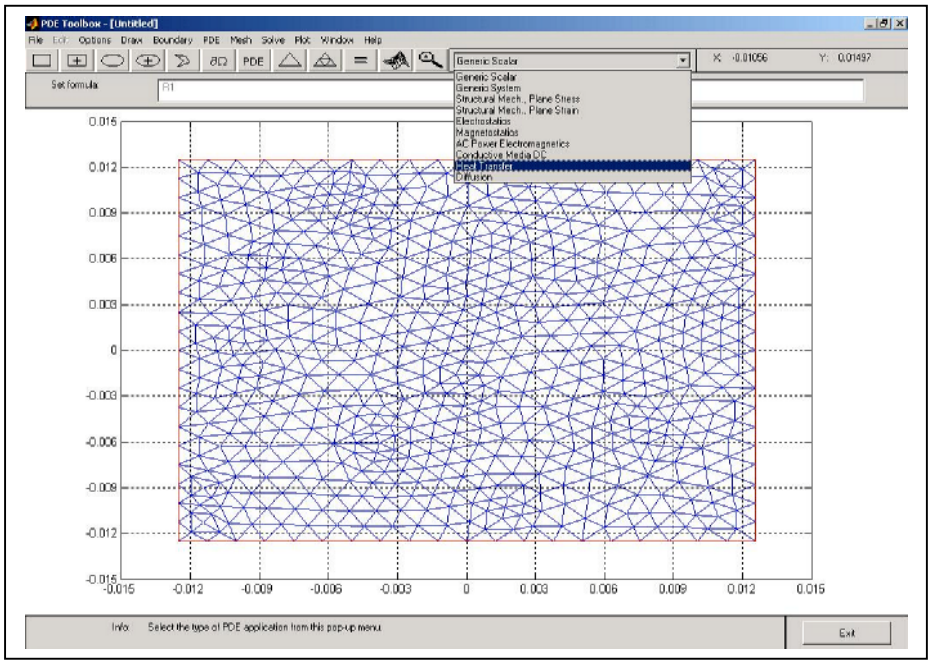


ภาพประกอบที่ ซ-12 ภาพแสดงภาพจำลองผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา ขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตร ในลักษณะตัดขวาง

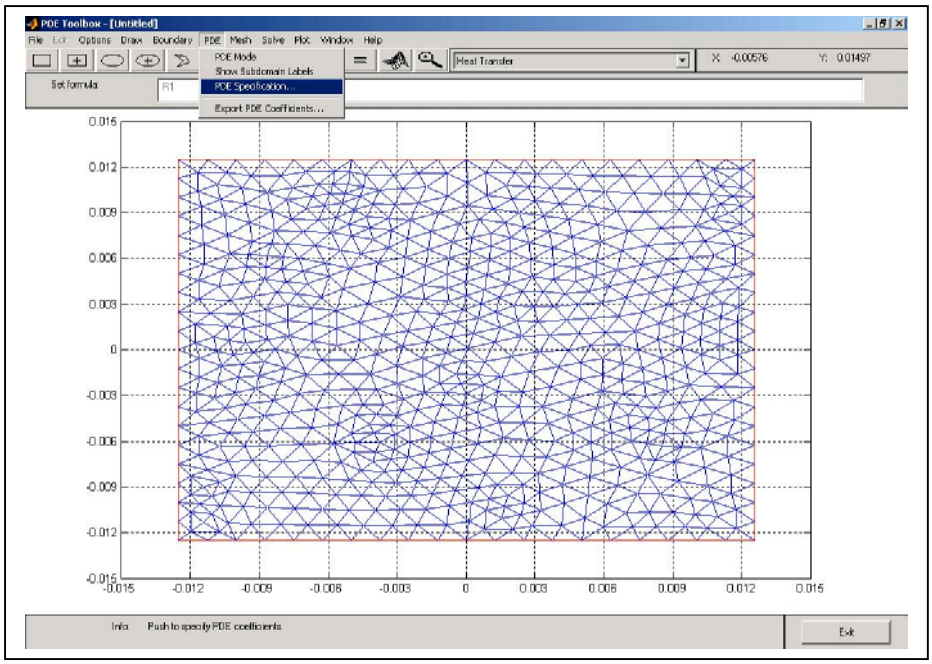


ภาพประกอบที่ ซ-13 ภาพแสดงการสร้างไฟไนเอลิเมนต์ภายในภาพจำลองผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา

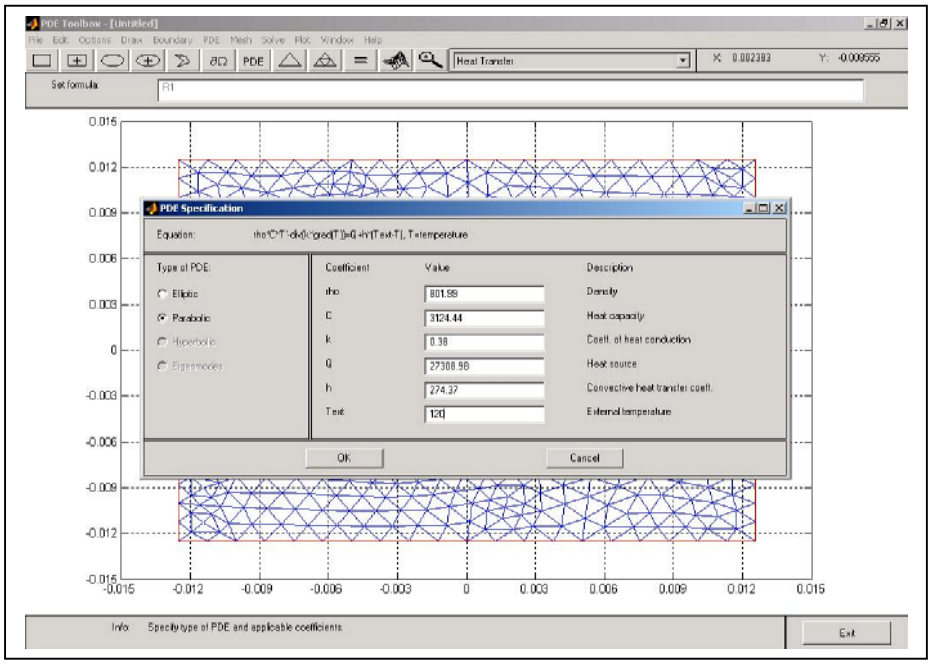
3. การถ่ายโอนความร้อน



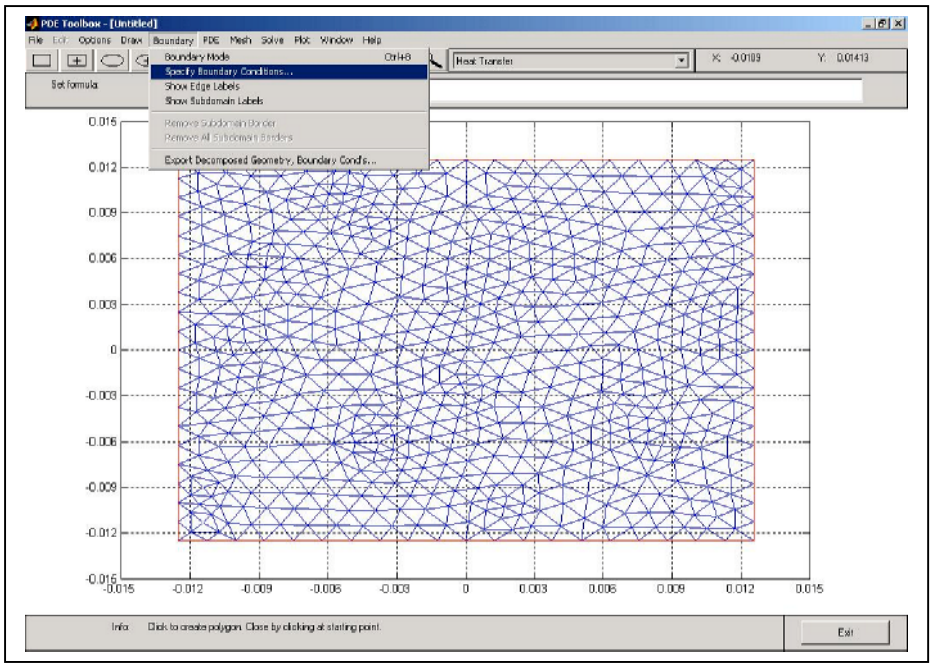
ภาพประกอบที่ ซ-14 ภาพแสดงการเลือกใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer)



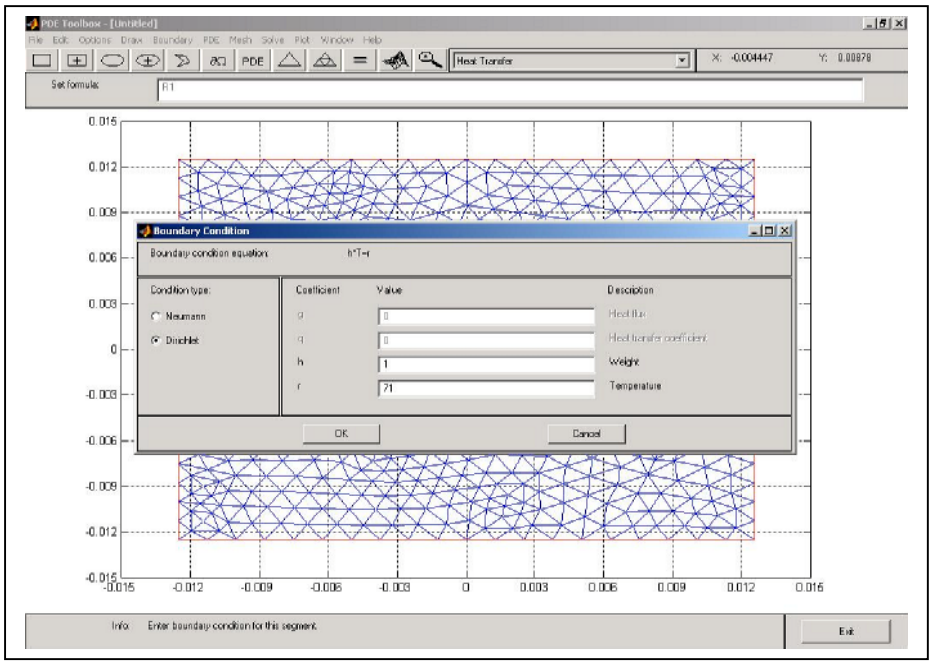
ภาพประกอบที่ ซ-15 ภาพแสดงการเลือกใช้เมนู PDE และเมนูย่อย PDE Specification



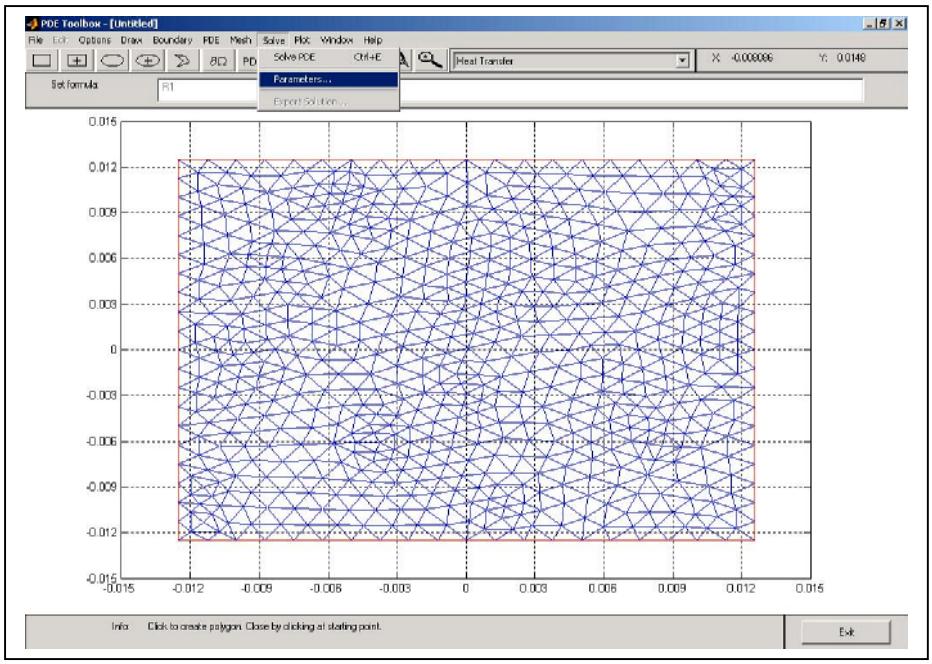
ภาพประกอบที่ ซ-16 ภาพแสดงการป้อนข้อมูลจำเพาะและข้อมูลจำเพาะในการคำนวณสำหรับสมการการถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer)



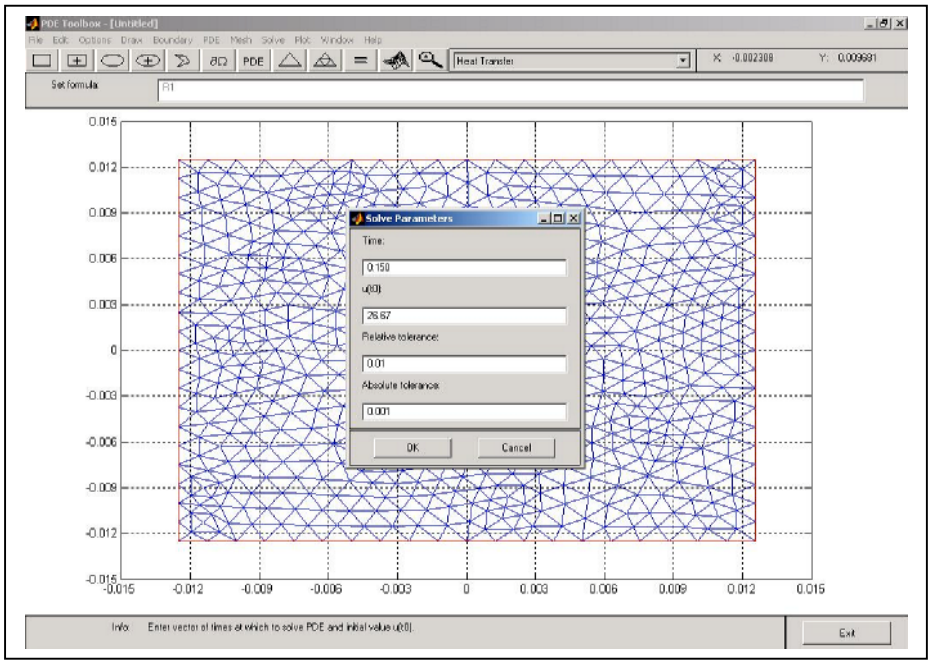
ภาพประกอบที่ ซ-17 ภาพแสดงการเลือกใช้เมนู Boundary และเมนูย่อย Specify Boundary conditions



ภาพประกอบที่ ซ-18 ภาพแสดงการป้อนข้อมูลจำเพาะและข้อมูลจำเพาะสำหรับ Boundary conditions

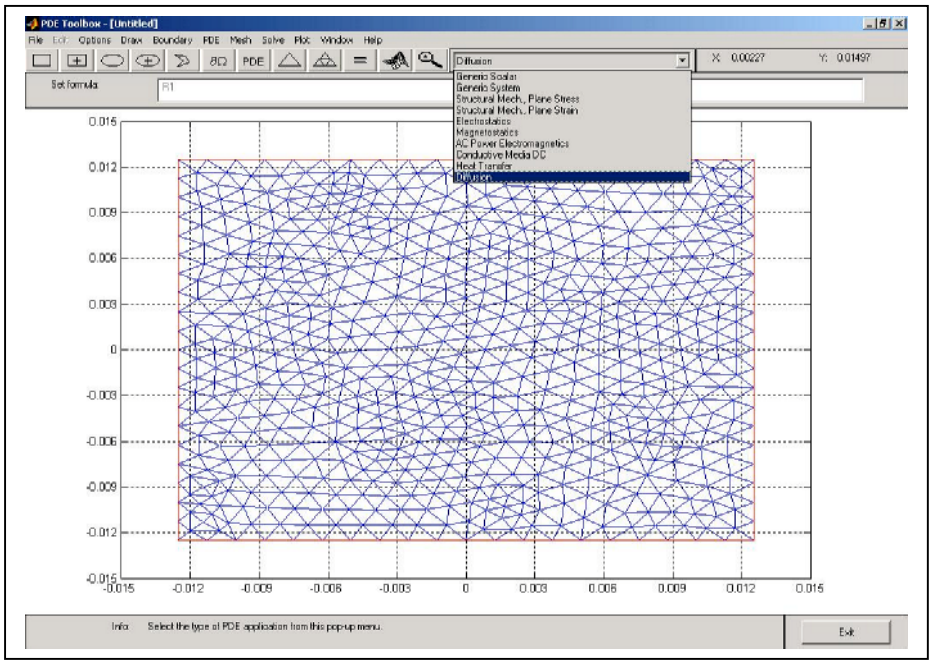


ภาพประกอบที่ ซ-19 ภาพแสดงการเลือกใช้เมนู Solve และเมนูย่อย Parameters

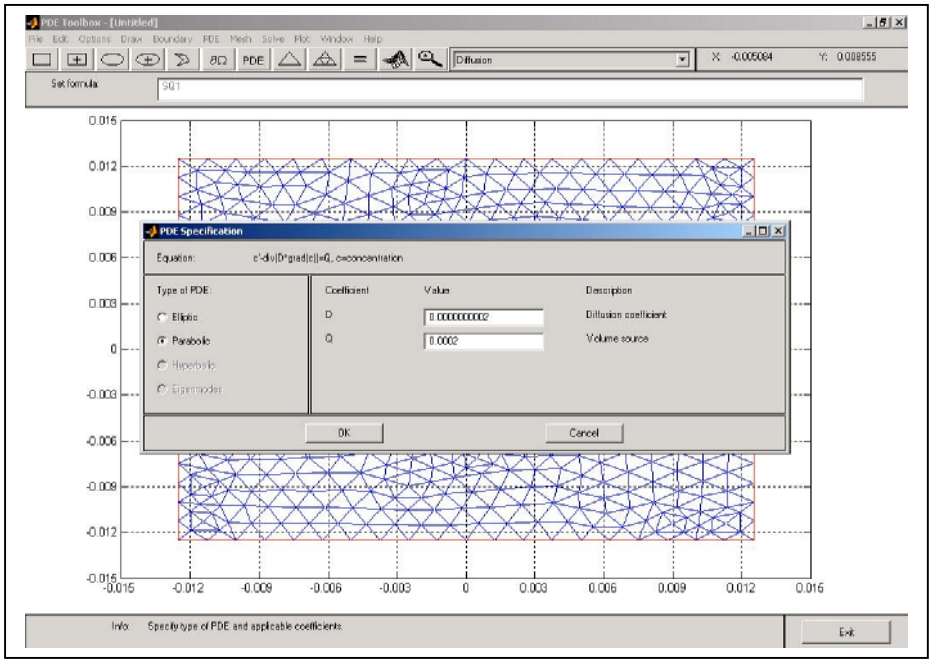


ภาพประกอบที่ ซ-20 ภาพแสดงการป้อนข้อมูลจำเพาะและข้อมูลจำเพาะสำหรับ Solve Parameter

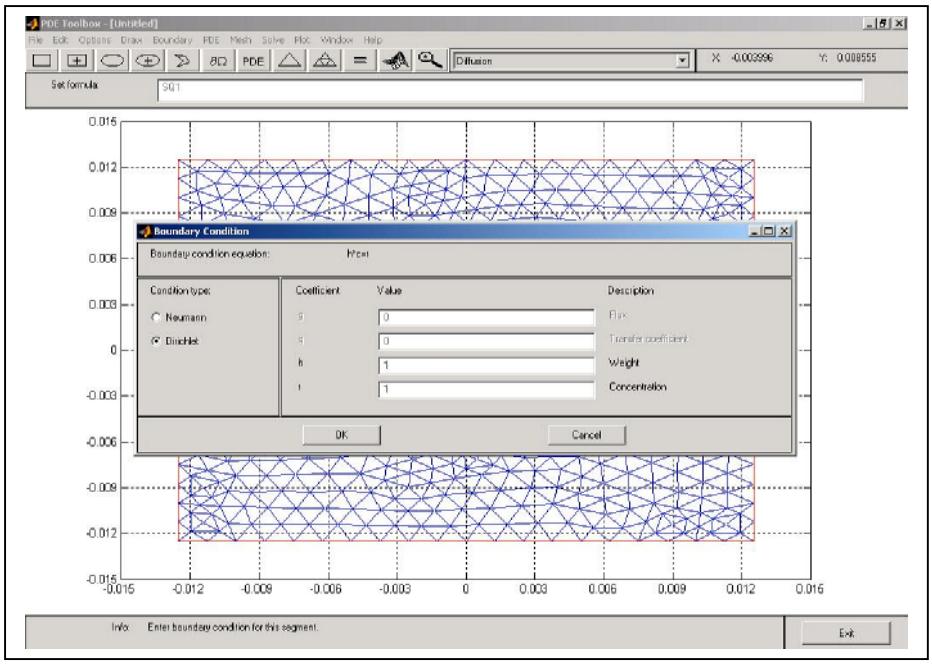
4. **การถ่ายโอนมวลสาร**



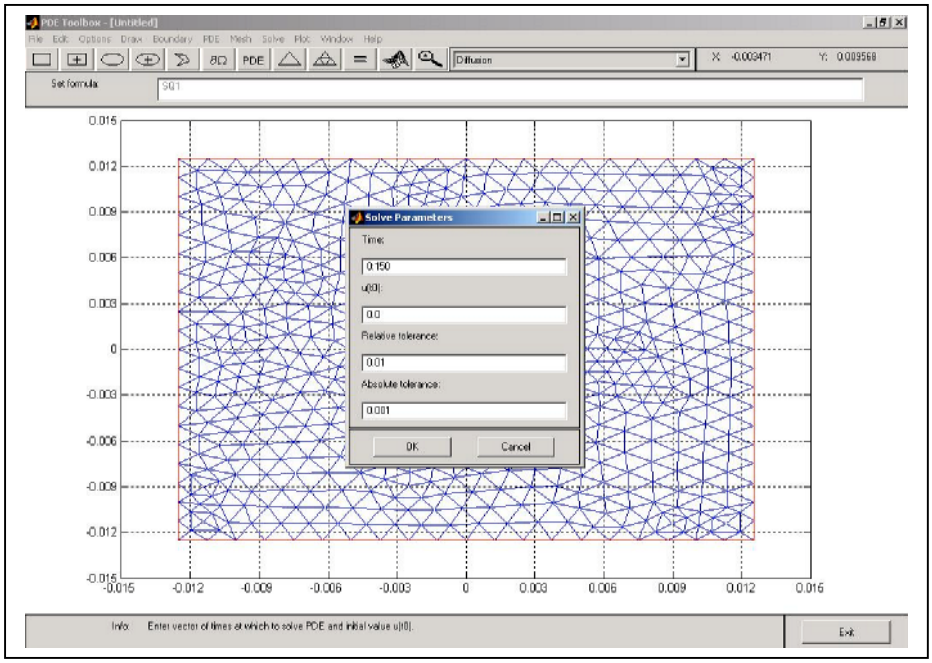
ภาพประกอบที่ ซ-34 ภาพแสดงการเลือกใช้ฟังก์ชัน Diffusion



ภาพประกอบที่ ซ-35 ภาพแสดงการป้อนข้อมูลจำเพาะและข้อมูลจำเพาะในการคำนวณสำหรับสมการ Diffusion

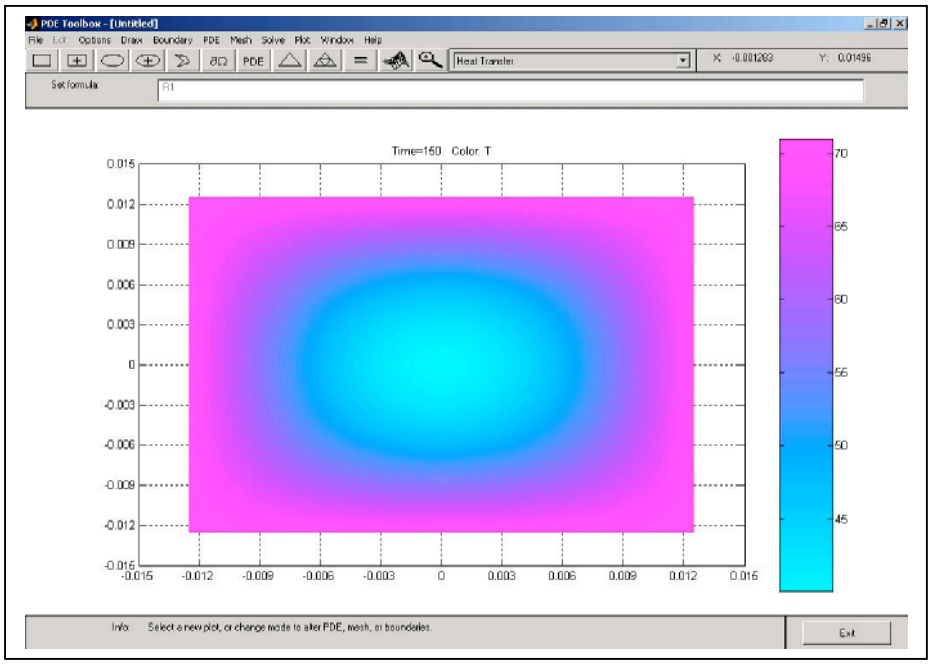


ภาพประกอบที่ ซ-36 ภาพแสดงการป้อนข้อมูลจำเพาะและข้อมูลจำเพาะสำหรับ Boundary conditions

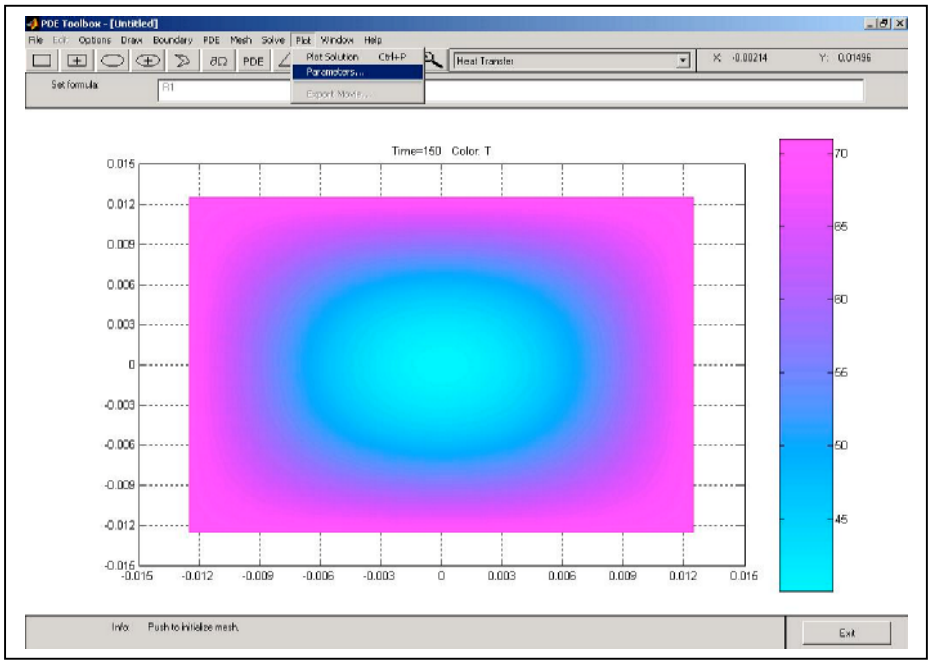


ภาพประกอบที่ ซ-37 ภาพแสดงการป้อนข้อมูลจำเพาะและข้อมูลจำเพาะสำหรับ Solve Parameter

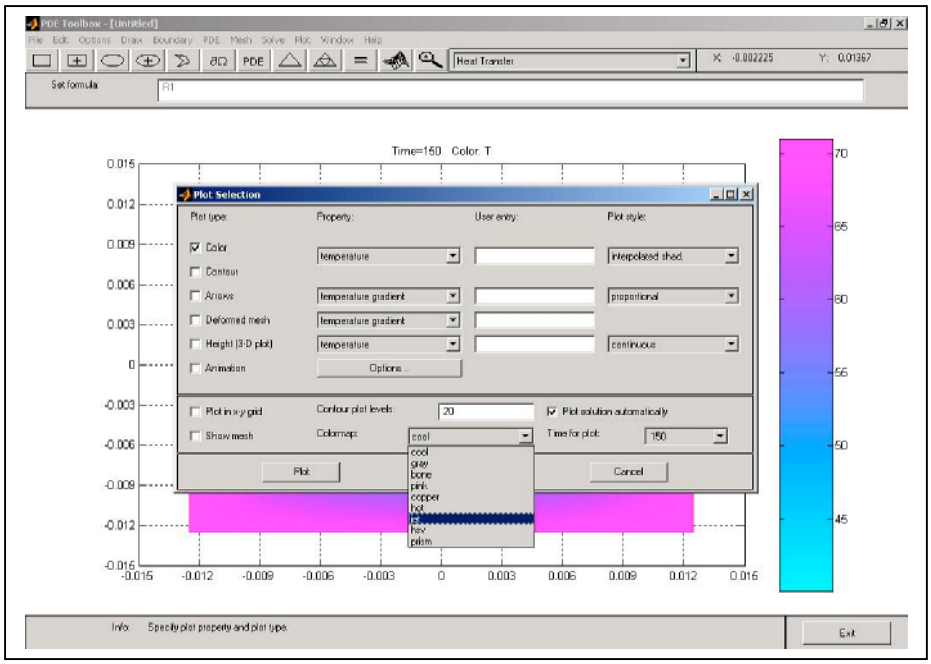
5. **การสร้างภาพ**



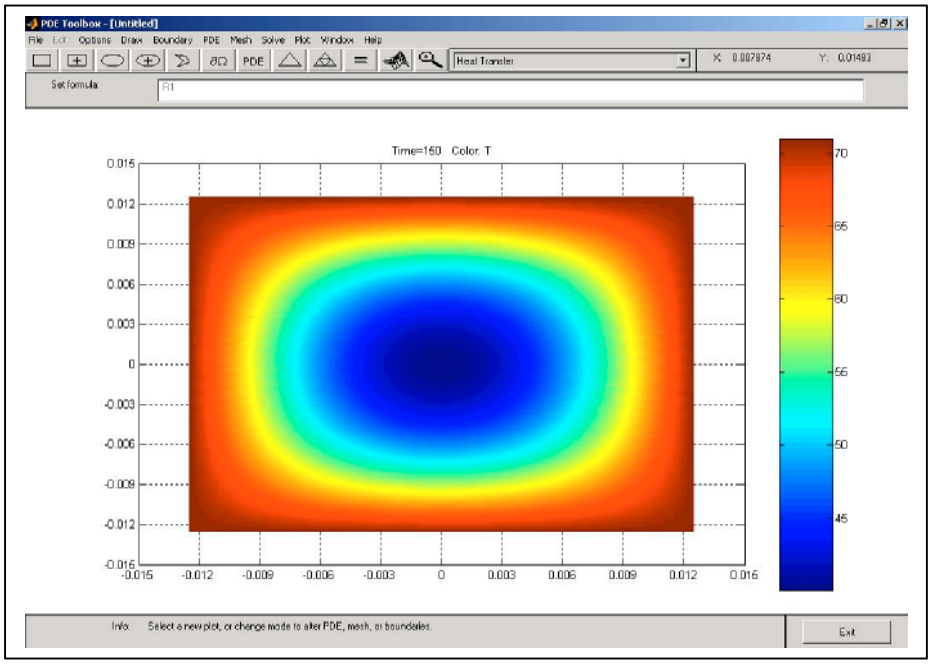
ภาพประกอบที่ ซ-21 ภาพแสดงผลเฉลยที่ได้ภายหลังการ Solve โดยโปรแกรม



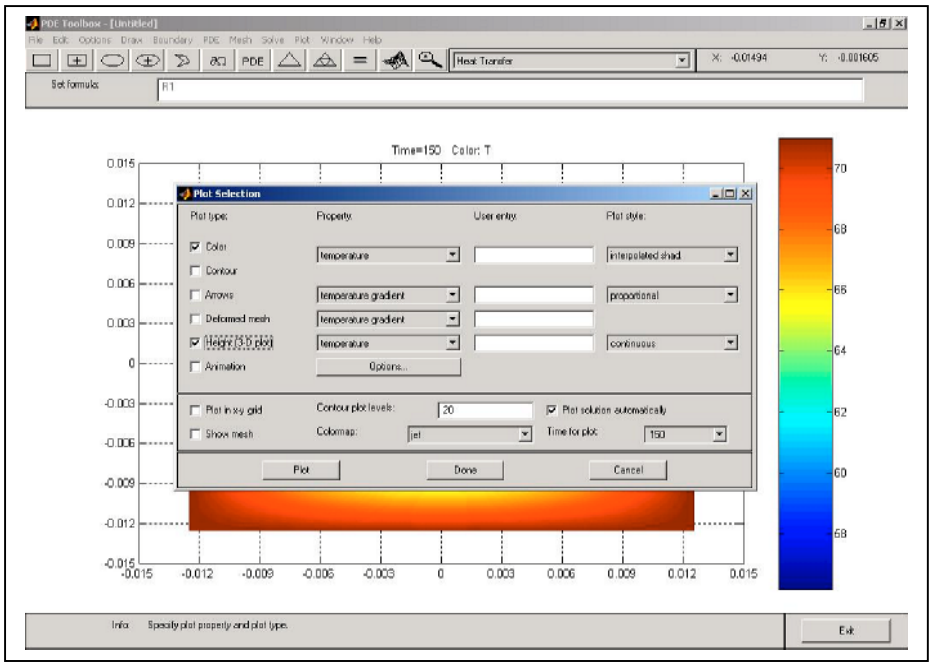
ภาพประกอบที่ ซ-22 ภาพแสดงการเลือกใช้เมนู Plot และเมนูย่อย Parameters



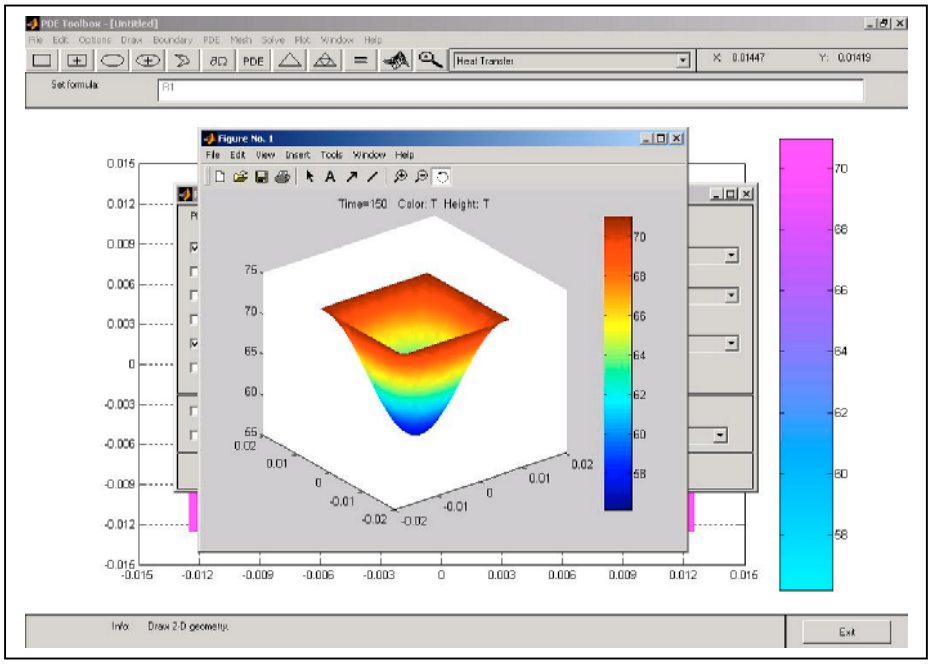
ภาพประกอบที่ ซ-23 ภาพแสดงการป้อนข้อมูลเปลี่ยนแปลงสี



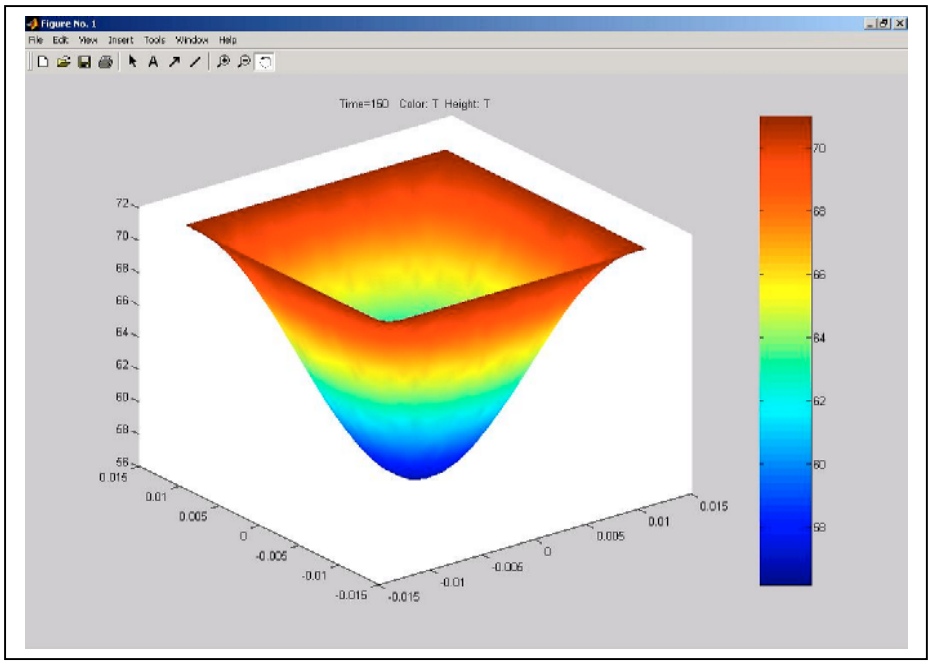
ภาพประกอบที่ ซ-24 ภาพแสดงผลการเปลี่ยนแปลงสี



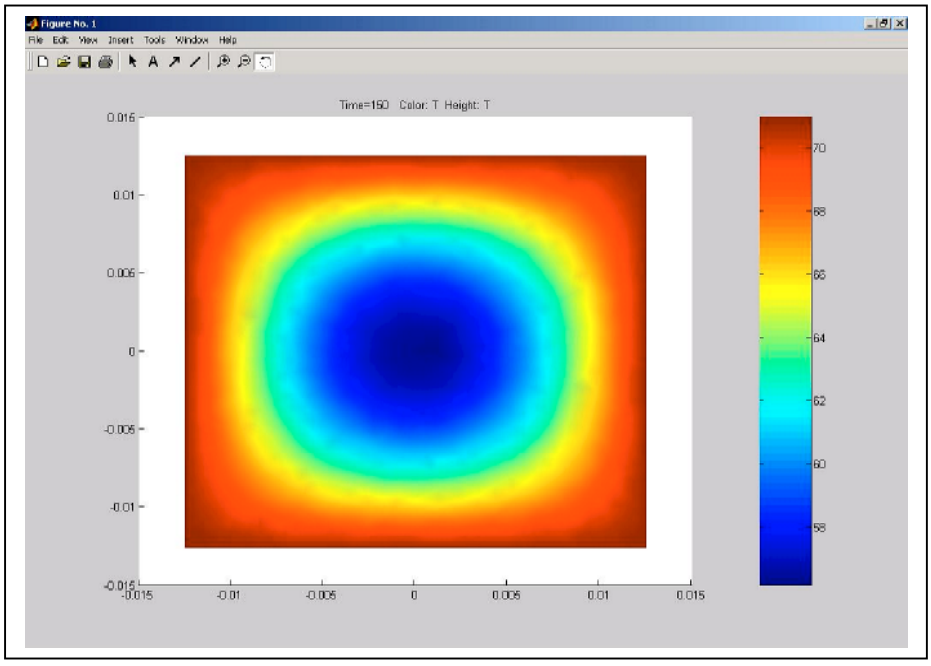
ภาพประกอบที่ ซ-25 ภาพแสดงการป้อนข้อมูลสร้างภาพสามมิติ



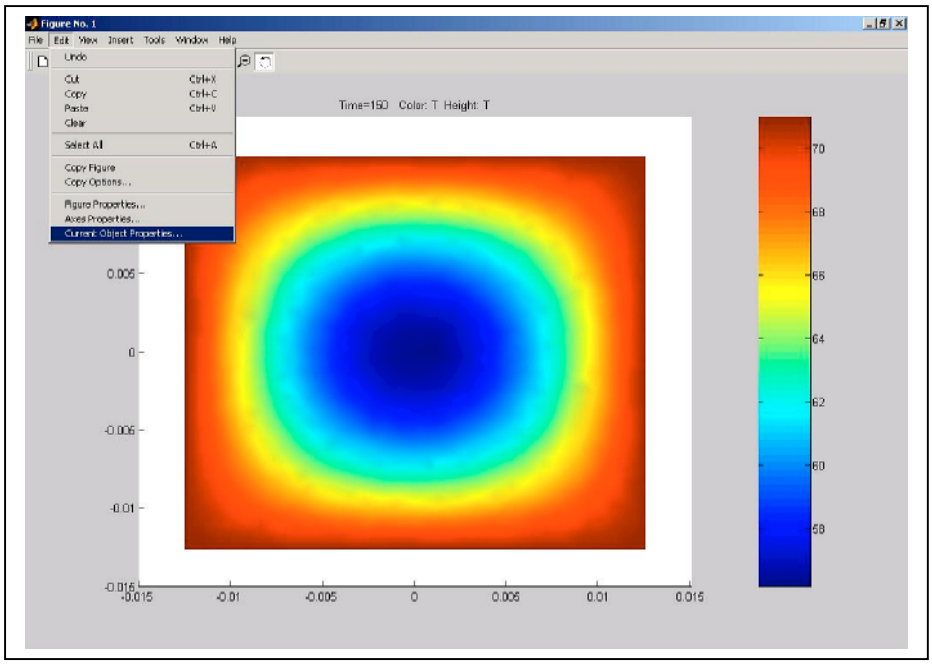
ภาพประกอบที่ ซ-26 ภาพแสดงภาพผลของคำสั่งสร้างภาพสามมิติ



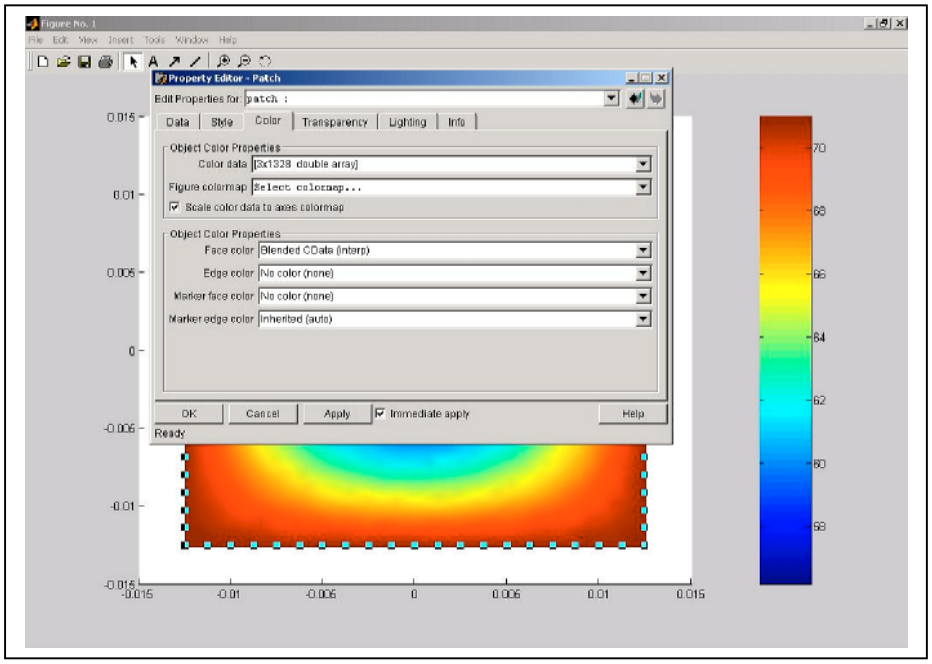
ภาพประกอบที่ ซ-27 ภาพแสดงภาพสามมิติแสดงการถ่ายโอนความร้อน



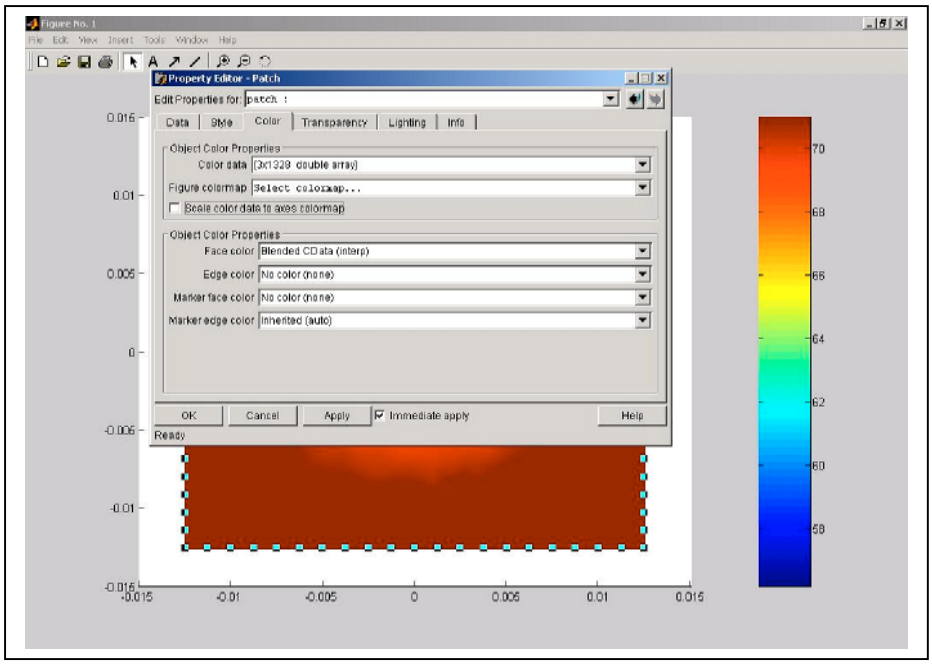
ภาพประกอบที่ ซ-28 ภาพแสดงภาพนิ่งสองมิติแสดงการถ่ายโอนความร้อน



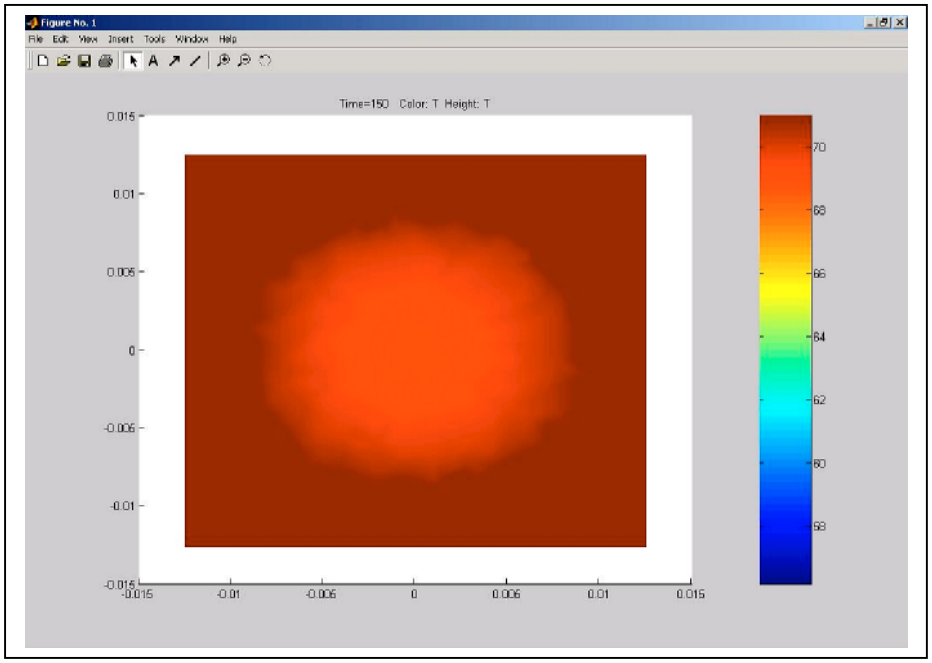
ภาพประกอบที่ ซ-29 ภาพแสดงการเลือกใช้เมนู Edit และเมนูย่อย Current Object Properties



ภาพประกอบที่ ซ-30 ภาพแสดงการเลือกใช้เมนู Property Editor-Patch



ภาพประกอบที่ ซ-31 ภาพแสดงการป้อนปฏิเสธ Scale color data to axes colormap



ภาพประกอบที่ ซ-32 ภาพสองมิติแสดงการถ่ายโอนความร้อนภายในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่เวลาในการทอด 150 วินาที

ภาคผนวก ฌ.

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนมวลสาร

1. โปรแกรมหลัก (pdemodel.m) สำหรับการถ่ายโอนความร้อน

```
function pdemodel
[pde_fig,ax]=pdeinit;
pdetool('appl_cb',9);
set(ax,'DataAspectRatio',[1 1.5 1]);
set(ax,'PlotBoxAspectRatio',[1 0.66666666666666663 66.666666666666671]);
set(ax,'XLim',[-0.014999999999999999 0.014999999999999999]);
set(ax,'YLim',[-0.014999999999999999 0.014999999999999999]);
set(ax,'XTick',[ -0.014999999999999999,...
-0.012,...
 -0.0089999999999999993,...
 -0.0059999999999999984,...
 -0.0029999999999999992,...
 0,...
 0.0029999999999999992,...
 0.0059999999999999984,...
 0.0089999999999999993,...
 0.012,...
 0.014999999999999999,...
]);
set(ax,'YTick',[ -0.014999999999999999,...
 -0.012,...
 -0.0089999999999999993,...
 -0.0059999999999999984,...
 -0.0029999999999999992,...
```

```
 0,...
 0.0029999999999999992,...
 0.0059999999999999984,...
 0.0089999999999999993,...
 0.012,...
 0.014999999999999999,...
]);
pdetool('gridon','on');

% Geometry description:
pderect([-0.012503816793893129 0.012503816793893133 0.012503816793893133 -
0.012572519083969461],'R1');
set(findobj(get(pde_fig,'Children'),'Tag','PDEEval'),'String','R1')

% Boundary conditions:
pdetool('changemode',0)
pdesetbd(4,...
'dir',...
1,...
'1',...
'69')
pdesetbd(3,...
'dir',...
1,...
'1',...
'69')
pdesetbd(2,...
'dir',...
1,...
```

```
'1',...
'69')
pdesetbd(1,...
'dir',...
1,...
'1',...
'69')

% Mesh generation:
setuprop(pde_fig,'Hgrad',1.3);
setuprop(pde_fig,'refinemethod','regular');
pdetool('initmesh')
pdetool('refine')

% PDE coefficients:
%solve first path
pdeseteq(2,...
'0.38',...
'0.0000362',...
'((-27309))+(0.0000362).*(120)',...
'(876).*(3124)',...
'0:15',...
'27',...
'0.0',...
'[0 100]')
mypde_solve

% store result in u1;
u1=u;
```

```
%solve next path
pdeseteq(2,...
'2.28',...
'0.0000326',...
'((-40963))+(0.0000362).*(120)',...
'(728).*(4687)',...
'16:150',...
'27',...
'0.0',...
'[0 100]')
setuprop(pde_fig,'currparam',...
['728';...
'4687';...
'2.28';...
'(-40963)';...
'0.0000362';...
'120'])
mypde_solve

% store result in u2;
u2=u;

%setup graph for plot 0 to 150
pdeseteq(2,...
'2.28',...
'0.0000326',...
'((-40963))+(0.0000362).*(120)',...
'(728).*(4687)',...
'0:150',...
```

```
'27',...
'0.0',...
'[0 100]')

%u = u1 + u2;
u=[u1 u2] ; % u is Matlab will use to plot

%setuprop(pde_fig,'currparam',[728  ';' 4687  ';' 2.28  ';' (-40963) ';' 0.0000362  ';' 120  '])

%Plotflags and user data strings:

%setuprop(pde_fig,'plotflags',[1 1 1 1 1 2 7 1 0 0 0 151 1 0 0 0 0 1]);
%setuprop(pde_fig,'colstring','');
%setuprop(pde_fig,'arrowstring','');
%setuprop(pde_fig,'deformstring','');
%setuprop(pde_fig,'heightstring','');

%plot Graph
mypde_plot
```

2. โปรแกรมหลัก (pdemodel.m) สำหรับการถ่ายโอนมวลสาร

2.1 โปรแกรมหลัก (pdemodel.m) สำหรับการถ่ายโอนความชื้น

```
function pdemodel
[pde_fig,ax]=pdeinit;
pdetool('appl_cb',10);
set(ax,'DataAspectRatio',[1 1.5 1]);
set(ax,'PlotBoxAspectRatio',[1 0.66666666666666663 66.666666666666671]);
set(ax,'XLim',[-0.014999999999999999 0.014999999999999999]);
set(ax,'YLim',[-0.014999999999999999 0.014999999999999999]);
```

```
set(ax,'XTick',[ -0.014999999999999999,...
 -0.012,...
 -0.0089999999999999993,...
 -0.0059999999999999984,...
 -0.0029999999999999992,...
 0,...
 0.0029999999999999992,...
 0.0059999999999999984,...
 0.0089999999999999993,...
 0.012,...
 0.014999999999999999,...
]);
set(ax,'YTick',[ -0.014999999999999999,...
 -0.012,...
 -0.0089999999999999993,...
 -0.0059999999999999984,...
 -0.0029999999999999992,...
 0,...
 0.0029999999999999992,...
 0.0059999999999999984,...
 0.0089999999999999993,...
 0.012,...
 0.014999999999999999,...
]);
pdetool('gridon','on');

% Geometry description:
pderect([-0.012503816793893129 0.012503816793893133 0.012503816793893133 -
0.012503816793893126],'SQ1');
```

```
set(findobj(get(pde_fig,'Children'),'Tag','PDEEval'),'String','SQ1')

% Boundary conditions:
pdetool('changemode',0)
pdesetbd(4,...
'dir',...
1,...
'1',...
'0')
pdesetbd(3,...
'dir',...
1,...
'1',...
'0')
pdesetbd(2,...
'dir',...
1,...
'1',...
'0')
pdesetbd(1,...
'dir',...
1,...
'1',...
'0')

% Mesh generation:
setuprop(pde_fig,'Hgrad',1.3);
setuprop(pde_fig,'refinemethod','regular');
pdetool('initmesh')
```

```
pdetool('refine')

% PDE coefficients:
pdeseteq(2,...
'0.0000000002',...
'0.0',...
'(-0.484)',...
'1.0',...
'0:150',...
'556',...
'0.0',...
'[0 100]')
setuprop(pde_fig,'currparam',...
['0.0000000002';...
'(-0.484)    ']);

% Solve parameters:
setuprop(pde_fig,'solveparam',...
str2mat('0','1872','10','pdeadworst',...
'0.5','longest','0','1E-4','','fixed','Inf'))

% Plotflags and user data strings:
setuprop(pde_fig,'plotflags',[1 1 1 1 2 1 7 1 0 0 0 151 1 0 0 0 0 1]);
setuprop(pde_fig,'colstring','');
setuprop(pde_fig,'arrowstring','');
setuprop(pde_fig,'deformstring','');
setuprop(pde_fig,'heightstring','');

% Solve PDE:
```

```
pdetool('solve')
```

2.2 โปรแกรมหลัก (pdemodel.m) สำหรับการถ่ายโอนน้ำมัน

2.2.1 Boundary Condition ของน้ำมันที่ผิวผลิตภัณฑ์เท่ากับ 800

```
function pdemodel
[pde_fig,ax]=pdeinit;
pdetool('appl_cb',10);
set(ax,'DataAspectRatio',[1 1.5 1]);
set(ax,'PlotBoxAspectRatio',[1 0.66666666666666663 66.666666666666671]);
set(ax,'XLim',[-0.014999999999999999 0.014999999999999999]);
set(ax,'YLim',[-0.014999999999999999 0.014999999999999999]);
set(ax,'XTick',[ -0.014999999999999999,...
 -0.012,...
 -0.0089999999999999993,...
 -0.0059999999999999984,...
 -0.0029999999999999992,...
 0,...
 0.0029999999999999992,...
 0.0059999999999999984,...
 0.0089999999999999993,...
 0.012,...
 0.014999999999999999,...
]);
set(ax,'YTick',[ -0.014999999999999999,...
 -0.012,...
 -0.0089999999999999993,...
 -0.0059999999999999984,...
 -0.0029999999999999992,...
 0,...
```

```
 0.0029999999999999992,...
 0.0059999999999999984,...
 0.0089999999999999993,...
 0.012,...
 0.014999999999999999,...
]);
pdetool('gridon','on');

% Geometry description:
pderect([-0.012503816793893129 0.012503816793893133 0.012503816793893133 -
0.012503816793893126],'SQ1');
set(findobj(get(pde_fig,'Children'),'Tag','PDEEval'),'String','SQ1')

% Boundary conditions:
pdetool('changemode',0)
pdesetbd(4,...
'dir',...
1,...
'1',...
'800')
pdesetbd(3,...
'dir',...
1,...
'1',...
'800')
pdesetbd(2,...
'dir',...
1,...
'1',...
```

```
'800')
pdesetbd(1,...
'dir',...
1,...
'1',...
'800')

% Mesh generation:
setuprop(pde_fig,'Hgrad',1.3);
setuprop(pde_fig,'refinemethod','regular');
pdetool('initmesh')
pdetool('refine')

% PDE coefficients:
%solve first path:
pdeseteq(2,...
'0.0000000002',...
'0.0',...
'2.065',...
'1.0',...
'0:60',...
'0.0',...
'0.0',...
'[0 100]')
mypde_solve
%store result in u1;
u1 = u;

%solve next path:
```

```
pdeseteq(2,...
'0.0000000002',...
'0.0',...
'(0.221)',...
'1.0',...
'61:150',...
'0.0',...
'0.0',...
'[0 100]')
mypde_solve
%store result in u2;
u2 = u;

%u = u1 + u2;
u=[u1 u2];
%u is Matlab will use to plot:

% Plotflags and user data strings:
setuprop(pde_fig,'plotflags',[1 1 1 1 2 1 7 1 0 0 0 151 1 0 0 0 0 1]);
setuprop(pde_fig,'colstring','');
setuprop(pde_fig,'arrowstring','');
setuprop(pde_fig,'deformstring','');
setuprop(pde_fig,'heightstring','');

% Solve PDE:
pdetool('solve')
%plot graph
%mypde_solve
```

2.2.2 Boundary Condition ของน้ำมันที่ผิวผลิตภัณฑ์เท่ากับ 270

```
function pdemodel
[pde_fig,ax]=pdeinit;
pdetool('appl_cb',10);
set(ax,'DataAspectRatio',[1 1.5 1]);
set(ax,'PlotBoxAspectRatio',[1 0.66666666666666663 66.666666666666671]);
set(ax,'XLim',[-0.014999999999999999 0.014999999999999999]);
set(ax,'YLim',[-0.014999999999999999 0.014999999999999999]);
set(ax,'XTick',[ -0.014999999999999999,...
 -0.012,...
 -0.0089999999999999993,...
 -0.0059999999999999984,...
 -0.0029999999999999992,...
 0,...
 0.0029999999999999992,...
 0.0059999999999999984,...
 0.0089999999999999993,...
 0.012,...
 0.014999999999999999,...
]);
set(ax,'YTick',[ -0.014999999999999999,...
 -0.012,...
 -0.0089999999999999993,...
 -0.0059999999999999984,...
 -0.0029999999999999992,...
 0,...
 0.0029999999999999992,...
 0.0059999999999999984,...
```

```
 0.0089999999999999993,...
 0.012,...
 0.014999999999999999,...
]);
pdetool('gridon','on');

% Geometry description:
pderect([-0.012503816793893129 0.012503816793893133 0.012503816793893133 -
0.012503816793893126],'SQ1');
set(findobj(get(pde_fig,'Children'),'Tag','PDEEval'),'String','SQ1')

% Boundary conditions:
pdetool('changemode',0)
pdesetbd(4,...
'dir',...
1,...
'1',...
'270')
pdesetbd(3,...
'dir',...
1,...
'1',...
'270')
pdesetbd(2,...
'dir',...
1,...
'1',...
'270')
pdesetbd(1,...
```

```
'dir',...
1,...
'1',...
'270')

% Mesh generation:
setuprop(pde_fig,'Hgrad',1.3);
setuprop(pde_fig,'refinemethod','regular');
pdetool('initmesh')
pdetool('refine')

% PDE coefficients:
%solve first path:
pdeseteq(2,...
'0.0000000002',...
'0.0',...
'2.065',...
'1.0',...
'0:60',...
'0.0',...
'0.0',...
'[0 100]')
mypde_solve
%store result in u1;
u1 = u;

%solve next path:
pdeseteq(2,...
'0.0000000002',...
```

```
'0.0',...
'(0.221)',...
'1.0',...
'61:150',...
'0.0',...
'0.0',...
'[0 100]')
mypde_solve
%store result in u2;
u2 = u;

%u = u1 + u2;
u=[u1 u2];
%u is Matlab will use to plot:

% Plotflags and user data strings:
setuprop(pde_fig,'plotflags',[1 1 1 1 2 1 7 1 0 0 0 151 1 0 0 0 0 1]);
setuprop(pde_fig,'colstring','');
setuprop(pde_fig,'arrowstring','');
setuprop(pde_fig,'deformstring','');
setuprop(pde_fig,'heightstring','');

% Solve PDE:
pdetool('solve')
%plot graph
%mypde_solve
```

3. โปรมแกรมสนับสนุนการถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนน้ำมัน

3.1 โปรแกรมสนับสนุน 1 (mypde_plot.m)

```
bndhndl=findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','PDEBoundMenu');
bl=get(findobj(get(bndhndl,'Children'),'flat',...
   'Tag','PDEBoundMode'),'UserData');
dl1=getuprop(pde_fig,'dl1');

% Unpack parameters:
params=get(findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','PDEPDEMenu'),...
   'UserData');
ns=getuprop(pde_fig,'ncafd');
nc=ns(1); na=ns(2); nf=ns(3); nd=ns(4);
c=params(1:nc,:);
a=params(nc+1:nc+na,:);
f=params(nc+na+1:nc+na+nf,:);
d=params(nc+na+nf+1:nc+na+nf+nd,:);

pde_type=get(findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','PDEHelpMenu'),...
   'UserData');
h=findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','PDEMeshMenu');
hp=findobj(get(h,'Children'),'flat','Tag','PDEInitMesh');
p=get(hp,'UserData');
he=findobj(get(h,'Children'),'flat','Tag','PDERefine');
e=get(he,'UserData');
ht=findobj(get(h,'Children'),'flat','Tag','PDEMeshParam');
t=get(ht,'UserData');

solveparams=getuprop(pde_fig,'solveparam');
adaptflag=str2num(deblank(solveparams(1,:)));
```

```
nonlinflag=str2num(deblank(solveparams(7,:)));
nltol=str2num(deblank(solveparams(8,:)));
nlinit=deblank(solveparams(9,:));
jac=deblank(solveparams(10,:));
nlinnorm=lower(deblank(solveparams(11,:)));
if ~strcmp(nlinnorm,'energy'),
  nlinnorm=str2num(nlinnorm);
end


 timepar=getuprop(pde_fig,'timeeigparam');
  tlist=str2num(deblank(timepar(1,:)));
  u0=deblank(timepar(2,:));
  ut0=deblank(timepar(3,:));
  r=str2num(deblank(timepar(4,:)));
  rtol=str2num(deblank(timepar(5,:)));
  atol=str2num(deblank(timepar(6,:)));
  l=[];


%   u=parabolic(u0,tlist,bl,p,e,t,c,a,f,d,rtol,atol);

    % if no geometry, create a default L-shape:
 pdegd=get(findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat',...
    'Tag','PDEMeshMenu'),'UserData');
 if isempty(pdegd), pdetool('membrane'), end

 if btnstate(pde_fig,'zoom',1),
  pdezoom(pde_fig,'off')
```

```
  btnup(pde_fig,'zoom',1)
  opthndl=findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','PDEOptMenu');
  set(findobj(get(opthndl,'Children'),'flat','Tag','PDEZoom'),...
      'Checked','off')
end

flg_hndl=findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','PDEFileMenu');
flags=get(flg_hndl,'UserData');
flag1=flags(3);
if abs(flag1),
  pdetool('changemode',0)
end
flags=get(flg_hndl,'UserData');
if flags(3)==-1,
  % error in decsg
  return;
elseif ~flags(2),
  pdetool('cleanup')
end
flags=get(flg_hndl,'UserData');
flag2=flags(4);
if flag2,
  pdetool('initmesh')
end
flags=get(flg_hndl,'UserData');
oldmode=flags(2);
flags(2)=3;                    % mode_flag=3
set(flg_hndl,'UserData',flags)
pdeinfo('Solving PDE...');
```

```
set(pde_fig,'Pointer','watch')

drawnow


  % Save solution:
plothndl=findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','PDEPlotMenu');
set(plothndl,'UserData',u);
% save eigenvalues:
winhndl=findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','winmenu');
set(winhndl,'UserData',l);

% Enable export:
solvehndl=findobj(get(pde_fig,'Children'),'flat','Tag','PDESolveMenu');
set(findobj(get(solvehndl,'Children'),'flat','Tag','PDEExpSol'),...
    'Enable','on')

% Set flags
flags=get(flg_hndl,'UserData');
flags(5)=0; flags(6)=1; flags(7)=0;   % flag3=0, flag4=1, flag5=0
set(flg_hndl,'UserData',flags)

plotflags=getuprop(pde_fig,'plotflags');
if pde_type==2 | pde_type==3,
  plotflags(12)=size(u,2);
else
  plotflags(12)=1;
end
setuprop(pde_fig,'plotflags',plotflags)
```

```
% Turn off replay of movie
animparams=getuprop(pde_fig,'animparam');
animparams(3)=0;
setuprop(pde_fig,'animparam',animparams)

% Update plot dialog box:
pdeptdlg('initialize',1,getuprop(pde_fig,'plotstrings'));

% flag is set if we're solving from PDEPTDLG. The solution plot
% will be handled from PDEPTDLG.
%if plotflags(8) & ~isempty(u) & nargin==1,
  % do plot solution automatically:
  pdeptdlg('plot')
if adaptflag & (oldmode==2) & pde_type==1,
  % We're still displaying the old mesh; update it
  pdetool meshmode
else
  % Restore old mode since we are not plotting solution nor updating:
  flags=get(flg_hndl,'UserData');
  flags(2)=oldmode;
  set(flg_hndl,'UserData',flags)
end

set(pde_fig,'Pointer','arrow')
drawnow

if pde_type~=4,
  pdeinfo('Select a new plot, or change mode to alter PDE, mesh, or boundaries.');
end
```