

## การประยุกต์ใช้โปรแกรม R เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในงานวิจัยด้านพัฒนา ผลิตภัณฑ์อาหาร

### Application of R Program for Statistical Analysis of Food Product Development Researches

กัลยาณี เต็งพงศธร<sup>1</sup>

#### คำนำ

โปรแกรม R เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและสร้างกราฟที่เปิดให้บุคคลทั่วไปสามารถดาวน์โหลดและติดตั้งใช้งานได้ฟรีโดยไม่ถือว่าเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์แต่อย่างใด โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <http://www.r-project.org> ซึ่งเป็นเว็บไซต์อย่างเป็นทางการของมูลนิธิ R Development Core Team ซึ่งเป็นมูลนิธิที่ไม่แสวงหากำไรได้พัฒนาโปรแกรม R มาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 โดยเริ่มต้นจาก Robert Gentleman และ Ross Ihaka จากภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยโอคแลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์ อันเป็นที่มาของชื่อ R Program นั้นเอง(ศิริชัย, 2552a) สำหรับในประเทศไทยนั้นสามารถดาวน์โหลดได้จากคู่มือ (Mirror) ได้สองแหล่งด้วยกันคือ ที่ <http://mirror.kapook.com/cran/> และที่ <http://mirrors.psu.ac.th/pub/cran/> นอกจากนี้โปรแกรม R ยังเป็นโปรแกรมประเภท Open source ที่เปิดโอกาสให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถเข้าร่วมพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมเพิ่มเติมได้อย่างอิสระอีกด้วย หลังจากดาวน์โหลดและติดตั้งแล้วเมื่อทำการเปิดใช้งานโปรแกรมจะได้นหน้าต่างดัง Figure 1

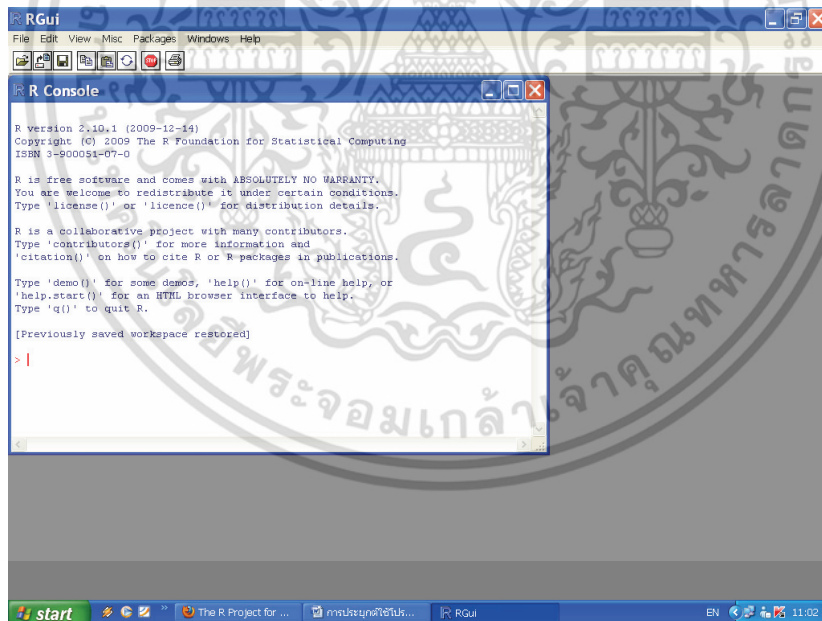


Figure 1 R program window (The R foundation for statistical computing, 2009)

<sup>1</sup>สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

## 1. ส่วนประกอบของโปรแกรม R

โปรแกรม R จะประกอบด้วย 2 หน้าต่างหลักคือ R Gui และ Rterm โดยที่หน้าต่าง R Gui นั้นยังประกอบด้วยหน้าต่างย่อยอีก 2 หน้าต่างคือ หน้าต่างย่อย R console สำหรับเขียนคำสั่งและแสดงผลลัพธ์ และหน้าต่างย่อย R Graph สำหรับแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟ ดัง Figure 2

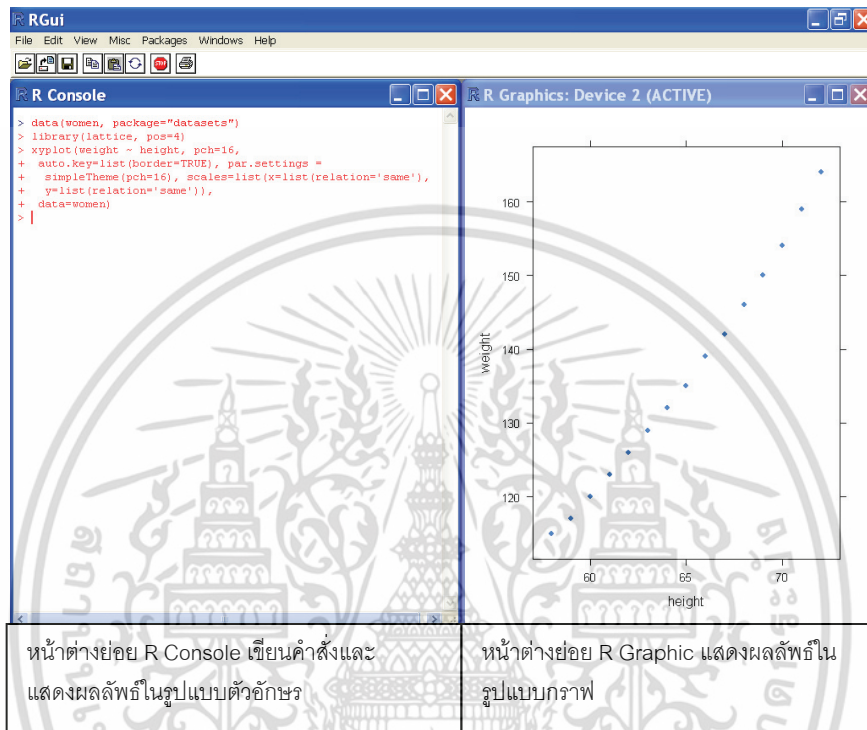


Figure 2 R Console window and R Graphic window (The R foundation for statistical computing, 2009)

## 2. โปรแกรมเสริม(Packages)ที่ใช้งานร่วมกับโปรแกรม R

การใช้งานโปรแกรม R ด้วยการเขียนคำสั่งให้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในหน้าต่าง R Console นั้นค่อนข้างยุ่งยากและจำเป็นต้องเรียนรู้คำสั่งในภาษา R เพื่อใช้ในการเขียนคำสั่ง ดังนั้นจึงมีนักพัฒนาโปรแกรมได้ทำการเขียนโปรแกรมเสริมเพื่อให้ใช้งานโปรแกรม R แบบเมนูได้ โดยใช้ชื่อว่า R Commander Package (Fox, 2005) ซึ่งจำเป็นต้องทำการติดตั้งโปรแกรมเสริมนี้ก่อนผ่านทางเมนู Package(S) ของโปรแกรม R ในหน้าต่าง R Gui โดยคลิกที่เมนู Package(s) → Install package(s) จะปรากฏหน้าต่าง CRAN mirror ดัง Figure 3 จากนั้นเลือก Thailand (Bangkok) หรือ Thailand(Hatyai) ซึ่งเป็นแหล่งดาวนโหลดที่ใกล้ที่สุดทำให้ใช้เวลาดาวนโหลดได้เร็วขึ้นจากนั้นให้คลิกที่ปุ่ม OK ด้านล่างของหน้าต่าง CRAN mirror จะปรากฏหน้าต่างโปรแกรมเสริม(Packages) สำหรับใช้ร่วมกับโปรแกรม R ให้เลือก Package ที่ชื่อ Rcmdr ดัง Figure 4 แล้วกด OK

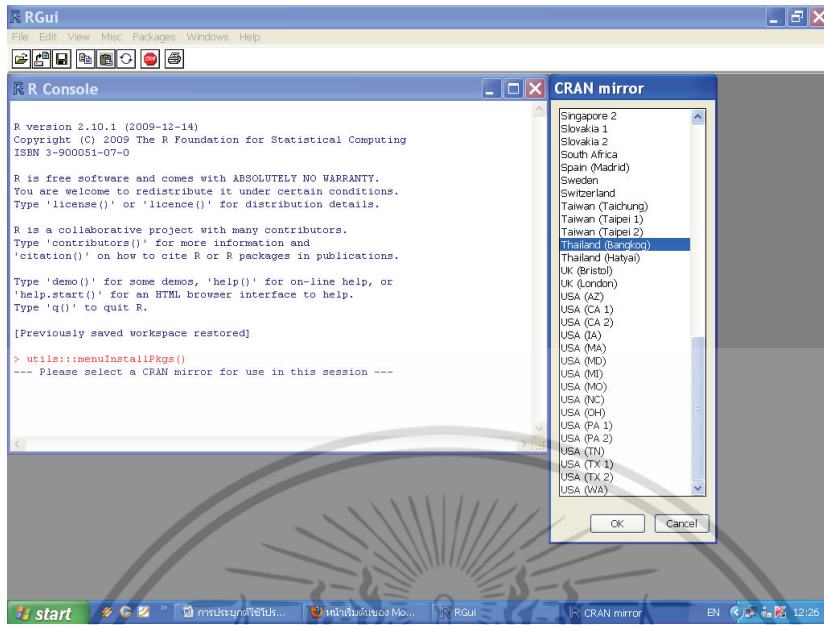


Figure 3 CRAN mirror window (The R foundation for statistical computing, 2009)

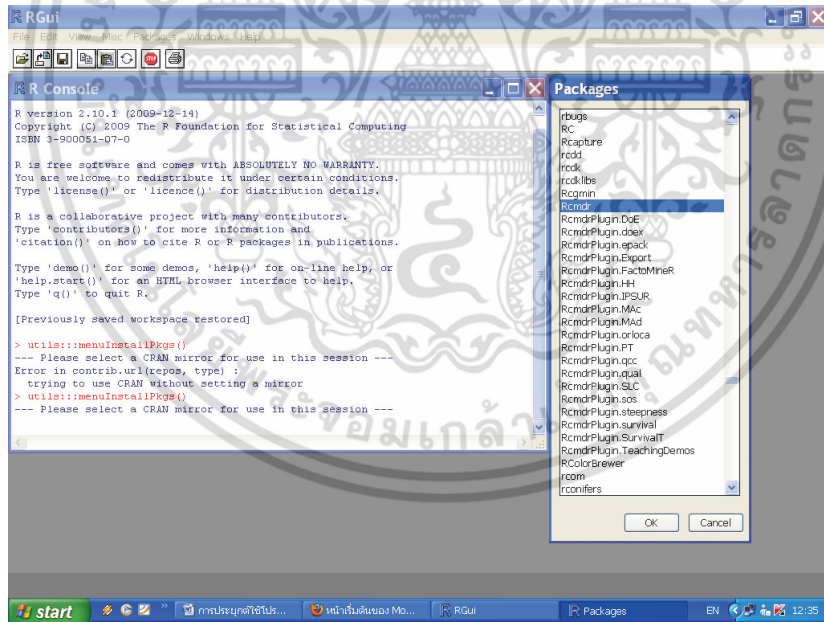


Figure 4 Packages window (The R foundation for statistical computing, 2009)

โปรแกรมจะใช้เวลาประมาณ 20-30 นาทีในการติดตั้งโปรแกรมเสริม Rcmdr นี้ และเมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว  
แล้วจะปรากฏหน้าต่างของ R Commander ดัง Figure 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

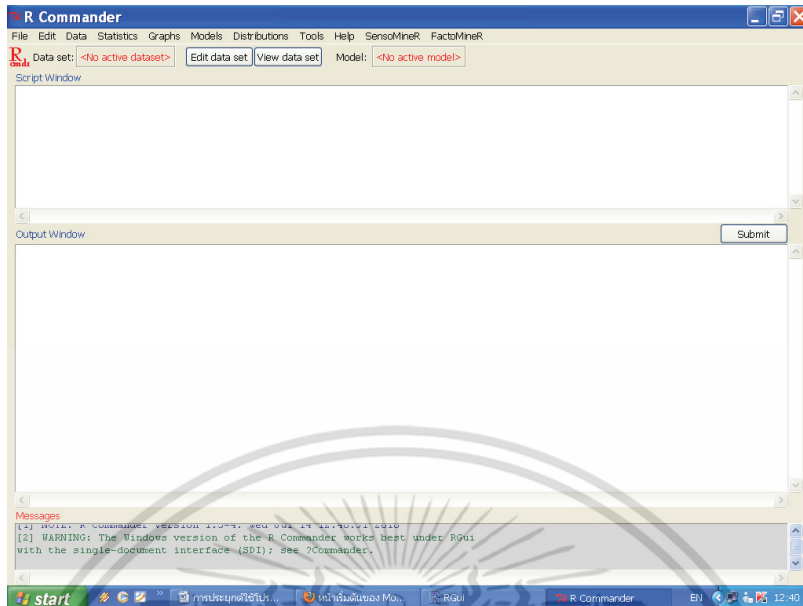


Figure 5 R Commander window (The R foundation for statistical computing, 2009)

### 3. การใช้งานโปรแกรมเสริม R Commander วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โปรแกรมเสริม R Commander นั้นสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลทางสถิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทียบเท่าโปรแกรมลิขสิทธิ์ที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อหากติดตั้งเพื่อใช้งานอื่น ๆ เช่น SPSS, SAS, MATLAB, Minitab, Design Expert, Unscramble, MathCAD, Statistica หรือโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลทางสถิติอื่น ๆ ที่มีในปัจจุบัน นอกจากนี้ โปรแกรมเสริม R Commander ที่ใช้ร่วมกับโปรแกรม R นี้ยังแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟได้อย่างสวยงามและให้ความชัดเจนเทียบเท่าหรืออาจมากกว่าโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์อื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นอีกด้วย

การเรียกใช้โปรแกรมเสริม R Commander จากหน้าต่าง R Gui ทำได้โดยคลิกที่รายการ Packages ตามด้วย Load package.. จะปรากฏหน้าต่าง Select one จากนั้นคลิกเลือก Rcmdr แล้วกด OK ตรงด้านล่าง จะปรากฏหน้าต่าง R Commander ดัง Figure 5 และสามารถใช้งานได้ทันที

เมนูของหน้าต่าง R Commander (ศิริชัย, 2552a) แบ่งออกได้เป็น 9 เมนูดังนี้

File	ใช้สำหรับเรียก บันทึก ไฟล์ประเภทต่าง ๆ และ ออกจากหน้าต่าง R Commander
Edit	ใช้สำหรับคัดลอก ย้าย ค้นหา ลบ คำสั่งต่าง ๆ
Data	ใช้สำหรับจัดการเกี่ยวกับข้อมูล และตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล
Statistics	ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ถือเป็นรายการย่อยที่สำคัญของโปรแกรมเสริม R Commander
Graphs	ใช้สำหรับสร้างและจัดการกราฟรูปแบบต่าง ๆ
Models	ใช้สำหรับสร้างและจัดการกับสมการต้นแบบ (Model)
Distributions	ใช้สำหรับวิเคราะห์และแจกแจงข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ
Tools	ใช้สำหรับเรียกโปรแกรมเสริมอื่น ๆ ขึ้นมาเพื่อใช้งานร่วมกับ R Commander
Help	ใช้สำหรับเพื่อขอคำอธิบายเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการใช้ R Commander ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตินั้น ขั้นตอนแรกจำเป็นต้องมีข้อมูลดิบเพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อน สามารถทำได้ 2 แนวทางคือ 1. สร้างไฟล์ข้อมูลดิบที่จะนำมาวิเคราะห์ได้ด้วยรายการย่อย Data จากนั้นคลิก New Dataset ของหน้าต่าง R Commander 2. นำเข้า(Import)ข้อมูลดิบจากภายนอก ซึ่งสามารถนำเข้าข้อมูลดิบทั้งในรูปแบบของ Text File, Clipboard หรือ URL, SPSS Dataset, Minitab Dataset, STATA Dataset, Excel Dataset, Access หรือ Dbase Dataset ด้วยโปรแกรมย่อย Data จากนั้นคลิก Import Data ของหน้าต่าง R Commander และเมื่อนำเข้าข้อมูลดิบเรียบร้อยแล้วสามารถเข้าไปดู หรือแก้ไขข้อมูลดิบได้ด้วยปุ่มคำสั่ง Edit data set และ View data set ดังแสดงใน Figure 6

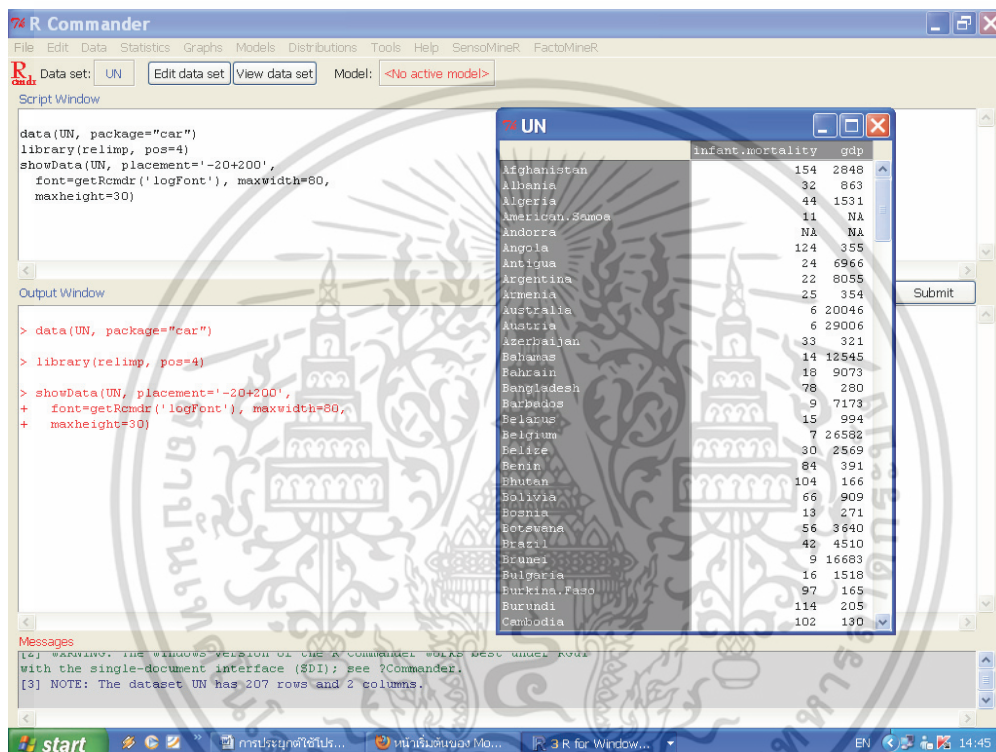


Figure 6 View data set window (The R foundation for statistical computing, 2009)

เมื่อมีข้อมูลดิบพร้อมแล้ว สามารถนำข้อมูลดิบเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติในแต่ละวิธีได้ เช่น ในบทความนี้ใช้ข้อมูลดิบจากองค์การสหประชาชาติชื่อ File UN ซึ่งเป็นข้อมูลดิบที่ติดตั้งมาพร้อมกับโปรแกรม R ดังแสดงใน Figure 6 ซึ่งเป็นข้อมูลดิบที่รวบรวมอัตราการตายของทารกและรายได้ประชาชาติของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก หากต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายของทารกกับรายได้ประชาชาติ ให้ใช้วิธี Correlation test โดยใช้รายการย่อย Statistics จากนั้นคลิก Summaries และคลิก Correlation test.. ของหน้าต่าง R Commander ซึ่งผลของการวิเคราะห์แสดงในรูปแบบตัวอักษร (Text) ในหน้าต่างย่อย Output window ดังแสดงใน Figure 7

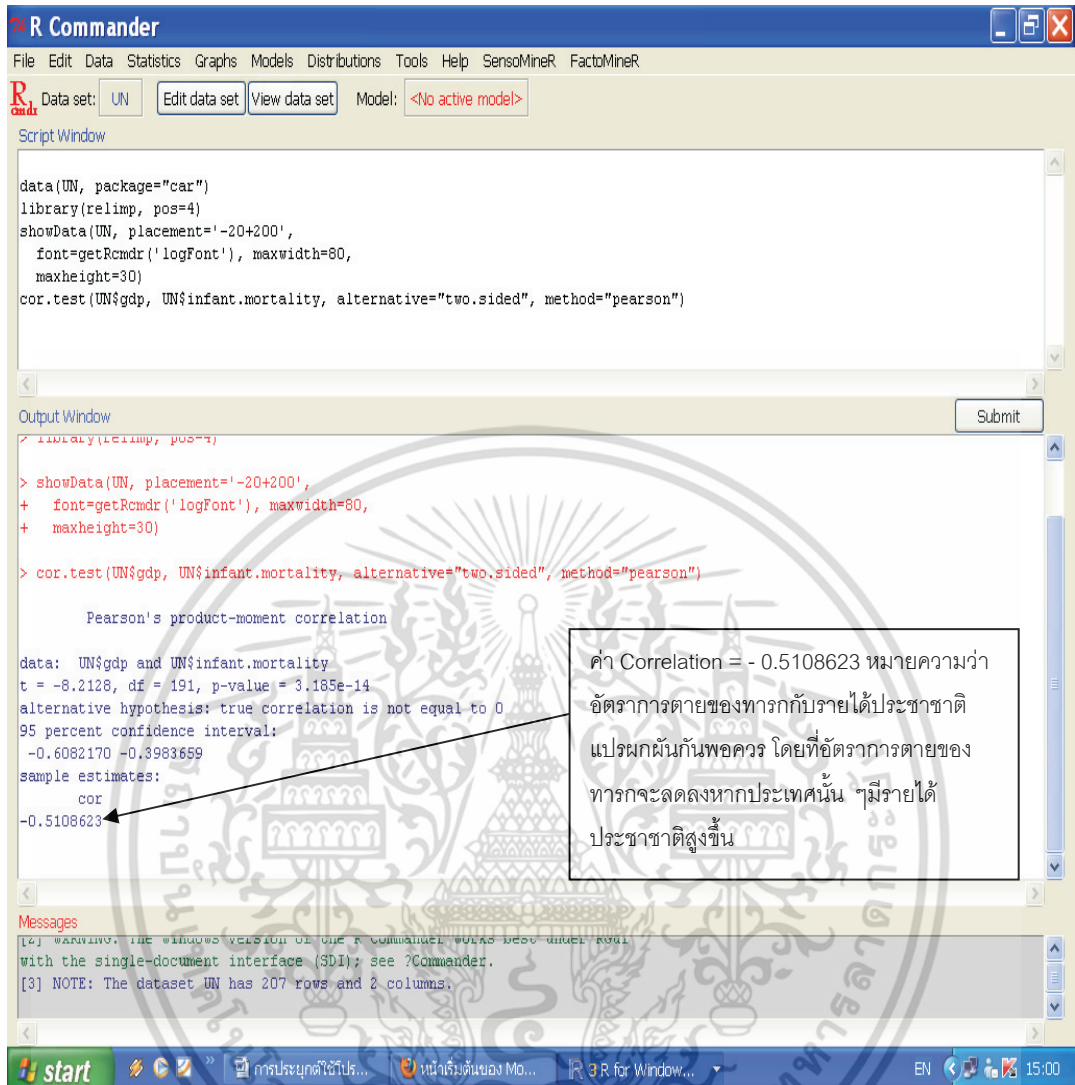


Figure 7 Output window showing the result of correlation test (The R foundation for statistical computing, 2009)

#### 4. การใช้โปรแกรมเสริม R Commander เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในงานวิจัยด้านพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

ในงานวิจัยด้านพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารนั้น งานที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมซึ่งต้องมีการดำเนินการอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค กลุ่มเป้าหมาย วิธีการวางแผนการวิจัยที่นำมาใช้เพื่อพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมวิธีหนึ่งที่นักพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารนิยมใช้คือ การทำ Optimum design เพื่อค้นหาปริมาณของส่วนผสมที่สำคัญในสูตรอาหารที่สามารถทำให้อาหารนั้นอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายพอใจและมีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารนั้นไปบริโภคและเกิดการซื้อซ้ำอย่างสม่ำเสมอ แผนการทดลองที่นิยมใช้ ได้แก่ การวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) โดยมีองค์ประกอบหลักในสูตรอาหารนั้นเป็นตัวแปรต้น อย่างน้อย 2 ตัวแปรขึ้นไปและใช้วิธีการสร้างพื้นผิวตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Response surface map) เพื่อหาจุดหรือช่วงที่เหมาะสมต่อไป นอกจากนี้ นักวิจัยอาจต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายกับปริมาณขององค์ประกอบหลักในสูตรอาหารซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปของสมการต้นแบบทางคณิตศาสตร์(Model) จากกรณีดังกล่าวโปรแกรมเสริม R Commander ของโปรแกรม R สามารถช่วยทำการวิเคราะห์และสร้างสมการต้นแบบเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรต้นได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ในการศึกษาถึงองค์ประกอบของส่วนผสม 3 ชนิด (Gacula and Singh, 1984) ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่ง ได้แก่ แป้ง A แป้ง B และแป้ง C ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 35 % ของส่วนผสมทั้งหมด และใช้น้ำ เกลือ น้ำตาลและเนยสดในปริมาณคงที่คือ 40 % 2 % 13 % และ 10 % ตามลำดับ ในการศึกษาที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม(Response) และตัวแปรต้นทั้ง 3 ตัวคือแป้งทั้งสามชนิด ทำการวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ชนิด Simplex – Centroid (Hu, 1999) มีสิ่งทดลองต่าง ๆ ดัง Table 1

**Table 1** Showing the combination from 3 kinds of flour (3 factors) for snack production and response data

Treatments	Flour A	Flour B	Flour C	Response
1	1	0	0	2.6
2	0	1	0	4.0
3	0	0	1	1.9
4	0.5	0.5	0	4.5
5	0	0.5	0.5	3.1
6	0.5	0	0.5	4.2
7	0.33	0.33	0.33	2.5
8	0.33	0.33	0.33	3.2
9	0.33	0.33	0.33	3.0
10	0.33	0.33	0.33	2.8
11	0.33	0.33	0.33	3.1
12	0.33	0.33	0.33	3.0
13	0.33	0.33	0.33	3.2

เมื่อทำการสร้างไฟล์เพื่อเก็บข้อมูลดิบในชื่อ Snack และใช้คำสั่ง View data set จะปรากฏ หน้าต่างดัง

Figure 8

หากต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามในตัวอย่งนี้คือ Response กับตัวแปรต้น ทั้ง 3 ตัวคือ Flour A, Flour B, และ Flour C สามารถใช้โปรแกรมเสริม R commander ในการวิเคราะห์และสร้างสมการต้นแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำได้โดยคลิกไปที่รายการ Statistics คลิกที่ Fit models จากนั้นคลิกที่ Linear model จะได้อินเตอร์เฟซ Linear Model ดัง Figure 9

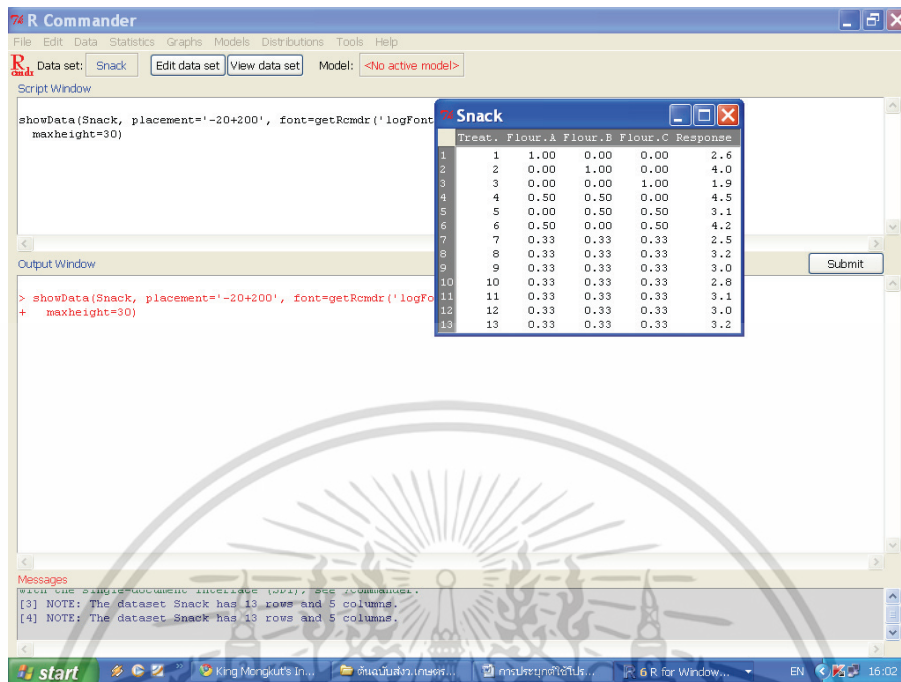


Figure 8 Showing window of “Snack” data (The R foundation for statistical computing, 2009)

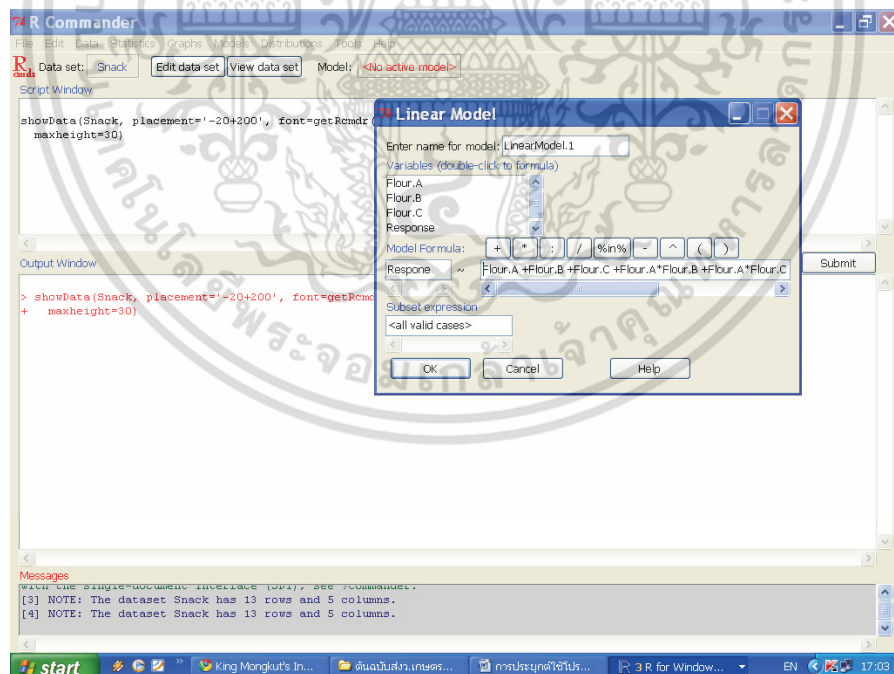


Figure 9 Showing window of linear model(The R foundation for statistical computing, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการสร้างสมการต้นแบบจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรต้นทั้ง 3 ตัว โดยกรอกหรือบันทึกสมการลงในช่อง Model Formula ในกรณีนี้คือ  $Response \sim FlourA + FlourB + FlourC + FlourA*FlourB + FlourA*FlourC + FlourB*FlourC + FlourA^2 + FlourB^2 + FlourC^2$  แล้วทำการกด OK จะได้ผลลัพธ์ในรูปแบบตัวอักษรดังนี้

```
> LinearModel.1 <- lm(Response ~ FlourA + FlourB + FlourC + FlourA*FlourB + FlourA*FlourC + FlourB*FlourC + FlourA^2 + FlourB^2 + FlourC^2, data=Snack)
```

```
> summary(LinearModel.1)
```

Call:

```
lm(formula = Response ~ FlourA + FlourB + FlourC + FlourA * FlourB + FlourA * FlourC + FlourB * FlourC + flourA^2 + FlourB^2 + FlourC^2, data = Snack)
```

ชุดคำสั่งจากการคลิกกรายการย่อย  
 Statistics → Fit models → Linear model  
 และกรอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม  
 และตัวแปรต้นในช่อง Model Formula

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.714e-01	2.341e-19	2.885e-17	2.857e-02	2.286e-01

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-127.105	21.566	-5.894	0.001059 **
Flour.A	129.705	21.537	6.023	0.000946 ***
Flour.B	131.105	21.537	6.088	0.000894 ***
Flour.C	129.005	21.537	5.990	0.000973 ***
Flour.A:Flour.B	4.800	1.224	3.923	0.007776 **
Flour.A:Flour.C	7.800	1.224	6.375	0.000700 ***
Flour.B:Flour.C	0.600	1.224	0.490	0.641290

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2498 on 6 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9387, Adjusted R-squared: 0.8775

F-statistic: 15.33 on 6 and 6 DF, p-value: 0.002092

ผลลัพธ์ที่แสดงในหน้าต่าง Output ของโปรแกรมเสริม R Commander และเมื่อนำค่า Estimate Coefficients มาสร้างเป็นสมการต้นแบบได้ดังนี้  
 $Response = -127.105 + 129.705(Flour\ A) + 131.105(Flour\ B) + 129.005(Flour\ C) + 4.8(Flour\ A * Flour\ B) + 7.8(Flour\ A * Flour\ C) + 0.6(Flour\ B * Flour\ C)$   
 โดยที่มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Squared)= 0.9387  
 หมายความว่าตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้นอย่างมากและมีรูปแบบความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการต้นแบบข้างต้น ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.002092

จากผลการวิเคราะห์เห็นได้ว่า โปรแกรมเสริม R Commander ของโปรแกรม R สามารถช่วยวิเคราะห์ผลและสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ได้จริงและมีประสิทธิภาพเทียบเท่าโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์และมีราคาสูงได้ ถึงแม้ว่าการแสดงผลพืชรูปแบบตัวอักษรนั้นอาจจะไม่สวยงามหรือสะดวกสบายเทียบเท่าโปรแกรมลิขสิทธิ์ แต่นักวิจัยสามารถคัดลอกผลลัพธ์และนำไปสร้างเป็นรายการผลลัพธ์ในรูปแบบอื่นได้ทั้งใน Microsoft word, Microsoft power point หรือ Note pad ตามที่ต้องการและยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อโปรแกรมลิขสิทธิ์มาใช้ได้อีกด้วย

สำหรับในประเทศไทยนั้นได้มีคณาจารย์และนักวิจัยหลายท่านได้มีการใช้โปรแกรม R ในกาวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลในงานด้านต่าง ๆ บ้างแล้ว (ศิริชัย, 2552a; ศิริชัย, 2552b; นราทิพย์, 2552 และชูศักดิ์, 2552) แต่อย่างไรก็ตามการใช้งานโปรแกรม R ในงานด้านพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารนั้นยังไม่มีเผยแพร่เป็นบทความอย่างกว้างขวางมากนัก ผู้เขียนบทความจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความนี้จะช่วยให้ผู้ที่สนใจใช้โปรแกรม R ในกาวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลทางด้านสถิติมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยทางด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งเป็นงานที่ต้องอาศัยกาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและมีการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีการที่ทันสมัยและหลากหลาย นอกจากนั้นการใช้โปรแกรม R ยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากความจำเป็นต้องซื้อโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติแบบมีลิขสิทธิ์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2552. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย “R”. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นราทิพย์ จันสกุล. 2552. แผนแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2552a. สถิติเพื่อการวิจัยด้วยโปรแกรม R เล่ม1 การทดสอบความแตกต่าง. สำนักพิมพ์บริษัท สุพีเรียพรีนติ้งเฮาส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2552b. สถิติเพื่อการวิจัยด้วยโปรแกรม R เล่ม2 การทดสอบความสัมพันธ์. สำนักพิมพ์บริษัท สุพีเรียพรีนติ้งเฮาส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- Fox, John. 2005. The R commander: A basic-statistics graphical user interface to R. J. of statistical software. 14(9): 1 - 42. available: <http://www.jstatsoft.org>.
- Gacula, M.C. and J. Singh. 1984. Statistical Methods in Food and Consumer Research. Academic Press, Lnc., New york. 505 p.
- Hu, Ruguo. 1999. Food Product Design. Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster. PA. 223 p.
- The R foundation for statistical computing. 2009. R version 2.10.1(2009-12-14) available: <http://www.r-project.org>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้