เอกสารอ้างอิง

Anderson, R.J., "Anderson concurrent flow grain dryer", ASAE Tech. paper No:72-846 Am. Soc. Agr. Engr. St Joseph, MI., 1972

Bakker-Arkema, F.W., Brooker, D.B., and Hall, C.W., "Comparative evaluation of cross-flow and concurrent flow grain dryers", ASAE Tech. paper No:72-849 Am. Soc. Engr. St Joseph, MI., 1972

Banghman, G.R., Hamdy, M.Y., and Barre, H.J., "Experimental study and simulation of concurrent flow dryers", Trans. of ASAE : , 890-894, 1973

Boyce, D.A., "Grain moisture and temperature changes with position and time during through drying", Jour. of Agric. Engng. Res. 10 (4), 333, 1865

Brook, R.C., Design of multistage grain dryers., Ph.D Thesis, Michigan State University, MI., 1977

Brook, R.C., Bakker-Arkema, F.W., "Simulation for design of commercial concurrent flow grain dryers", Trans. of ASAE : , 978-981, 1978

Brook, R.C., Bakker-Arkema, F.W., "Concurrent flow drying of food grains", DRYING '80, Volume 2 McGraw-Hill, 263-271, 1980

Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W., and Hall, C.W., Drying cereal grains, The AVI Publishing company. Inc. 3rd printing

Chu, S.T., and Hustrulid, A., "Numerical solution of diffustion equations", Trans. of ASAE :, 705-708, 1968

Converse, J.O., "A commercial cross-flow grain dryer : The Hart-Carter dryer", ASAE Tech. paper No:72-828 Am. Soc. Agr. Engr. St Joseph, MI., 1972

Farmer, D.M., Bakker-Arkema, F.W., deBoer, S.F., and Roth, M.G., "Simulation and optimum design of a commercial concurrent flow grain dryer - The Anderson model.", ASAE Tech. paper No:72-847 Am. Soc.Agr. Engr. St Joseph, MI., 1972

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกในประเทศไทย

ที่	ชื่อพันธุ์	วันเก็บเกี่ยว	ชนิด	ผลผลิต* กก./ไร่	ระยะเมล็ดพักตัว ประมาณ (สัปดาห์)	สีของเมล็ดข้าวเปลือก	เมล็ดข้าวกล้อง (มม.)		
							หนา	กว้าง	ยาว
	ภาคเหนือ								
1	เหมยนอง 62 เอ็ม	20 พ.ย.	เหนียว	539	1	น้ำตาล	2.0	2.9	6.6
2	กข 6	21 พ.ย.	เหนียว	666	7	น้ำตาล	1.8	2.3	7.2
3	กข 10	130 วัน	เหนียว	—	—	ฟาง	1.8	2.3	7.6
4	ขาวดอกมะลิ 105	25 พ.ย.	เจ้า	363	8	ฟาง	1.8	2.1	7.5
5	เหลืองใหญ่ 148	25 พ.ย.	เจ้า	548	6	น้ำตาล	1.8	2 6	7.8
6	เหนียวสันป่าตอง	26 พ.ย.	เหนียว	526	5	น้ำตาล	1.8	2.0	7 2
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ								
1	หางยี 71	4 พ.ย.	เหนียว	506	1	น้ำตาล	1.8	2.1	7.1
2	น้ำสะกุย 19	4 พ.ย.	เจ้า	489	3	ฟาง	2.02	2.55	7.41
3	กข 15	10 พ.ย.	เจ้า	556	—	ฟาง	1.8	2.1	7.5
4	ขาวดอกมะลิ 105	20 พ.ย.	เจ้า	512	8	ฟาง	1.8	2.4	7.6
5	กข 6	21 พ.ย.	เหนียว	666	7	น้ำตาล	1.77	2.28	7.24
6	กข 8	23 พ.ย.	เหนียว	585	3	น้ำตาล	1.8	2.0	7.1
7	กข 10	130 วัน	เหนียว	—	—	ฟาง	1.8	2.3	7.6
8	เหนียวสันป่าตอง	26 พ.ย.	เหนียว	572	5	น้ำตาล	1.8	2 2	7.3
9	ขาวปากหม้อ 148	3 ธ.ค.	เจ้า	415	6	น้ำตาล	1.9	2.3	7.6
	ภาคกลาง								
1	เก้ารวง 88	21 พ.ย.	เจ้า	421	8	ฟางและน้ำตาล	1.7	2.2	7.3
2	นางมลเอส—4	26 พ.ย.	เจ้า	436	5	ฟาง	1.8	2.4	7.7
3	ขาวปากหม้อ 148	3 ธ.ค.	เจ้า	415	6	ฟาง	1.9	2.3	7.6
4	เหลืองประทิว 123	19 ธ.ค.	เจ้า	414	6	น้ำตาล	1.8	2.3	7.6

ที่	ชื่อพันธุ์	วันเก็บเกี่ยว	ชนิด	ผลผลิต* กก./ไร่	ระยะเมล็ดพักตัวประมาณ (สัปดาห์)	สีของเมล็ดข้าวเปลือก	เมล็ดข้าวกล้อง (มม.)		
							หนา	กว้าง	ยาว
	ภาคใต้								
1	พวงไร่ 2	6 ก.พ.	เจ้า	437	4	ฟาง	1.9	2.3	7.5
2	นางพญา 132	16 ก.พ.	เจ้า	486	3	ฟาง	1.7	2.2	7.6
3	เผือกน้ำ 43	22 ก.พ.	เจ้า	450	4	ฟาง	1.7	2.1	7.6
4	กข 13	26 ก.พ.	เจ้า	446	3	น้ำตาล	1.7	2.1	6.9
	พันธุ์ข้าวลูกผสมที่แนะนำให้ปลูกได้ทุกภาค (ในที่ที่มีการชลประทานหรือควบคุมน้ำได้) ตั้งแต่ปี 2522								
1	กข 1	130 วัน	เจ้า	742	3	ฟาง	1.8	2.2	7.0
2	กข 2	130 วัน	เหนียว	766	4	ฟาง	1.9	2.6	7.2
3	กข 3	128 วัน	เจ้า	667	3	น้ำตาล	1.8	2.2	7.2
4	กข 4	127 วัน	เหนียว	573	4	น้ำตาล-เข้ม	1.8	2.4	7.3
5	กข 5	140 วัน	เจ้า	576	6	ฟางด่างจุด	1.8	2.2	7.15
6	กข 7	120-130วัน	เจ้า	672	1	ฟาง	1.8	2.3	7.3
7	กข 9	115-125วัน	เจ้า	657	5	ฟาง	1.8	2.3	7.3
8	กข 11	135 วัน	เจ้า	698	4	ฟาง	1.8	3.36	7.57
9	กข 21	130 วัน	เจ้า	—	4	ฟาง	1.8	2.3	7.3
10	กข 23	130 วัน	เจ้า	—	5	ฟาง	1.8	2.2	7.3
11	กข 25	100 วัน	เจ้า	—	3	ฟาง	1.8	2.3	7.4
12	กข 27	ต้น ธ.ค.	เจ้า	—	—	ฟาง	1.8	2.3	7.5

ที่	ชื่อพันธุ์	วันเก็บเกี่ยว	ชนิด	ผลผลิต* กก./ไร่	ระยะเมล็ดพักตัวประมาณ (สัปดาห์)	สีของเมล็ดข้าวเปลือก	เมล็ดข้าวกล้อง (มม.)		
							หนา	กว้าง	ยาว
	ข้าวขึ้นน้ำ								
1	นางฉลอง	30 พ.ย.	เหนียว	394	7	ฟาง	1.9	2.9	6.2
2	กะเภาแก้ว 161	9 ธ.ค.	เจ้า	350	6	ฟาง	1.7	2.5	7.2
3	เล็บมือนาง 111	19 ธ.ค.	เจ้า	328	6	ฟาง	1.7	2.3	7.1
4	ปิ่นแก้ว 56	29 ธ.ค.	เจ้า	362	4	ฟาง	1.7	2.2	7.4
5	กข 17	140 วัน	เจ้า	645	5–6	ฟาง	1.84	2.3	7.04
6	กข 19	15 ธ.ค.	เจ้า	570	4–5	ฟาง	2.02	2.55	7.41
	ข้าวไร่								
1	ชิวแม่จัน**	15 ต.ค.	เหนียว	456	–	ฟางก้นจุด	1.81	2.24	7.36
2	ดอกพยอม***	130-155 วัน (ปลูกต้น มิ.ย.-ต้น ส.ค.)	เจ้า	247	–	ฟางก้นจุด	1.81	2.18	7.27
3	กู้เมืองหลวง***	135-165 วัน (ปลูกต้น มิ.ย.-ต้น ส.ค.)	เจ้า	238	–	ฟาง	1.99	2.51	8.41

หมายเหตุ * เป็นผลผลิตของแปลงที่ได้รับการดูแลรักษาอย่างดี

** ชิวแม่จันเหมาะสำหรับปลูกเป็นข้าวไร่ทางภาคเหนือ

*** ดอกพยอมและกู้เมืองหลวง เหมาะสำหรับปลูกเป็นพืชแซมยางหรือปลูกเป็นข้าวไร่ ทางภาคใต้

ภาคผนวก ข

โปรแปรมคอมพิวเตอร์การจำลองแบบ

```
C*************************************************************************
C**                                                                     *
C**   ..... MAIN PROGRAM USE TO SIMULATION OF .....                    *
C**                  CONCURRENT FLOW RICE DRYER                         *
C**                                                                     *
C**               By Mr. Jirawat Choomalaiwong.                         *
C**                  Meachnical  Engineering                            *
C**                Chulalongkorn  University                            *
C**                                                                     *
C*************************************************************************
      PROGRAM DRYING
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      REAL*8 T
      CHARACTER*8 CHA
      CHARACTER*12 FNAME
      CHARACTER*1 CHA2
      COMMON /MAIN/XMOB,CMMA,GVEL,MZ,MMM,DELTAX,XDEPTH,XBB,TI
      COMMON /CONST /CON1,CON2,CON3,CON4,CON5,CON6,GA
      COMMON /PRPRTY/SA,CA,CP,CV,CW,RHOP,HFG,WHUMI,RH,XME
      COMMON CHA
      COMMON /RUNG/F(4),Y(50),PHI(4),SAVEY(4),M,KRUNGE,LMN,W3
      DIMENSION XMOM(6),TGINM(6),XLENGM(6),XTEMPM(6)
      PF(T)=T+273.15
  444 WRITE(*,'(A▒)') '  Input File Name ( *.prn)  '
      READ(*,999) FNAME
  999 FORMAT (A12)
```

```
      OPEN (3,FILE=FNAME,STATUS='NEW')
C
C     INPUT INFORMATION
         IN=1
         NS=Ø
         NT=Ø
         WA=Ø.Ø
         WAT=Ø.Ø
         EN=Ø.Ø
         ENER=Ø.Ø
      WRITE(*,15)
   15 FORMAT(2ØX,'SIMULATION OF CONCURRENT FLOW RICE DRYER')
      WRITE(*,*)
      WRITE(*,*)
      WRITE(*,'(A▒)') '                                    EXPERIMENT NO.? '
      READ(*,2Ø) INN
   2Ø FORMAT(I2)
C
C**   .......Input information for drying condition........
C
      WRITE(*,*) '       ROUGH RICE TYPE:'
      WRITE(*,*) '         ( 1 - Long grain , 2 - Medium grain , 3 - Shor
     $t grain )'
      WRITE(*,'(A▒)')'          Rough Rice Type ==> '
      READ(*,25)MZ
   25 FORMAT(I1)
      WRITE(*,*)
C
      WRITE(*,*) '       CONCURRENT FLOW DRYER:'
      WRITE(*,*) '         How many stage for Drying?'
      WRITE(*,'(A▒)')'                    ( 1,2,3,...6 )       ==> '
```

```
      READ(*,25) NSTAGE
      WRITE(*,*) '         Length of Drying in each Stage'
       DO 30 I=1,NSTAGE
         NS=NS+1
      WRITE(*,100)NS
100   FORMAT(10X,' Stage ',I1)
      WRITE(*,'(A▒)')'            Length of Depth (m) = '
      READ(*,110)XLENGM(I)
110   FORMAT(F5.2)
 30   CONTINUE
      WRITE(*,*)
      WRITE(*,'(A▒)')'          Is Tempering desireable(Yes=1,No=2) ==> '
      READ(*,25)NOT
      IF(NOT.EQ.2) GO TO 40
      WRITE(*,*) '         How many stage for Tempering?'
      WRITE(*,'(A▒)')'                    ( 1,2,3,...6)       ==> '
      READ(*,25)NTEMP
      WRITE(*,*) '         Length of Tempering in each section'
       DO 35 I=1,NTEMP
         NT=NT+1
      WRITE(*,115)NT
115   FORMAT(10X,' Section ',I1)
      WRITE(*,'(A▒)')'            Length of Depth (m) = '
      READ(*,110)XTEMPM(I)
 35   CONTINUE
 40   WRITE(*,120)
120   FORMAT(//,8X,'Enviromental conditions:',/)
      WRITE(*,'(A▒)')'          Ambient Temperature (C) = '
      READ(*,130)TAMB
130   FORMAT(F8.2)
      WRITE(*,'(A▒)')'          Relative Humidity (%)   = '
```

```
      READ(*,130)RHINN
      WRITE(*,140)
  140 FORMAT(/,8X,'Grain condition:',/)
      WRITE(*,'(A▒)')'          Initial moisture content (% w.b.)     = '
      READ(*,130)XMOM(IN)
      PMW=XMOM(IN)
      XMOM(IN)=PMW/(100.-PMW)
      WRITE(*,'(A▒)')'          Initial grain Temperature (C)         = '
      READ(*,130)TGINM(IN)
      WRITE(*,'(A▒)')'          Grain flow rate   ( cu.M/sq.M - hr.) = '
      READ(*,130)GVEL
      WRITE(*,'(A▒)')'          Desigh final moisture content(% w.b>)= '
      READ(*,130)XMF
      XMF=XMF/(100.-XMF)
      LLL=0
C**
   50 WRITE(*,*)
      WRITE(*,145)IN
  145 FORMAT(2X,'DRYING STAGE ',I1,/,2X,'***************',/)
      WRITE(*,150)
  150 FORMAT(/,8X,'Air condition:',/)
      WRITE(*,'(A▒)')'          Inlet Heated air Temperaute (C)      = '
      READ(*,130)TAIR
      WRITE(*,'(A▒)')'          Air flow rate (cu.M/sq.M - min)      = '
      READ(*,130)CMMA
      IF(LLL.EQ.1) GO TO 51
      WRITE(*,152)
  152 FORMAT(/,8X,'THIN-LAYER EQUATION :',/
     $,10X,'1 - Diffusion model, 2 - Page model',/
     $,10X,'3 - Crank model,     4 - Thompson model ')
      WRITE(*,'(A▒)')'          Your choice ==> '
```

```
      READ(*,*)MMM
C**
C**                clear screen
C**
   51    CALL CLS
         CV=1.8688D0
         CW=4.1528D0
      IF(MZ-2) 55,56,57
   55 SA=2437.D0
         GO TO 60
   56 SA=2361.D0
         GO TO 60
   57 SA=2054.D0
C*****   calculate the ABSOLUTE HUMIDITY value at ambient temp.
   60    WHUMID=W(PF(TAMB),RHINN)
      RHOAIR=ROAIR(PF(TAMB),WHUMID)
      GAA=60.*CMMA*RHOAIR
C******
      WHUMI=WHUMID
      XMO=XMOM(IN)
      TGIN=TGINM(IN)
      RHC=.99999
C******
C******                    set initial condition
      TMAX=0.0
      XTMAX=0.0
      IEXIT=0
      KRUNGE=0
      LL=0
      LLLL=0
      LMN=0
```

```
      M=0
      WATER=0.0
      PHI(1)=0.0
      PHI(2)=0.0
      Y(1)=TAIR
      Y(2)=TGIN
      Y(3)=WHUMI
      Y(4)=XMO
      XDEPTH=0.0
      DELTAX=0.001
      XLENG=XLENGM(IN)
      XTEMP=XTEMPM(IN)
C*****
C*****
      IF(LLL.EQ.1) GO TO 62
      WRITE(3,15)
      WRITE(3,720)INN
  720 FORMAT(30X,'EXPERIMENT NO ',I2)
   62   WRITE(3,145)IN
      WRITE(3,*)'    ROUGH RICE TYPE:'
      IF(MZ.EQ.1)WRITE(3,*) '                    LONG GRAIN'
      IF(MZ.EQ.2)WRITE(3,*) '                    MEDIUM GRAIN'
      IF(MZ.EQ.3)WRITE(3,*) '                    SHORT GRAIN'
      WRITE(3,*)
      WRITE(3,725)
  725 FORMAT(2X,'INITIAL CONDITION IN THIS STAGE',/)
      WRITE(3,710)GAA
  710 FORMAT(4X,'AIR FLOW RATE AT AMB.CONDITON (kg/hr-sq.m) = ',F14.4)
      WRITE(3,730) Y(1),Y(3),Y(2),Y(4)
  730 FORMAT(4X,'AT THIS STAGE INLET HEATED AIR TEMP. = ',F10.2,/,
     $       4X,'                    HUMIDITY RATIO   = ',F14.8,/,
```

```
     $       4X,'AT THIS STAGE INLET GRAIN TEMP.      = ',F10.2,/,
     $       4X,'                        MOISTURE CONT.   = ',F10.8,/)
      IF(LLL.EQ.1) GO TO 70
      IF(MMM.EQ.1)WRITE(3,731)
      IF(MMM.EQ.2)WRITE(3,732)
      IF(MMM.EQ.3)WRITE(3,733)
      IF(MMM.EQ.4)WRITE(3,734)
 731  FORMAT(4X,'Thin-layer Eq.use Diffusion model.')
 732  FORMAT(4X,'Thin-layer Eq.use Page model.')
 733  FORMAT(4X,'Thin-layer Eq.use Crank model.')
 734  FORMAT(4X,'Thin-layer Eq.use Thompson model.')
C******
C**
  70     DO 85 I=1,10
         RHIN=RHAIR(PF(Y(1)),Y(3))
           RH=RHIN/100.
         IF(RH.GE.1.) RH=RHC
C*****   find the NEW value of RELATIVE HUMID. at heated air temp(TAIR)
         RHOAIR=ROAIR(PF(Y(1)),Y(3))
          GA=60.*CMMA*RHOAIR
          IF(LLLL.EQ.1)GO TO 71
          GAT=60.*CMMA*RHOAIR
C**          CA=1.005+1.82*Y(3)
  71             CA=1.005D0
         IF(MZ-2)72,73,74
  72       HC=0.672*GA**.4899
           GO TO 75
  73       HC=1.7E-05*GA**2.023
           GO TO 75
  74       HC=0.00718*GA**1.2997
C*****
```

```
C******      calculate EMC value for rough rice
C*****
  75         XME=EMC(RH,PF(Y(1)))
C*****
C*****       Find Heat vaporization of Rough Rice
C*****
        IF(Y(2).LT.40) THEN
           H1=1626.246
           H2=1.54597
           C1=-.3162
        ELSE
           H1=1862.455
           H2=1.7575
           C1=-.21304
        ENDIF
          TC=Y(2)
          HFG=(H1-H2*TC)*(Y(4)**C1)
C*****
C*****            Y(4) - moisture content d.b.(decimal)
C*****            cross section area of bin dryer = 0.1 sq.m
C*****
           PMW=(Y(4)/(Y(4)+1.))*100.
           IF(MZ-2)76,77,78
   76      RHOP=519.4+5.29*PMW
            GO TO 79
   77      RHOP=499.7+8.33*PMW
            GO TO 79
   78      RHOP=583.6+4.27*PMW
            GO TO 79
C
C     ........        RHOP=554.35
```

```
   79         GP=GVEL*RHOP
              IF(LLLL.EQ.1) GO TO 80
              GPG=GVEL*RHOP
   80        IF(MZ-2) 81,82,83
   81        CP=1.20953+0.0448*PMW
              GO TO 84
   82        CP=0.92145+0.05447*PMW
              GO TO 84
   83        CP=1.26947+0.03488*PMW
C
C*****
C*****      GP-kg/hr-sq.m , RHOP-kg/cu.m , GVEL-m/hr.
C*****
   84     IF(LLL.EQ.1) GO TO 112
          WRITE(3,735)GA,GP
  735     FORMAT(4X,'HEATED AIR FLOW RATE (kg/hr.sq.m) = ',F9.2,/,
     $           4X,'ROUGH RICE FLOW RATE (kg/hr.sq.m) = ',F9.2)
C**  ..... calculation the constant value use in derivative function
C**
  112   CON1=GA*CA
        CON2=GA*CV
        CON3=HC*SA
        CON4=GP*CP
        CON5=GP*CW
        CON6=GP/GA
        CON7=GA*HFG
C**
C**   ........ call on The fourth-order RUNG-KUTTA FUNCTION.....
C**
C
  333         CALL RUNGE
```

```
C**  .... values Y(N) and F(N) assign to memory in COMMON statement
C**  .. whenever KRUNGE=1, compute derivative values by call subroutine
C**  .. DERFUN
C**
      IF (KRUNGE.NE.1) GO TO 555
         CALL DERFUN
         GO TO 333
C**
C**   ......Subroutine RUNGE computed new value assign to Y(1) and Y(2)
C**    ,and subroutine DERFUN computed new value of Y(3) assign to W3,
C**    and compute F(1),F(2) and F(3).If KRUNGE=1 go to 333 use RUNGE-
C**    KUTTA method compute new value for i+1 step size,KRUNGE=Ø go to
C**    555 find the value of water remove in this layer.
C**
C**   ........ find water remove in this layer
C**
 555    DELT=DELTAX/GVEL
         DWATER=(Y(4)-XBB)
        WATER=WATER+DWATER
           XMOB=Y(4)
           Y(4)=XBB
           Y(3)=W3
C*****
C*****
C*****       check Tgrain > TMAX
C*****
      IF(Y(2).GT.TMAX) XTMAX=XDEPTH
      IF(Y(2).GT.TMAX) TMAX=Y(2)
        LLL=1
        LLLL=1
  85  CONTINUE
```

```
C
      IF(XDEPTH-XLENG) 6,6,7
    6 IF(Y(4)-XMF) 7,7,8
    7 IEXIT=1
    8 ETIME=XDEPTH/GVEL
C**
      IF(LL.EQ.1) GO TO 86
      WRITE(3,810)
  810 FORMAT(1X,' DEPTH   TIME    TAIR    AB.HUMID.   RE.HUMID.   TGRAIN
     $  MOISTURE    WATER ')
   86 WRITE(3,820) XDEPTH,ETIME,Y(1),Y(3),RH,Y(2),Y(4),WATER
  820 FORMAT(1X,F5.3,F9.5,1X,F7.2,1X,F10.8,2X,F10.8,1X,F7.2,2X,
     $ F10.8,1X,F11.8)
        LL=1
C**
C**   ..... if exit signal (IEXIT =1)had found programe will change
C**           stage of drying section ........
C**
         IF(IEXIT-1) 70,87,70
C**
C**   .......     continue
   87 EAIR=GAT*(CA+CV*WHUMI)*(TAIR-TAMB)/GP
      ENERGY=EAIR
      IF(WATER.EQ.0.) GO TO 88
      BTUH2O=ENERGY/WATER
   88 WRITE(3,830) TMAX,XTMAX
  830 FORMAT(/,2X,' MAXIMUN GRAIN TEMP.    = ',F6.2,2X,'DEG.C',/
     $,2X,' AT DEPTH X              = ',F10.5,2X,'  m.')
      WRITE(3,840) ENERGY,WATER,BTUH2O
  840 FORMAT(//,2X,'ENERGY IN PUT,kJ.            ',/,
     $          ,2X,'       HEATED AIR           ',1X,F20.9,2X,'kJ',/
```

```
     $          ,2X,'******************',//
     $          ,2X,'WATER REMOVED,kg              ',1X,F20.9,//
     $          ,2X,'******************',//
     $          ,2X,'kJ/kg H2O                     ',1X,F20.9)
C**
C**   ..... if drying completed NSTAGE programe will be terminate..
C**
        EN=EN+ENERGY
        WA=WA+WATER
        IF(IN.EQ.NSTAGE) GO TO 222
          IN=IN+1
          XMOM(IN)=Y(4)
          TGINM(IN)=Y(2)
        GO TO 50
C
 222    WAT=WA
        ENER=EN
       IF(WAT.EQ.0.) GO TO 89
        BTUH2O=ENER/WAT
  89   WRITE(3,850)
 850   FORMAT(/,80('*'))
       WRITE(3,860)
 860   FORMAT(/,30X,'***TOTAL DRYER PERFORMANCE***')
       WRITE(3,870) ENER
 870   FORMAT(/,5X,'TOTAL ENERGY REQUIREMENT      ',1X,F20.9,2X,'kJ')
       WRITE(3,890) WAT
 890   FORMAT(/,5X,'TOTAL AMOUNT OF WATER REMOVED',1X,F20.9,2X,'kg')
       WRITE(3,900)BTUH2O
 900   FORMAT(/,5X,'kJ/kg H2O                     ',1X,F20.9)
       WRITE(3,850)
       CALL CLS
```

```
      WRITE(*,*)       '   Do you want to simulate NEW EXPERIMENT ?'
      WRITE(*,'(A▒)') '                (Y/N) '
      READ(*,990) CHA2
  990 FORMAT(A1)
      IF(CHA2.EQ.'Y'.OR.CHA2.EQ.'y') GO TO 444
      STOP
      END
C*************************************************************************
      SUBROUTINE RUNGE
C**   ....... THE FUNCTION RUNGE EMPLOYS THE FOURTH-ORDER RUNGE-KUTTA
C**   ....... METHOD WITH KUTTA'S COEFFICIENTS TO INTEGRATE A SYSTEM
C**   ....... OF N SIMULATANEOUS FIRST ORDER ORDINARY DIFFERENTIAL EQ.
C**
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      REAL*8 Y,F,X,H
      COMMON /MAIN/XMOB,CMMA,GVEL,MZ,MMM,DELTAX,XDEPTH,XBB,TI
      COMMON /RUNG/F(4),Y(50),PHI(4),SAVEY(4),M,KRUNGE,LMN,W3
C**
         N=2
         M=M+1
      GO TO  (1,2,3,4,5),M
C**
C**   ....... PASS 1 .......
    1 KRUNGE=1
        RETURN
C**
C**   ....... PASS 2 .......
    2 DO 22 J=1,N
        SAVEY(J)=Y(J)
        PHI(J)=F(J)
   22 Y(J)=SAVEY(J)+0.5*DELTAX*F(J)
```

```
      XDEPTH=XDEPTH+Ø.5*DELTAX
        LMN=1
      KRUNGE=1
        RETURN
C**
C**   ..... PASS 3 .....
   3  DO 33 J=1,N
        PHI(J)=PHI(J)+2.Ø*F(J)
  33  Y(J)=SAVEY(J)+Ø.5*DELTAX*F(J)
        LMN=Ø
      KRUNGE=1
        RETURN
C**
C**   ..... PASS 4 .....
   4  DO 44 J=1,N
        PHI(J)=PHI(J)+2.Ø*F(J)
  44  Y(J)=SAVEY(J)+DELTAX*F(J)
        XDEPTH=XDEPTH+Ø.5*DELTAX
        LMN=2
      KRUNGE=1
        RETURN
C**
C**   ..... PASS 5 .....
   5  DO 55 J=1,N
  55  Y(J)=SAVEY(J)+(PHI(J)+F(J))*DELTAX/6.Ø
       M=Ø
       LMN=Ø
      KRUNGE=Ø
        RETURN
C**
      END
```

```
C******
C*************************************************************************
C******                          SUBROUTINE DERFUN
C******
C******
      SUBROUTINE DERFUN
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      CHARACTER*8 CHA
      COMMON /MAIN/XMOB,CMMA,GVEL,MZ,MMM,DELTAX,XDEPTH,XBB,TI
      COMMON /CONST /CON1,CON2,CON3,CON4,CON5,CON6,GA
      COMMON /PRPRTY/SA,CA,CP,CV,CW,RHOP,HFG,WHUMI,RH,XME
      COMMON CHA
      COMMON /RUNG/F(4),Y(50),PHI(4),SAVEY(4),M,KRUNGE,LMN,W3
      CALL DIFEQ
      F(3)=-CON6*F(4)
        IF(LMN-1)1,2,3
1      W3=Y(3)
       GO TO 4
2      W3=-CON6*(XBB+Y(4))/2.+Y(3)+CON6*Y(4)
       GO TO 4
3      W3=-CON6*XBB+Y(3)+CON6*Y(4)
4     F(1)=-CON3/(CON1+CON2*W3)*(Y(1)-Y(2))
      F(2)=(CON3*(Y(1)-Y(2))-(HFG+CV*(Y(1)-Y(2)))*GA*F(3))
     $ /(CON4+CON5*Y(4))
      RETURN
      END
C*************************************************************************
```

```
C******
C******                SUBROUTINE  DIFERENTIAL EQ.
C******
C******
      SUBROUTINE DIFEQ
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      CHARACTER*8 CHA
      COMMON /MAIN/XMOB,CMMA,GVEL,MZ,MMM,DELTAX,XDEPTH,XBB,TI
      COMMON /CONST /CON1,CON2,CON3,CON4,CON5,CON6,GA
      COMMON /PRPRTY/SA,CA,CP,CV,CW,RHOP,HFG,WHUMI,RH,XME
      COMMON CHA
      COMMON /RUNG/F(4),Y(50),PHI(4),SAVEY(4),M,KRUNGE,LMN,W3
C******
        XGVEL=GVEL/60.
        DELT=DELTAX/XGVEL
      IF(Y(3).LT..1E-15) GO TO 3
      RH=RHAIR(Y(1)+273.15,Y(3))/100.
      IF(RH.GE.1.0) GO TO 4
      XME=EMC(RH,Y(1)+273.15)
      XMR=(Y(4)-XME)/(XMOB-XME)
        IF(XMR)2,1,1
    1 IF(MMM.EQ.1) GO TO 511
      IF(MMM.EQ.2) GO TO 512
      IF(MMM.EQ.3) GO TO 513
      IF(MMM.EQ.4) GO TO 514
  511  TI=DELT
       IF(TI.LE.0.0) GO TO 909
       AA=0.96-0.00008826*Y(1)+0.02324*RH
       BB=0.002814+0.0001267*Y(1)-0.003620*RH
       F(4)=-((Y(4)-XME)/XGVEL)*AA*BB*DEXP(-BB*TI)
       XBB=XME+(Y(4)-XME)*AA*DEXP(-BB*TI)
```

```
      RETURN
C
C
 512  TI=DELT
      IF(TI.LE.0.0) GO TO 909
      A=0.01579+0.0001746*Y(1)-0.01413*RH
      B=0.6545+0.002425*Y(1)+0.07867*RH
      F(4)=-((Y(4)-XME)/XGVEL)*A*B*(TI**(B-1.))*DEXP(-A*(TI**B))
      XBB=XME+(Y(4)-XME)*DEXP(-A*(TI**B))
      RETURN
C
C
C
 513  TI=DELT
      IF(TI.LE.0.0) GO TO 909
      PI=3.1415926D0
      TABSU=Y(1)+273.15
      DC=.00983*DEXP(-4151./TABSU)
      R=0.18
      AW=6./PI**2
      BW=PI**2.*DC/R**2.
      F(4)=-((Y(4)-XME)/XGVEL)*AW*BW*DEXP(-BW*TI)
      XBB=XME+(Y(4)-XME)*AW*DEXP(-BW*TI)
      RETURN
C
C
C
 514 TI=DELT
      IF(TI.LE.0.0) GO TO 909
      A=-0.001308*(Y(1)**0.4687)*(RH**(-0.3187))
      B=0.00006625*(Y(1)**0.03408)*(RH**(-0.4842))
```

```
      F(4)=-((Y(4)-XME)/XGVEL)*(A+2.*B*TI)
      XBB=XME+(Y(4)-XME)*(1.+A*TI+B*TI**2.)
      RETURN
C
 909  F(4)=0.0
      Y(4)=XMO
      RETURN
   2  Y(11)=XDEPTH
      CHA=MO  RA
      XMR=XMR*(-1.0)
      GO TO 1
   3  Y(11)=XDEPTH
      CHA=AB  HU
      Y(4)=.1E-15
      XMR=Y(4)/XMO
      XME=0.0
      GO TO 1
   4  Y(11)=XDEPTH
      CHA=RE  HU
      RH=.999999
      XME=Y(4)
      XMR=.1E-6
      GO TO 1
      END
C*******************************************************************************
C*******
C*******     SUBPROGRAM TO DETERMINE THE ABSOLUTE HUMIDITY
C*******
C*******
      FUNCTION W(TS,RHS)
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
```

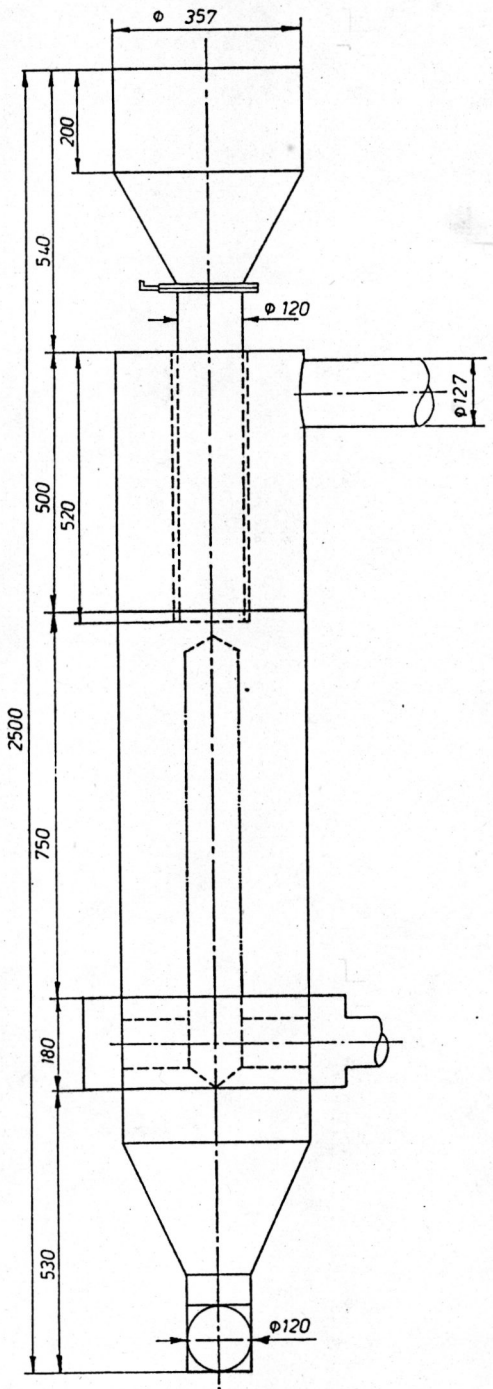
```
      DATA C1,C2 /-5674.5359D0,6.3925247D0/
      DATA C3,C4 /-0.9677843D-02,0.62215701D-06/
      DATA C5,C6 /0.20747825D-08,0.9484024D-12/
      DATA C7,P /4.1635019D0,101325.D0/
      DATA C8,C9 /-5800.2206D0,1.3914993D0/
      DATA C10,C11 /-0.04860239D0,0.41764768D-04/
      DATA C12,C13 /-0.14452093D-07,6.5459673D0/
      TK=TS
      RH=RHS/100.D0
      IF(TK.LT.273.15) THEN
       PWS=DEXP(C1/TK+C2+C3*TK+C4*TK**2+C5*TK**3+C6*TK**4+C7*DLOG(TK))
      ELSE
       PWS=DEXP(C8/TK+C9+C10*TK+C11*TK**2+C12*TK**3+C13*DLOG(TK))
      ENDIF
       W=0.62198D0*RH*PWS/(P-(RH*PWS))
      RETURN
      END
C*************************************************************************
      FUNCTION RHAIR(TS,WO)
C**
C**   ........ FUNCTION PROGRAME TO DETERMINE RELATIVE HUMIDITY OF AIR
C**     TS - dry bulb temperatur of air ( K )
c**     WO - humidity ratio (kg/kg)
C**
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      DATA C1,C2 /-5674.5359D0,6.3925247D0/
      DATA C3,C4 /-0.9677843D-02,0.62215701D-06/
      DATA C5,C6 /0.20747825D-08,0.9484024D-12/
      DATA C7,P /4.1635019D0,101325.D0/
      DATA C8,C9 /-5800.2206D0,1.3914993D0/
      DATA C10,C11 /-0.04860239D0,0.41764768D-04/
```

```
      DATA C12,C13 /-0.14452093D-07,6.5459673D0/
      TK=TS
      IF(TK.LT.273.15) THEN
       PWS=DEXP(C1/TK+C2+C3*TK+C4*TK**2+C5*TK**3+C6*TK**4+C7*DLOG(TK))
      ELSE
       PWS=DEXP(C8/TK+C9+C10*TK+C11*TK**2+C12*TK**3+C13*DLOG(TK))
      ENDIF
       RHAIR=(WO*P/((0.62198D0+WO)*PWS))*100.D0
      RETURN
      END
C*************************************************************************
C******      SUBPROGRAM TO DETERMINE THE DENSITY OF AIR
C******
      FUNCTION ROAIR(TK,WO)
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      DATA RA,P /287.05518,101325./
      ROAIR=(P/(RA*TK*(1.+1.6078*WO)))*(1.+WO)
      RETURN
      END
C*****
C*************************************************************************
      FUNCTION EMC(RH,TK)
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
C*****
C*****     DESCRIPTION
C*****        FUNCTION TO COMPUTE EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT OF RICE
C***** FROM RELATIVE HUMIDITY AND RICE FEMPERATURE.
C*****
C*****
      IF (RH.GE.0.99)  RH=0.9999999
      IF (TK.LT.313.15) THEN
```

```
      G1=2.667E-07
      G2=-23.438
      G3=4.0E05
      G4=-2.1166
     ELSE
      G1=1.7986E-03
      G2=-10.177861
      G3=451.685
      G4=-0.93837
     ENDIF
     TCC=647.1
     B1=(1./(G3*TK**G4))
     B2=((1.-(TK/TCC))**G2)
     EMC= ((-DLOG(1.-RH)*TK/(B2*G1))**B1)/100.
     RETURN
     END
C*************************************************************************
     SUBROUTINE CLS
C**
C**                 subroutine for clear screen
C**
     DO 10 I=1,25
     WRITE(*,*)
  10 CONTINUE
     RETURN
     END
C*************************************************************************
```

ภาคผนวก ค.

แบบเครื่องทดลอง



ประวัติผู้เขียน

นาย จิระวัฒน์ ชูมาลัยวงศ์ เกิดวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2501 ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2525