

## บทที่ 5

### ผลการทดลอง

ข้อมูลการทดสอบสมบัติทางกายภาพกระดาษของกล่องไม้เคลือบก่อนเติมแป้งประจุบวก แสดงในตารางที่ 5.1

ข้อมูลการวิเคราะห์ตัวแปรในระบบเวท-เอนด์ของเยื่อชั้นบน แสดงในตารางที่ 5.2

ข้อมูลการทำแผ่นทดสอบเพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ และวิเคราะห์การตกค้างของแป้งประจุบวก แสดงในตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4

ข้อมูลการทำแผ่นทดสอบเปรียบเทียบผลเนื่องจากการบดเยื่อ แสดงไว้ในตารางที่ 5.5 และ ตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.1 : สรุปผลการทดสอบคุณภาพการดักกรองไม่เคลือบ

| น้ำหนักมาตรฐาน<br>กรัมต่อตารางเมตร | น้ำหนักกระดาษ<br>กรัมต่อตารางเมตร | ความต้านทานแรงดึง |          |      | ความสามารถในการทรงรูป<br>กรัม | ความยืดตัว     |                |                | ความหนา<br>มิลลิเมตร |                |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------|------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|
|                                    |                                   | ทิศทางตรงแนว      |          | %    |                               | แนวขวางเครื่อง | แนวขวางเครื่อง | แนวขวางเครื่อง |                      |                |
|                                    |                                   | ด้านบน            | ด้านล่าง |      |                               |                |                |                |                      | แนวขวางเครื่อง |
| 230                                | 233.83                            | 4.90              | 5.18     | 5.04 | 9.87                          | 9654.35        | 5183.60        | 2.60           | 4.34                 | 0.2553         |
| 250                                | 251.10                            | 5.22              | 5.32     | 5.27 | 11.47                         | 10614.42       | 5404.00        | 2.45           | 4.37                 | 0.2845         |
| 270                                | 269.72                            | 4.86              | 4.95     | 4.91 | 16.33                         | 10137.00       | 5504.59        | 2.25           | 4.25                 | 0.3223         |
| 290                                | 297.15                            | 5.53              | 5.76     | 5.65 | 23.53                         | 11935.50       | 6402.01        | 2.49           | 3.94                 | 0.3689         |
| 310                                | 316.23                            | 5.27              | 5.40     | 5.33 | 24.03                         | 10968.89       | 5953.36        | 2.09           | 3.97                 | 0.3774         |
| 350                                | 356.93                            | 6.05              | 6.66     | 6.36 | 37.20                         | 12898.70       | 6659.03        | 2.26           | 4.46                 | 0.4594         |
| 400                                | 406.79                            | 6.56              | 7.03     | 6.79 | 41.63                         | 14284.01       | 8874.70        | 2.30           | 4.61                 | 0.5435         |
| 450                                | 458.86                            | 6.98              | 7.72     | 7.35 | 56.53                         | 16921.93       | 9395.36        | 1.90           | 4.49                 | 0.5909         |
| 500                                | 506.53                            | 7.19              | 8.01     | 7.60 | 78.50                         | 18259.87       | 9832.09        | 2.19           | 4.19                 | 0.6566         |

ตารางที่ 5.2 : ผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรในระบอบเวท-แอนด์

| ตัวแปร   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6     | 7    | 8    | 9     | 10   | 11*** | 12*** | 13*** | เฉลี่ย |
|--|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| ปริมาณของแข็งทั้งหมด(อบที่ 130 องศาเซลเซียส) มก/กก | 4686 | 4741 | 5603 | 4555 | 5541 | 4855  | 4164 | 4011 | 3729  | 4341 | 5742  | 7252  | 5579  | 5000   |
| ปริมาณของแข็งที่กรองได้                            | 3685 | 3657 | 4727 | 3600 | 4347 | 3755  | 3057 | 2905 | 2724  | 3290 | 4876  | 6043  | 4436  | 3931   |
| ปริมาณของแข็งละลาย                                 | 1001 | 1082 | 1076 | 955  | 1195 | 1100  | 1107 | 1106 | 1005  | 1051 | 866   | 1209  | 1143  | 1069   |
| ความเป็นกรดต่าง                                    | 6.4  | 4.6  | 6.8  | 6.8  | 6.5  | 6.7   | 6.6  | 6.7  | 6.6   | 6.9  | 7.2   | 7.0   | 7.4   | 6.6    |
| ความหนืดไฟฟ้าเฉพาะ                                 | 968  | 1129 | 1110 | 1179 | 1447 | 1388  | 1294 | 1332 | 1184  | 1200 | 1127  | 1442  | 1388  | 1245   |
| ค่าดัชนีต้า  | -5.5 | -8.1 | -5.7 | -7.7 | -9.4 | -10.0 | -8.9 | -9.2 | -10.2 | -9.4 | -15.7 | -14.3 | -14.5 | -9.9   |
| ความต้องการปริมาณ                                  | 6    | -    | 9    | 10   | 8    | 12    | 11   | 12   | 13    | 9    | 14    | 11    | 10    | 10     |
| ความต้องการปริมาณ                                  |      |      |      |      |      |       |      |      |       |      |       |       |       |        |
| เส้นใยขนาดใหญ่มากกว่า 75 ไมครอน                    | 2527 | 2396 | 3305 | 2473 | 3104 | 2682  | 2080 | 1737 | 1786  | 2201 | 3138  | 4349  | 3114  | 2684   |
| เส้นใยขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน                       | 916  | 922  | 1141 | 915  | 995  | 852   | 761  | 909  | 735   | 816  | 1226  | 1140  | 908   | 941    |
| ฟิลเลอร์ขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน                     | 242  | 342  | 281  | 212  | 248  | 221   | 216  | 259  | 203   | 272  | 512   | 554   | 414   | 306    |
| เกลือ  | 843  | 962  | 903  | 785  | 970  | 923   | 970  | 913  | 778   | 912  | 689   | 927   | 938   | 887    |
| คอลลอยด์   | -    | -    | -    | -    | -    | -     | 88   | 134  | 170   | 102  | 150   | 225   | 167   | 148    |
| ประจุลึงเนียม                                      | 71   | 88   | 65   | 59   | 82   | 187   | 71   | 59   | 83    | 96   | 172   | 137   | 135   | 100    |
| ประจุลึงเนียมเชิงซ้อน                              | 69   | 76   | 63   | 57   | 80   | 183   | 68   | 57   | 80    | 89   | 164   | 131   | 130   | 96     |
| แป้ง   | -    | -    | -    | -    | -    | -     | 165  | 174  | 155   | 149  | 72    | 159   | 118   | 142    |
| แป้งเชิงซ้อน                                       | -    | -    | -    | -    | -    | -     | 125  | 125  | 101   | 116  | 46    | 104   | 82    | 100    |
| เกลืออิสระ   | -    | -    | -    | -    | -    | -     | 9    | 10   | 3     | 4    | 1     | 2     | 2     | 4      |

หมายเหตุ \* ไม่ได้วัดตัวอย่างที่ 2

\*\* ไม่ได้วัดตัวอย่างที่ 1 ถึง 5 เพราะไม่มีสารเคมี

\*\*\* ตัวอย่างที่ 11 ถึง 13 เป็นค่าการกระจาย 100 %

ตารางที่ 5.3 : การตกค้างของแป้งประจุบวก

| ตัวอย่างที่ | ระดับการแทนที่ประจุ<br>ของแป้งประจุบวก | เยื่อ | ปริมาณแป้งประจุบวกที่เติม |             | ปริมาณแป้งบนเส้นใย | แป้งประจุบวกตกค้าง |       |
|-------------|--|-------|---------------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------|
|             |  | กรัม  | กรัม                      | มก./ก.เยื่อ | มก./ก.เยื่อ***     | มก./ก.เยื่อ        | %     |
| 1           | -                                      | -     | 0.000                     | 0.00        | 10.45*             | 0.00               | 0.00  |
| 2           | 0.018                                  | 28.64 | 0.072                     | 2.51        | 13.06              | 2.61               | 100** |
| 3           | 0.018                                  | 29.34 | 0.144                     | 4.91        | 15.46              | 5.01               | 100** |
| 4           | 0.018                                  | 29.86 | 0.216                     | 7.23        | 17.01              | 6.56               | 90.73 |
| 5           | 0.018                                  | 27.79 | 0.288                     | 10.36       | 18.88              | 8.43               | 81.37 |
| 6           | 0.018                                  | 30.16 | 0.360                     | 11.94       | 19.24              | 8.79               | 73.62 |
| 7           | 0.033-0.039                            | 29.82 | 0.072                     | 2.41        | 12.53              | 2.08               | 86.31 |
| 8           | 0.033-0.039                            | 30.08 | 0.144                     | 4.79        | 14.14              | 3.69               | 77.04 |
| 9           | 0.033-0.039                            | 30.82 | 0.216                     | 7.01        | 15.74              | 5.29               | 75.46 |
| 10          | 0.033-0.039                            | 35.03 | 0.288                     | 8.22        | 17.86              | 7.41               | 90.15 |
| 11          | 0.033-0.039                            | 29.99 | 0.360                     | 12.00       | 21.04              | 10.59              | 88.25 |
| 12          | 0.040-0.044                            | 32.42 | 0.072                     | 2.22        | 12.22              | 1.77               | 79.73 |
| 13          | 0.040-0.044                            | 33.50 | 0.144                     | 4.30        | 12.94              | 2.49               | 57.91 |
| 14          | 0.040-0.044                            | 35.50 | 0.216                     | 6.08        | 16.05              | 5.60               | 92.11 |
| 15          | 0.040-0.044                            | 34.59 | 0.288                     | 8.33        | 19.00              | 8.55               | 100** |
| 16          | 0.040-0.044                            | 32.83 | 0.360                     | 10.97       | 21.22              | 10.77              | 98.18 |

หมายเหตุ \* เป็นแป้งที่มาจากเศษกระดาษ

\*\* เป็นค่าโดยประมาณ

\*\*\* ได้มาจากค่าเฉลี่ยของการทำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 5.4 : สมบัติทางกายภาพของแผ่นทดสอบ

| ตัวอย่างที่ | ระดับการแทนที่ประจุของแม่ประจุบวก | แม่ประจุบวกที่เติม<br>มก./ก.เยื่อ | น้ำหนักแห้งทดสอบ<br>กัวย่อต่างมเมตร | ความหนา<br>มิลลิเมตร | ความหนาแน่น<br>กก./ลบ.ม. | ดัชนีความต้านทานแรงดึง<br>กิโลนิวตัน-เมตร/กก. | ความยืดตัว<br>% | ดัชนีความต้านทานแรงดึง<br>เมกะนิวตัน/กก. | ความสามารในกาวทรงรูป<br>มิลลิวัตต์* |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------|---|-----------------|--|-------------------------------------|
| 1           | -                                 | 0.00                              | 88.0                                | 0.134                | 659                      | 34.4  | 3.5             | 1.88                                     | 116                                 |
| 2           | 0.018                             | 2.51                              | 89.9                                | 0.137                | 656                      | 35.1  | 4.0             | 1.92                                     | 117                                 |
| 3           | 0.018                             | 4.91                              | 86.8                                | 0.130                | 668                      | 36.3  | 3.6             | 1.93                                     | 109                                 |
| 4           | 0.018                             | 7.23                              | 84.9                                | 0.129                | 658                      | 33.9  | 3.2             | 1.92                                     | 104                                 |
| 5           | 0.018                             | 10.36                             | 86.8                                | 0.126                | 689                      | 34.1  | 3.5             | 1.95                                     | 92                                  |
| 6           | 0.018                             | 11.94                             | 88.9                                | 0.126                | 706                      | 38.4  | 4.0             | 2.17                                     | 98                                  |
| 7           | 0.033-0.039                       | 2.41                              | 88.7                                | 0.134                | 662                      | 29.9  | 3.1             | 1.95                                     | 101                                 |
| 8           | 0.033-0.039                       | 4.79                              | 82.6                                | 0.124                | 661                      | 34.9  | 3.8             | 1.97                                     | 85                                  |
| 9           | 0.033-0.039                       | 7.01                              | 85.1                                | 0.133                | 640                      | 37.0  | 3.5             | 2.02                                     | 102                                 |
| 10          | 0.033-0.039                       | 8.22                              | 83.7                                | 0.121                | 692                      | 36.0  | 3.4             | 2.19                                     | 102                                 |
| 11          | 0.033-0.039                       | 12.00                             | 84.3                                | 0.123                | 685                      | 36.1  | 3.8             | 2.02                                     | 101                                 |
| 12          | .040-.044                         | 2.22                              | 84.9                                | 0.132                | 643                      | 34.0  | 3.6             | 1.91                                     | 97                                  |
| 13          | .040-.044                         | 4.30                              | 83.3                                | 0.127                | 656                      | 35.4  | 3.0             | 1.97                                     | 104                                 |
| 14          | .040-.044                         | 6.08                              | 82.5                                | 0.129                | 640                      | 35.9  | 3.6             | 1.88                                     | 104                                 |
| 15          | .040-.044                         | 8.33                              | 84.9                                | 0.132                | 643                      | 36.6  | 3.7             | 1.96                                     | 107                                 |
| 16          | .040-.044                         | 10.97                             | 93.2                                | 0.138                | 675                      | 35.4  | 3.4             | 2.05                                     | 122                                 |

หมายเหตุ \* ความยาวตัวอย่างทดสอบ 10 มิลลิเมตร

ตารางที่ 5.5 : การตกค้างของแป้งประจุบวกที่ค่าพีเอชต่างๆ

| ตัวอย่างที่ | พีเอช | ระดับการแทนที่ประจุ<br>ของแป้งประจุบวก | เยื่อ | ปริมาณแป้งประจุบวกที่เติม |             | ปริมาณแป้งบนเส้นใย | แป้งประจุบวกตกค้าง |       |
|-------------|-------|--|-------|---------------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------|
|             |       |  | กรัม  | กรัม                      | มก./ก.เยื่อ | มก./ก.เยื่อ***     | มก./ก.เยื่อ        | %     |
| 1           | -     | -                                      | -     | 0.000                     | 0.00        | 11.03*             | 0.00               | 0.00  |
| 2           | 420   | 0.018                                  | 35.00 | 0.320                     | 9.14        | 14.98              | 3.95               | 43.22 |
| 3           | 420   | 0.033-0.039                            | 35.92 | 0.320                     | 8.91        | 15.37              | 4.34               | 48.71 |
| 4           | 420   | 0.040-0.044                            | 33.19 | 0.320                     | 9.64        | 16.61              | 5.58               | 57.88 |
| 5           | 420   | 0.018                                  | 34.37 | 0.480                     | 13.97       | 16.96              | 5.93               | 42.45 |
| 6           | 420   | 0.033-0.039                            | 36.16 | 0.480                     | 13.27       | 18.21              | 7.18               | 54.11 |
| 7           | 420   | 0.040-0.044                            | 33.62 | 0.480                     | 14.27       | 21.73              | 10.70              | 74.98 |
| 8           | 400   | 0.018                                  | 38.95 | 0.320                     | 8.22        | 18.26              | 7.23               | 87.96 |
| 9           | 400   | 0.033-0.039                            | 39.84 | 0.320                     | 8.03        | 17.91              | 6.88               | 85.68 |
| 10          | 400   | 0.040-0.044                            | 40.84 | 0.320                     | 7.83        | 19.35              | 8.32               | 100** |
| 11          | 400   | 0.018                                  | 37.63 | 0.536                     | 14.24       | 17.65              | 6.62               | 46.49 |
| 12          | 400   | 0.033-0.039                            | 37.50 | 0.534                     | 14.24       | 22.65              | 11.62              | 81.60 |
| 13          | 400   | 0.040-0.044                            | 37.78 | 0.538                     | 14.20       | 26.41              | 15.38              | 100** |
| 14          | 304   | 0.018                                  | 39.03 | 0.390                     | 9.99        | 17.65              | 6.62               | 66.27 |
| 15          | 304   | 0.033-0.039                            | 37.54 | 0.363                     | 9.67        | 18.66              | 7.63               | 78.90 |
| 16          | 304   | 0.040-0.044                            | 36.76 | 0.357                     | 9.71        | 19.71              | 8.68               | 89.39 |
| 17          | 304   | 0.018                                  | 38.2  | 0.522                     | 13.67       | 16.58              | 5.55               | 40.60 |
| 18          | 304   | 0.033-0.039                            | 36.7  | 0.524                     | 14.29       | 20.81              | 9.78               | 68.44 |
| 19          | 304   | 0.040-0.044                            | 37.6  | 0.536                     | 14.26       | 22.19              | 11.16              | 78.26 |

หมายเหตุ \* เป็นแป้งที่มาจากเศษกระดาษ

\*\* เป็นค่าโดยประมาณ

\*\*\* ได้มาจากค่าเฉลี่ยของการทำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 5.6 : สมบัติทางกายภาพของแผ่นทดสอบที่ค่าพรีเนสต่างๆ

| ตัวอย่างที่ | พรีเนส | ระดับการแทนที่ประจุของแข็งประจุบวก | แข็งประจุบวกที่เพิ่ม | น้ำหนักแผ่นทดสอบ | ความหนา   | ความหนาแน่น | ดัชนีความต้านทานแรงดึง | ความยืดตัว | ดัชนีความต้านทานแรงดึง/กก. | เมกะนิวตัน/กก. | ความสามารถในการทรงรูป |
|-------------|--------|------------------------------------|----------------------|------------------|-----------|-------------|------------------------|------------|----------------------------|----------------|-----------------------|
|             | CSEF   | ของแข็งประจุบวก                    | มก./ก.เยื่อ          | กรัมต่อตารางเมตร | มิลลิเมตร | กก./ลบ.ม.   | กิโลนิวตัน-เมตร/กก.    | %          |                            |                | มิลลินิวตัน           |
| 1           | 420    | -                                  | -                    | 80.4             | 0.137     | 587         | 23.8                   | 2.7        |                            | 1.26           | 98                    |
| 2           | 420    | 0.018                              | 9.12                 | 84.4             | 0.132     | 639         | 25.1                   | 3.9        |                            | 1.49           | 102                   |
| 3           | 420    | 0.033-0.039                        | 9.81                 | 80.8             | 0.124     | 652         | 24.3                   | 3.3        |                            | 1.39           | 78                    |
| 4           | 420    | 0.040-0.044                        | 9.64                 | 83.6             | 0.133     | 629         | 20.8                   | 3.0        |                            | 1.19           | 82                    |
| 5           | 420    | 0.018                              | 13.97                | 86.3             | 0.137     | 630         | 23.4                   | 3.4        |                            | 1.49           | 96                    |
| 6           | 420    | 0.033-0.039                        | 13.27                | 82.5             | 0.130     | 635         | 25.8                   | 3.8        |                            | 1.38           | 88                    |
| 7           | 420    | 0.040-0.044                        | 14.28                | 78.9             | 0.130     | 607         | 23.1                   | 3.0        |                            | 1.35           | 83                    |
| 8           | 400    | -                                  | -                    | 83.0             | 0.134     | 619         | 25.6                   | 3.7        |                            | 1.51           | 90                    |
| 9           | 400    | 0.018                              | 8.22                 | 84.8             | 0.128     | 622         | 28.5                   | 3.9        |                            | 1.66           | 85                    |
| 10          | 400    | 0.033-0.039                        | 8.03                 | 78.0             | 0.124     | 629         | 26.5                   | 4.1        |                            | 1.74           | 78                    |
| 11          | 400    | 0.040-0.044                        | 7.83                 | 82.5             | 0.127     | 650         | 28.0                   | 3.7        |                            | 1.70           | 110                   |
| 12          | 400    | 0.018                              | 14.24                | 86.2             | 0.137     | 628         | 28.1                   | 3.4        |                            | 1.90           | 109                   |
| 13          | 400    | 0.033-0.039                        | 14.24                | 87.0             | 0.136     | 640         | 29.0                   | 2.7        |                            | 2.38           | 110                   |
| 14          | 400    | 0.040-0.044                        | 14.20                | 89.1             | 0.141     | 632         | 27.6                   | 3.4        |                            | 1.68           | 116                   |
| 15          | 304    | -                                  | -                    | 79.5             | 0.121     | 657         | 29.2                   | 3.3        |                            | 1.77           | 84                    |
| 16          | 304    | 0.018                              | 9.99                 | 80.1             | 0.123     | 651         | 31.3                   | 3.6        |                            | 1.94           | 88                    |
| 17          | 304    | 0.033-0.039                        | 9.67                 | 86.3             | 0.128     | 674         | 25.6                   | 2.9        |                            | 1.64           | 103                   |
| 18          | 304    | 0.040-0.044                        | 9.71                 | 86.7             | 0.129     | 672         | 24.9                   | 2.9        |                            | 1.60           | 101                   |
| 19          | 304    | 0.018                              | 13.67                | 83.0             | 0.13      | 638         | 26.2                   | 3.3        |                            | 1.71           | 94                    |
| 20          | 304    | 0.033-0.039                        | 14.29                | 88.7             | 0.137     | 647         | 25.1                   | 3.7        |                            | 1.66           | 106                   |
| 21          | 304    | 0.040-0.044                        | 14.26                | 86.9             | 0.129     | 674         | 24.3                   | 3.0        |                            | 1.61           | 99                    |