

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลองอบแห้งชั้นบางด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อน

ตารางที่ ก – 1 ข้อมูลการทดลองอบแห้งพริกไทยด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C

เวลา (min)	น้ำหนักพริกไทย (g)	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w.b.)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)
0	71.25	80.414	410.565
10	69.05	79.790	394.800
20	66.27	78.942	374.879
30	62.23	77.575	345.929
40	58.87	76.295	321.852
50	54.41	74.352	289.893
60	50.59	72.415	262.519
90	41.70	66.534	198.815
120	33.31	58.105	138.694
150	29.45	52.614	111.034
180	26.50	47.339	89.894
210	23.43	40.439	67.895
240	22.83	38.874	63.596

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลการทดลองอบแห้งพริกไทยด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140°C

เวลา (min)	น้ำหนักพริกไทย	ความชื้นมาตรฐานเปียก	ความชื้นมาตรฐานแห้ง
	(g)	(%w.b.)	(%d.b.)
0	70.92	79.186	380.435
10	59.91	75.360	305.850
20	51.37	71.264	247.997
30	42.45	65.226	187.570
40	35.37	58.265	139.608
50	28.18	47.617	90.900
60	24.25	39.127	64.277
90	18.97	22.184	28.509
120	17.88	17.441	21.125
150	17.51	15.696	18.618

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลการทดลองอบแห้งพริกไทยด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 160°C

เวลา (min)	น้ำหนักพริกไทย (g)	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w.b)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)
0	71.13	79.520	388.284
10	53.86	72.953	269.731
20	38.98	62.629	167.585
30	29.14	50.009	100.037
40	21.02	30.698	44.295
50	18.50	21.258	26.997
60	17.58	17.137	20.681
90	17.43	16.424	19.651
120	17.14	15.010	17.661

ตารางที่ ก-4 ข้อมูลการทดลองอบแห้งพริกไทยด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 120°C

เวลา (min)	น้ำหนักพริกไทย (g)	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w b)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)
0	70.77	80.232	405.869
10	58.68	76.159	319.448
20	44.72	68.717	219.661
30	33.68	58.463	140.747
40	26.24	46.685	87.565
50	20.83	32.838	48.894
60	17.92	21.932	28.093
90	15.07	7.168	7.721
120	14.72	4.961	5.220
150	14.58	4.048	4.219

ตารางที่ ก-5 ข้อมูลการทดลองอบแห้งพริกไทยด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140°C

เวลา (min)	น้ำหนักพริกไทย (g)	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w b)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)
0	71.14	79.668	391.844
10	54.45	73.436	276.453
20	38.29	62.225	164.727
30	27.89	48.139	92.824
40	20.65	29.957	42.769
50	17.28	16.297	19.469
60	15.55	6.984	7.509
90	14.99	3.509	3.637
120	14.89	2.861	2.946

ตารางที่ ก - 6 ข้อมูลการทดลองอบแห้งพริกไทยด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 160°C

เวลา (min)	น้ำหนักพริกไทย (g)	ความชื้นมาตรฐานเปียก %(w.b.)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง %(d.b.)
0	71.03	80.623	416.064
10	48.33	71.521	251.138
20	32.22	57.282	134.092
30	21.74	36.689	57.951
40	16.40	16.074	19.153
50	14.70	6.369	6.802
60	14.40	4.418	4.622
90	14.25	3.412	3.532

ตารางที่ ก - 7 อัตราส่วนความชื้นของพริกไทยที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เวลา (min)	Moisture Ratio (MR)		
	อุณหภูมิ 120°C	อุณหภูมิ 140°C	อุณหภูมิ 160°C
0	1.000000	1.000000	1.000000
10	0.961602	0.803947	0.694675
20	0.913081	0.651877	0.431604
30	0.842569	0.493041	0.257638
40	0.783925	0.366969	0.114080
50	0.706082	0.238938	0.069528
60	0.639409	0.168957	0.053263
90	0.484247	0.074938	0.050611
120	0.337812	0.055528	
150	0.270441	0.048940	
180	0.218953		
210	0.165370		
240	0.154898		

ตารางที่ ก-8 อัตราส่วนความชื้นของพริกไทยที่อบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เวลา (min)	Moisture Ratio (MR)		
	อุณหภูมิ 120°C	อุณหภูมิ 140°C	อุณหภูมิ 160°C
0	1.000000	1.000000	1.000000
10	0.787074	0.705519	0.603606
20	0.541213	0.420390	0.322288
30	0.346779	0.236891	0.139283
40	0.215748	0.109148	0.046034
50	0.120468	0.049687	0.016348
60	0.069218	0.019163	0.011110
90	0.019024	0.009282	0.008490
120	0.012860	0.007517	
150	0.010394		

ภาคผนวก ข

ข้อมูลของอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองและ
จากแบบจำลองการอบแห้งชั้นบางพริกไทย

ตารางที่ ข-1 อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลองการอบแห้งชิ้นบางพริกไทยด้วยไอน้ำร้อนจนถึงอุณหภูมิ 120°C

เวลา	อัตราส่วนความชื้น (MR)												
(min)	ทดลอง	แบบ 1*	แบบ 2*	แบบ 3*	แบบ 4*	แบบ 5*	แบบ 6*	แบบ 7*	แบบ 8*	แบบ 9*	แบบ 10*	แบบ 11*	แบบ 12*
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0542	1.0474	1.0000	1.0542	1.0000	1.0000	1.0000	1.0047	1.0000	1.0542
10	0.9616	0.9240	0.9490	0.9678	0.9647	0.9240	0.9678	0.9203	0.9334	0.9702	0.9649	0.9702	0.9678
20	0.9131	0.8538	0.8885	0.8886	0.8883	0.8538	0.8886	0.8511	0.8694	0.9097	0.9063	0.9097	0.8885
30	0.8426	0.7889	0.8266	0.8158	0.8178	0.7889	0.8158	0.7872	0.8081	0.8402	0.8416	0.8402	0.8158
40	0.7839	0.7289	0.7655	0.7490	0.7526	0.7289	0.7490	0.7280	0.7496	0.7705	0.7751	0.7706	0.7490
50	0.7061	0.6735	0.7065	0.6876	0.6923	0.6735	0.6876	0.6733	0.6937	0.7043	0.7094	0.7043	0.6876
60	0.6394	0.6223	0.6502	0.6313	0.6366	0.6223	0.6313	0.6227	0.6405	0.6428	0.6462	0.6428	0.6313
90	0.4842	0.4909	0.4997	0.4885	0.4938	0.4909	0.4885	0.4926	0.4971	0.4870	0.4795	0.4870	0.4885
120	0.3378	0.3873	0.3779	0.3780	0.3810	0.3873	0.3781	0.3897	0.3780	0.3687	0.3530	0.3687	0.3781
150	0.2704	0.3055	0.2822	0.2926	0.2921	0.3055	0.2926	0.3082	0.2831	0.2790	0.2646	0.2790	0.2926
180	0.2190	0.2410	0.2085	0.2264	0.2220	0.2410	0.2264	0.2438	0.2124	0.2112	0.2072	0.2112	0.2264
210	0.1654	0.1901	0.1526	0.1752	0.1667	0.1901	0.1752	0.1929	0.1659	0.1598	0.1733	0.1598	0.1752
240	0.1549	0.1500	0.1109	0.1356	0.1230	0.1500	0.1356	0.1526	0.1437	0.1210	0.1560	0.1210	0.1356

ตารางที่ ข-2 อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลองการอบแห้งชั้นบางพริกไทยด้วยไอน้ำร้อนจนถึงที่อุณหภูมิ 140°C

เวลา (min)	อัตราส่วนความชื้น (MR)											
	แบบ 1*	แบบ 2*	แบบ 3*	แบบ 4*	แบบ 5*	แบบ 6*	แบบ 7*	แบบ 8*	แบบ 9*	แบบ 10*	แบบ 11*	แบบ 12*
0	1.0000	1.0000	1.0299	1.0297	1.0000	1.0299	1.0000	1.0000	1.0000	0.9901	1.0000	1.0299
10	0.8039	0.8183	0.7915	0.7915	0.7752	0.7915	0.7716	0.8231	0.8218	0.8290	0.7752	0.7915
20	0.6519	0.6009	0.6083	0.6084	0.6009	0.6083	0.6011	0.6630	0.6383	0.6433	0.6009	0.6083
30	0.4930	0.4658	0.4674	0.4676	0.4658	0.4674	0.4684	0.5197	0.4812	0.4811	0.4658	0.4674
40	0.3670	0.3611	0.3592	0.3594	0.3611	0.3592	0.3649	0.3931	0.3567	0.3514	0.3611	0.3592
50	0.2389	0.2799	0.2629	0.2761	0.2799	0.2761	0.2843	0.2832	0.2617	0.2532	0.2799	0.2761
60	0.1690	0.2170	0.2122	0.2121	0.2170	0.2122	0.2215	0.1901	0.1909	0.1819	0.2170	0.2122
90	0.0749	0.1011	0.0963	0.0960	0.1011	0.0963	0.1047	0.0114	0.0729	0.0757	0.1011	0.0963
120	0.0555	0.0471	0.0437	0.0432	0.0471	0.0437	0.0495	-0.0165	0.0276	0.0495	0.0471	0.0437
150	0.0489	0.0219	0.0076	0.0192	0.0219	0.0198	0.0234	0.1064	0.0104	0.0493	0.0219	0.0198

ตารางที่ ๗-3 อัตราส่วนความชื้นที่ได้อาจแบบจำลองการอบแห้งชิ้นบางพริกไทยด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 160°C

เวลา (min)	อัตราส่วนความชื้น (MR)											
	แบบ 1*	แบบ 2*	แบบ 3*	แบบ 4*	แบบ 5*	แบบ 6*	แบบ 7*	แบบ 8*	แบบ 9*	แบบ 10*	แบบ 11*	แบบ 12*
0	1.0000	1.0000	1.0270	1.0246	1.0000	1.0270	1.0000	1.0000	1.0000	0.9968	1.0000	1.0270
10	0.6947	0.6382	0.6955	0.6514	0.6382	0.6481	0.6369	0.7174	0.6984	0.7053	0.6382	0.6481
20	0.4316	0.4073	0.4281	0.4124	0.4073	0.4090	0.4078	0.4799	0.4260	0.4251	0.4073	0.4090
30	0.2576	0.2599	0.2482	0.2593	0.2599	0.2581	0.2611	0.2876	0.2460	0.2393	0.2599	0.2581
40	0.1141	0.1659	0.1378	0.1613	0.1659	0.1629	0.1672	0.1403	0.1384	0.1328	0.1659	0.1629
50	0.0695	0.1058	0.0739	0.0985	0.1058	0.1028	0.1070	0.0382	0.0769	0.0781	0.1058	0.1028
60	0.0533	0.0675	0.0385	0.0583	0.0675	0.0649	0.0685	-0.0187	0.0425	0.0531	0.0675	0.0649
90	0.0500	0.0176	0.0048	0.0055	0.0176	0.0163	0.0180	0.0811	0.0070	0.0441	0.0176	0.0163

หมายเหตุ	แบบ 1*	แบบ 2*	แบบ 3*
	Newton model,	Page model	Henderson and Pabis model,
	แบบ 4*	แบบ 5*	แบบ 6*
	Logarithmic model,	Modified Page model,	Two term model,
	แบบ 7*	แบบ 8*	แบบ 9*
	Two term exponential model,	Wang and Singh model,	Approximation and diffusion model,
	แบบ 10*	แบบ 11*	แบบ 12*
	Midilli et al. model,	Verma et al. model,	Modified Henderson and Pabis model

ตารางที่ ข-4 อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลองการอบแห้งชั้นบางพริกไทยด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 120°C

เวลา (min)	อัตราส่วนความชื้น (MR)												
	ทดลอง	แบบ 1*	แบบ 2*	แบบ 3*	แบบ 4*	แบบ 5*	แบบ 6*	แบบ 7*	แบบ 8*	แบบ 9*	แบบ 10*	แบบ 11*	แบบ 12*
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0482	1.0437	1.0000	1.0481	1.0000	1.0000	1.0000	0.9993	1.0000	1.0482
10	0.7871	0.7013	0.7848	0.7231	0.7271	0.7013	0.7232	0.6988	0.7914	0.7877	0.7900	0.7881	0.7231
20	0.5412	0.4919	0.5420	0.4988	0.5044	0.4919	0.4990	0.4921	0.6041	0.5404	0.5466	0.5408	0.4988
30	0.3468	0.3450	0.3487	0.3441	0.3478	0.3450	0.3443	0.3465	0.4382	0.3455	0.3509	0.3456	0.3441
40	0.2157	0.2419	0.2126	0.2374	0.2377	0.2419	0.2375	0.2440	0.2936	0.2119	0.2133	0.2116	0.2374
50	0.1205	0.1697	0.1241	0.1638	0.1603	0.1697	0.1639	0.1718	0.1703	0.1264	0.1244	0.1259	0.1638
60	0.0692	0.1190	0.0697	0.1130	0.1058	0.1190	0.1131	0.1210	0.0683	0.0740	0.0707	0.0735	0.1130
90	0.0190	0.0410	0.0102	0.0371	0.0216	0.0410	0.0371	0.0423	-0.1096	0.0138	0.0147	0.0135	0.0371
120	0.0129	0.0142	0.0012	0.0122	-0.0077	0.0142	0.0122	0.0148	-0.0956	0.0025	0.0083	0.0023	0.0122
150	0.0104	0.0049	0.0001	0.0040	-0.0179	0.0049	0.0040	0.0052	0.1104	0.0004	0.0093	0.0004	0.0040

ตารางที่ ๗ - 5 อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลองการอบแห้งซึ่งบางฟรีกไทยด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140°C

เวลา	อัตราส่วนความชื้น (MR)												
(min)	ทดลอง	แบบ 1*	แบบ 2*	แบบ 3*	แบบ 4*	แบบ 5*	แบบ 6*	แบบ 7*	แบบ 8*	แบบ 9*	แบบ 10*	แบบ 11*	แบบ 12*
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0370	1.0317	1.0000	1.0370	1.0000	1.0000	1.0000	0.9986	1.0000	1.0370
10	0.7055	0.6262	0.7085	0.6397	0.6475	0.6262	0.6397	0.6258	0.7420	0.7092	0.7092	0.6262	0.6397
20	0.4204	0.3922	0.4211	0.3946	0.4022	0.3922	0.3946	0.3956	0.5172	0.4180	0.4209	0.3922	0.3946
30	0.2369	0.2456	0.2272	0.2434	0.2456	0.2456	0.2434	0.2500	0.3254	0.2259	0.2265	0.2456	0.2434
40	0.1091	0.1538	0.1141	0.1501	0.1457	0.1538	0.1501	0.1581	0.1668	0.1161	0.1137	0.1538	0.1501
50	0.0497	0.0963	0.0540	0.0926	0.0818	0.0963	0.0926	0.0999	-0.0413	0.0578	0.0546	0.0963	0.0926
60	0.0192	0.0603	0.0243	0.0571	0.0411	0.0603	0.0571	0.0632	-0.0511	0.0282	0.0259	0.0603	0.0571
90	0.0093	0.0148	0.0017	0.0134	-0.0121	0.0148	0.0134	0.0160	-0.1297	0.0030	0.0056	0.0148	0.0134
120	0.0075	0.0036	0.0001	0.0031	-0.0260	0.0036	0.0031	0.0040	0.0898	0.0003	0.0056	0.0036	0.0031

ตารางที่ ข-6 อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลองการอบแห้งชั้นบางพริกไทยด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 160°C

เวลา (min)	อัตราส่วนความชื้น (MR)											
	แบบ 1*	แบบ 2*	แบบ 3*	แบบ 4*	แบบ 5*	แบบ 6*	แบบ 7*	แบบ 8*	แบบ 9*	แบบ 10*	แบบ 11*	แบบ 12*
0	1.0000	1.0000	1.0219	1.0165	1.0000	1.0219	1.0000	1.0000	1.0000	0.9980	1.0000	1.0219
10	0.6036	0.5501	0.6126	0.5668	0.5501	0.5561	0.5492	0.6833	0.6107	0.6128	0.5501	0.5561
20	0.3223	0.3026	0.3026	0.3100	0.3026	0.3026	0.3048	0.4198	0.3065	0.3075	0.3026	0.3026
30	0.1393	0.1394	0.1647	0.1633	0.1664	0.1647	0.1691	0.2095	0.1405	0.1391	0.1664	0.1647
40	0.0460	0.0586	0.0896	0.0796	0.0915	0.0896	0.0939	0.0524	0.0612	0.0587	0.0915	0.0896
50	0.0163	0.0232	0.0488	0.0317	0.0504	0.0488	0.0521	-0.0515	0.0258	0.0237	0.0504	0.0488
60	0.0111	0.0087	0.0255	0.0044	0.0277	0.0265	0.0289	-0.1022	0.0106	0.0096	0.0277	0.0265
90	0.0085	0.0004	0.0043	-0.0252	0.0046	0.0043	0.0049	-0.0649	0.0007	0.0021	0.0046	0.0043

หมายเหตุ	แบบ 1*	Newton model,	แบบ 2*	Page model	แบบ 3*	Henderson and Pabis model,
	แบบ 4*	Logarithmic model,	แบบ 5*	Modified Page model,	แบบ 6*	Two term model,
	แบบ 7*	Two term exponential model,	แบบ 8*	Wang and Singh model,	แบบ 9*	Approximation and diffusion model,
	แบบ 10*	Midilli et al. model,	แบบ 11*	Verma et al. model,	แบบ 12*	Modified Henderson and Pabis model

ตารางที่ ข-7 สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผลที่ได้จากแบบจำลองการอบแห้งชั้นบาง
พริกไทยด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 120°C

ตัวกลางอบแห้ง	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)	D_{eff} จากการคำนวณ ($\times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{min}$)	D_{eff} จากการทดลอง ($\times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{min}$)
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	198.81	0.3302	0.3308
	138.69	0.6402	0.6353
	111.03	0.7062	0.7118
	89.89	0.7420	0.7491
	67.90	0.8108	0.7723
	63.60	0.7451	0.7752
อากาศร้อน	219.66	0.7582	0.7845
	140.75	2.4466	2.2777
	87.57	3.3870	3.6635
	48.89	4.2343	4.3234
	28.09	4.7368	4.4333
	7.72	5.0352	4.3151
	5.22	4.2033	4.2830
	4.22	3.5483	4.2689

ตารางที่ ๗ - 8 สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผลที่ได้จากแบบจำลองการอบแห้งชั้นบาง
พริกไทยด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140°C

ตัวกลางอบแห้ง	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d b)	D_{eff} จากการคำนวณ ($\times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{min}$)	D_{eff} จากการทดลอง ($10^{-10} \text{ m}^2/\text{min}$)
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	187.57	0.9120	0.9344
	139.61	1.6498	1.5640
	90.90	2.4425	2.5384
	64.28	2.7910	2.8597
	28.51	3.0424	2.7016
	21.12	2.6086	2.5530
	18.62	2.1971	2.4918
อากาศร้อน	164.73	2.4107	2.4278
	92.82	4.1084	3.9679
	42.77	5.6156	6.0997
	19.47	6.5515	6.3614
	7.51	7.5370	6.1666
	3.64	6.0784	6.0458
	2.95	4.7886	6.0210

ตารางที่ ข – 9 สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผลที่ได้จากแบบจำลองการอบแห้งชั้นบาง
พริกไทยด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 160°C

ตัวกลางอบแห้ง	ความชื้นมาตรฐานแห้ง %(d.b)	D_{eff} จากการคำนวณ ($\times 10^{-10}$ m ² /min)	D_{eff} จากการทดลอง ($\times 10^{-10}$ m ² /min)
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	167.59	2.1589	2.1638
	100.04	3.6091	3.5708
	44.30	5.2764	5.5549
	27.00	5.4706	4.9451
	20.68	5.1192	4.4861
	19.65	3.4844	4.3978
อากาศร้อน	251.14	0.0891	0.1010
	134.09	4.1489	4.0358
	57.95	6.4243	6.8802
	19.15	8.4391	7.9211
	6.80	9.4600	8.1561
	4.62	8.7257	8.1920
	3.53	6.2080	8.2092