บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมะนาวสด

ได้วิเคราะห์สมบัติของน้ำมะนาวสดที่ใช้ในการทดลองได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1.1

ตารางที่ 4.1.1 สมบัติของน้ำมะนาวสด

Total soluble solids (^{o}Brix)	7.72±0.72
pH	2.10±0.01
ปริมาณ titratable acidity (as % citric acid)	7.64±0.18
ปริมาณวิตะมินซี (mg.ascorbic acid/100 ml)	35.91±0.98
ปริมาณ d-limonene (ppm;v/w)	67.32±3.64
ปริมาณ citral (ppm;v/w)	175.83±1.46

4.2 การศึกษาผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็งในขั้นตอน pre-freezing ต่อคุณภาพของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

ในการทดลองนี้จะศึกษาผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาว และวิธีการแช่แข็งในขั้นตอน pre-freezing ต่อคุณภาพของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ได้โดยแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน ที่ใช้ 5 ระดับคือ 15%, 20%, 25%, 30% และ 35% (w/w) และวิธีการแช่แข็งในขั้นตอน pre-freezing 2 วิธีคือการแช่แข็งด้วยอัตราเร็วต่ำ (slow freezing)ใน

freezing room (-18°C) นาน 20 ชั่วโมง และการแช่แข็งด้วยอัตราเร็วสูง (fast freezing) ใน air-blast freezer (-32°C) นาน 1 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์ % yield ของการทำแห้ง ปริมาณ titratable acidity และปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.2.1-4.2.5 ส่วนผลของปัจจัยทั้งสองต่อพฤติกรรมการดูดความชื้น (hygroscopic behavior) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.2.6-4.2.8 และรูปที่ 4.2.1-4.2.2 ผลต่อปริมาณ citral, d-limonene และความคงตัวของสารให้กลิ่นรสทั้งสองระหว่างกระบวนการทำแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.2.9-4.2.14 และรูปที่ 4.2.3 ส่วนผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4.2.15-4.2.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.1 % yield ของการทำแห้งแบบเยือกแข็งและปริมาณ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

วิธีแช่แข็ง	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (%w/w)	% yield ของการทำแห้ง	Titratable acidity (as %citric acid)
slow freezing	15	20.53±0.10	31.40±1.26
	20	24.97±1.22	26.39±0.66
	25	27.58±0.75	22.67±0.67
	30	30.32±0.91	19.90±0.90
	35	32.54±0.76	17.87±0.18
fast freezing	15	22.17±0.88	32.02±1.07
	20	25.02±0.95	27.04±0.04
	25	27.65±0.98	22.91±0.69
	30	30.33±0.98	20.70±0.09
	35	32.58±0.53	18.58±0.25

ตารางที่ 4.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า % yield ของการทำแห้ง และ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

Source of variation (SOV)	d.f.	%yield		Titratable acidity	
		MS	F	MS	F
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (A)	4	77.580	105.84*	115.278	229.18*
วิธีแช่แข็ง (B)	1	0.652	0.89	1.812	3.60
AB	4	0.512	0.70	0.045	0.09
error	10	0.733		0.503	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อิทธิพลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวก่อนการทำแห้ง มีผลต่อค่า % yield ของการทำแห้ง และ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อ %yield ของการทำแห้ง และ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.2.3

ตารางที่ 4.2.3 ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน ต่อ % yield ของการทำแห้ง และ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (% w/w)	% yield ของการทำแห้ง	Titratable acidity (as %citric acid)
15	21.35±1.08 ^{e}	31.71±1.02 ^{a}
20	24.99±0.89 ^{d}	26.71±0.54 ^{b}
25	27.61±0.71 ^{c}	22.79±0.57 ^{c}
30	30.32±0.77 ^{b}	20.30±0.70 ^{d}
35	32.56±0.54 ^{a}	18.23±0.45 ^{e}

a,b,c,... ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวก่อนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง มีผลให้ % yield ของการทำแห้งเพิ่มขึ้น แต่มีผลให้ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

SOV	d.f.	MS	F
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (A)	4	0.765	191.25*
วิธีแช่แข็ง (B)	1	0.836	209.00*
AB	4	0.176	44.00*
error	10	0.004	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน อิทธิพลของวิธีการแช่แข็งและอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง มีผลต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง ต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์แสดงดังตารางที่ 4.2.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

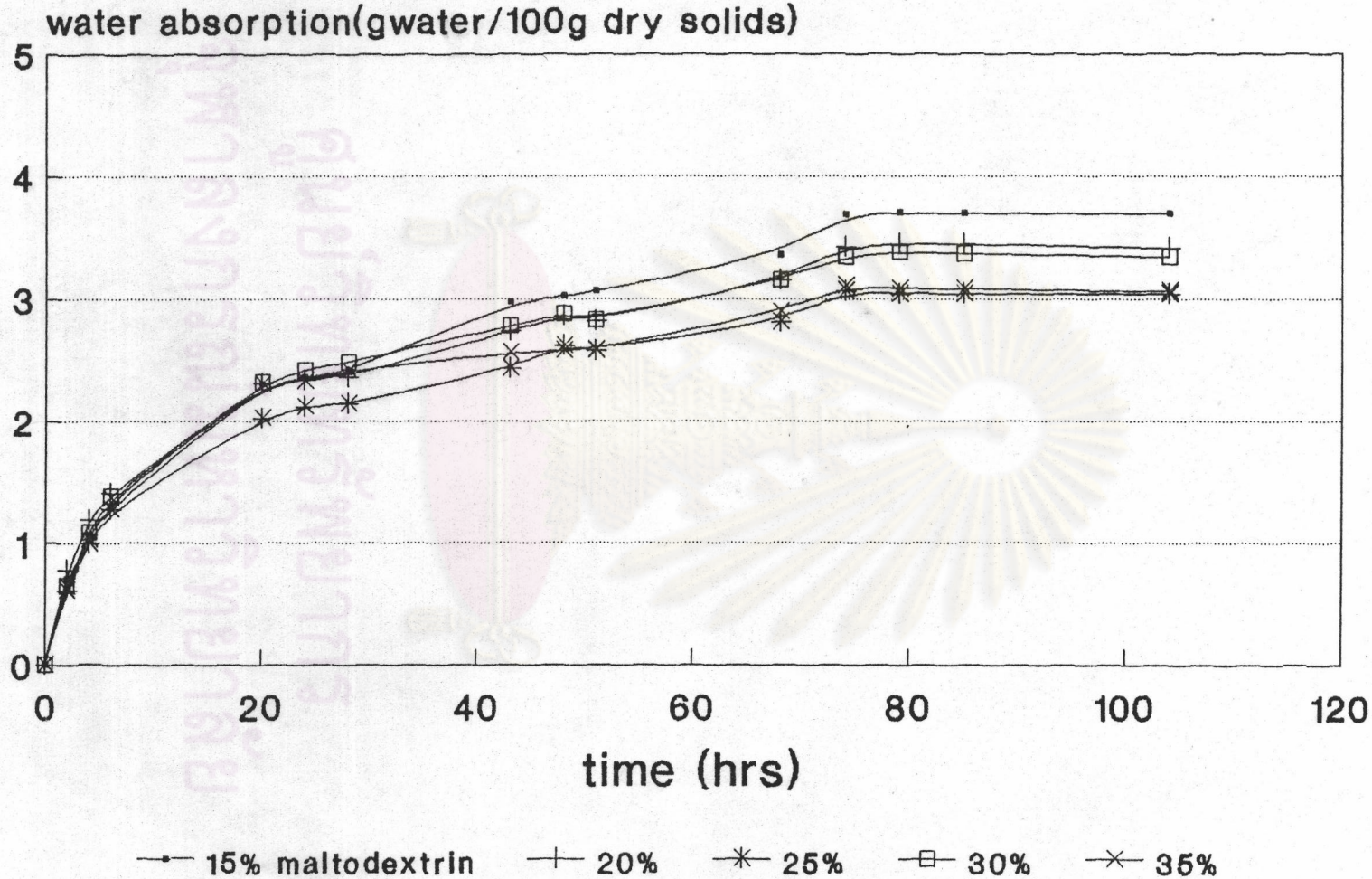
ตารางที่ 4.2.5 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง ต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

วิธีแช่แข็ง	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (%w/w)	ปริมาณความชื้น (%dry basis)
slow	15	7.04±0.01 a
freezing	20	6.18±0.04 b
	25	5.80±0.05 cd
	30	5.55±0.09 e
	35	5.45±0.01 ef
fast	15	5.92±0.10 c
freezing	20	5.74±0.11 d
	25	5.55±0.06 e
	30	5.41±0.01 ef
	35	5.36±0.04 f

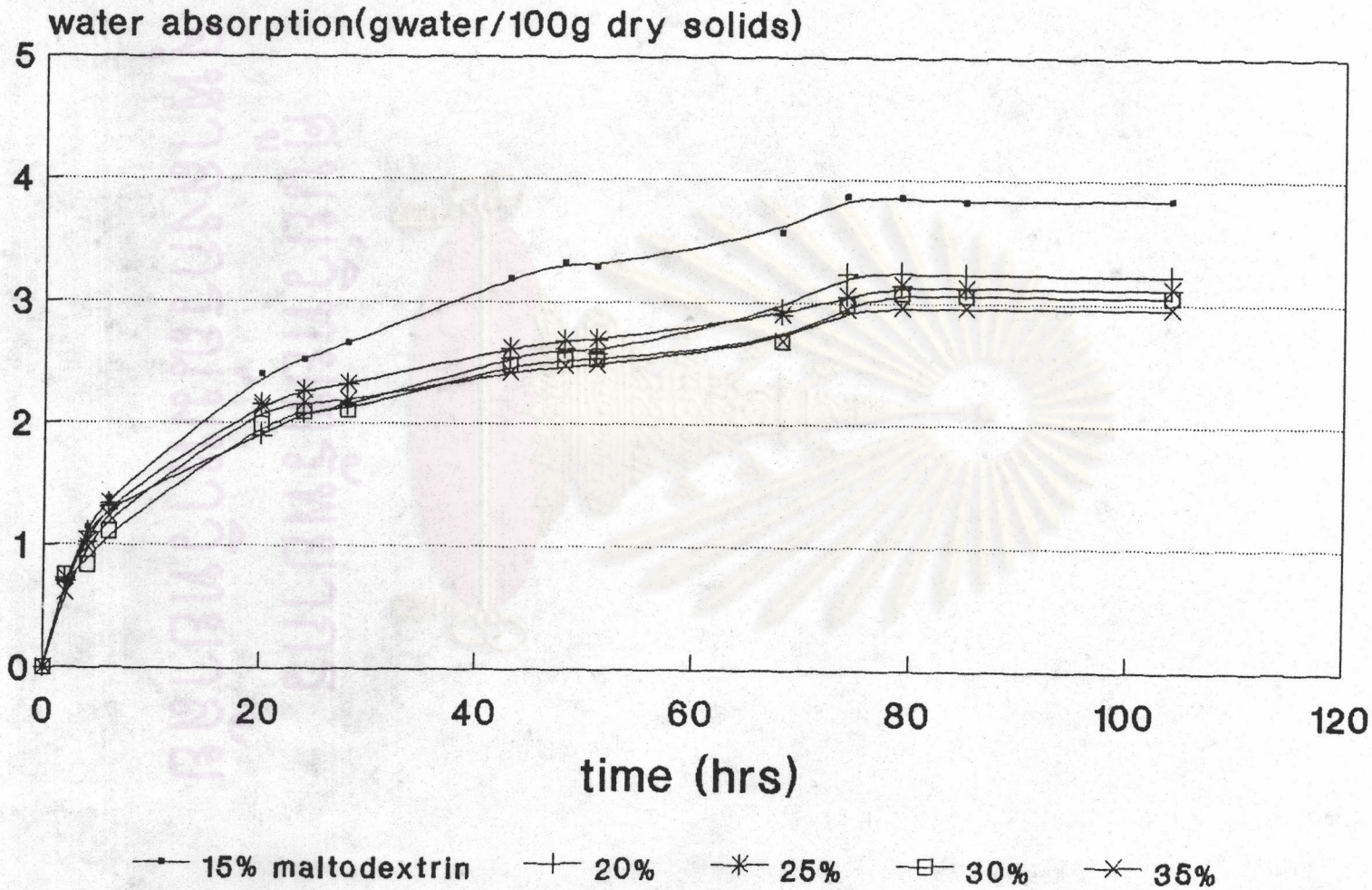
a,b,c,... ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า วิธีการแช่แข็งจะมีผลต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมาก เมื่อปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวอยู่ในช่วง 15-20% โดยวิธีการแช่แข็งแบบอัตราเร็วสูง จะทำให้ได้ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า แต่เมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินเป็น 25-35% พบว่า วิธีการแช่แข็งไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ นอกจากนี้จะเห็นว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินมีผลให้ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ได้ มีปริมาณความชื้นน้อยลง

สำหรับผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อการดูดความชื้น (water absorption) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้วิธีการแช่แข็งแบบ slow freezing และ fast freezing นั้น แสดงดังรูปที่ 4.2.1 และ 4.2.2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.2.1 ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อ water absorption ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้วิธีแช่แข็งแบบ slow freezing ในระบบที่ควบคุมอุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75%



รูปที่ 4.2.2 ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อ water absorption ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ที่ใช้วิธีแช่แข็งแบบ fast freezing ในระบบที่ควบคุมอุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75%

จากรูปที่ 4.2.1-4.2.2 จะเห็นว่าเมื่อเก็บผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ไว้ในระบบที่ควบคุมอุณหภูมิคงที่ประมาณ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75% ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์จะมีการดูดความชื้น โดยปริมาณการดูดความชื้น(water absorption) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 20 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และเริ่มคงที่เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล water absorption ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ภาวะสมดุลของระบบที่ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่นี้จะเป็น water absorption ที่สูงที่สุด ดังนั้นในการศึกษาผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวและวิธีการแช่แข็งต่อพฤติกรรมการดูดความชื้น(hygroscopic behavior) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ จะศึกษาผลของตัวแปรทั้งสองต่อค่า water absorption ที่ภาวะสมดุล (equilibrium (eq.) water absorption)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.6 Equilibrium water absorption ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75% เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

วิธีแช่แข็ง	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (%w/w)	Eq.water absorption (g water/100 g dry solids)
slow freezing	15	3.69±0.01
	20	3.43±0.02
	25	3.04±0.01
	30	3.36±0.02
	35	3.08±0.02
fast freezing	15	3.84±0.01
	20	3.23±0.01
	25	3.13±0.01
	30	3.06±0.02
	35	2.96±0.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่า equilibrium water absorption ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

SOV	d.f.	MS	F
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (A)	4	0.357	10.82*
วิธีแช่แข็ง (B)	1	0.032	0.97
AB	4	0.034	1.03
error	10	0.033	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวมีผลต่อค่า eq.water absorption ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนวิธีการแช่แข็งและอิทธิพลร่วมของตัวแปรทั้งสองไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$) ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อการดูดความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.2.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.8 ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อการดูดความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75%

ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (%w/w)	Eq.water absorption (g water/100 g dry solids)
15	3.77±0.08 a
20	3.33±0.11 b
25	3.08±0.04 bc
30	3.21±0.16 bc
35	3.02±0.07 c

a,b,c ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จะเห็นว่า แม้ว่าวิธีการแช่แข็งจะมีผลต่อปริมาณความชื้นเริ่มต้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่จะไม่มีผลต่อค่า eq.water absorption อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) นั่นคือเมื่อผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็งก่อนการทำแห้งแบบ slow freezing และ fast freezing ซึ่งมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นต่างกัน อยู่ในระบบที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ค่าหนึ่ง การดูดความชื้น (water absorption) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ทั้งสองชนิดดังกล่าวจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความชื้นเริ่มต้นและการดูดความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) โดยจะเห็นว่า การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินมีผลให้ปริมาณความชื้นเริ่มต้นและการดูดความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ลดลง (ดังตารางที่ 4.2.5 และ 4.2.8 ตามลำดับ) การเติมมอลโตเดกซ์ทรินในน้ำมะนาวในปริมาณ 25%, 30% และ 35% (w/w) จะมีผลให้การดูดความชื้น (เมื่อพิจารณาจากค่า eq.water absorption) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.2.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณ citral(ppm) และ %citral retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และวิธีการแช่แข็ง

SOV	d.f.	ปริมาณ citral		%citral retention	
		MS	F	MS	F
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (A)	4	13493.77	729.79*	1739.24	1093.86*
วิธีแช่แข็ง (B)	1	15858.59	857.68*	635.85	399.90*
AB	4	459.79	24.87*	26.86	16.89*
error	10	18.49		1.59	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาว วิธีการแช่แข็งก่อนการทำแห้ง และอิทธิพลร่วมของตัวแปรทั้งสองมีผลต่อปริมาณ citral (ppm)และ %citral retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อปริมาณ citral และ %citral retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.2.10

ตารางที่ 4.2.10 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง ต่อปริมาณ citral(ppm) และ %citral retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

วิธีแช่แข็ง	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (%w/w)	ปริมาณ citral (ppm)	% citral retention
slow freezing	15	177.93±3.34 ^{f}	23.89±0.13 ^{g}
	20	228.56±1.87 ^{e}	38.95±1.90 ^{e}
	25	315.19±4.28 ^{b}	61.80±1.36 ^{bc}
	30	331.57±4.29 ^{a}	74.31±1.89 ^{a}
	35	306.20±3.31 ^{b}	76.50±1.58 ^{a}
fast freezing	15	142.43±0.87 ^{g}	18.98±1.51 ^{h}
	20	186.69±4.34 ^{f}	31.86±0.74 ^{f}
	25	225.62±6.06 ^{e}	44.33±0.74 ^{d}
	30	267.57±6.73 ^{c}	59.98±0.92 ^{c}
	35	255.55±4.57 ^{d}	63.91±0.44 ^{b}

a,b,c,... ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะเห็นว่า การเติมมอลโตเดกซ์ทรินในน้ำมะนาวในปริมาณ 30% หรือ 35% (w/w) และการใช้วิธีการแช่แข็งก่อนการทำแห้งแบบ slow freezing ทำให้ citral มีความคงตัวระหว่างการทำแห้งสูง โดยมี citral เหลืออยู่หลังการทำแห้งสูงถึง 74.31% และ 76.50% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณ citral (ppm) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ จะเห็นว่าปริมาณ citral(ppm) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มีการเติมมอลโตเดกซ์ทริน 30% (w/w) และแช่แข็งด้วยวิธี slow freezing สูงกว่าของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน 35% (w/w) และแช่แข็ง

ด้วยวิธีเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรณีทั้งสองมี %citral retention ไม่แตกต่างกัน ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เพิ่มขึ้นจึงมีผลทำให้เกิด dilution effect ทำให้ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน 35% มีปริมาณ citral ต่ำกว่าเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 30%

ตารางที่ 4.2.11 ปริมาณ d-limonene (ppm) และ % d-limonene retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

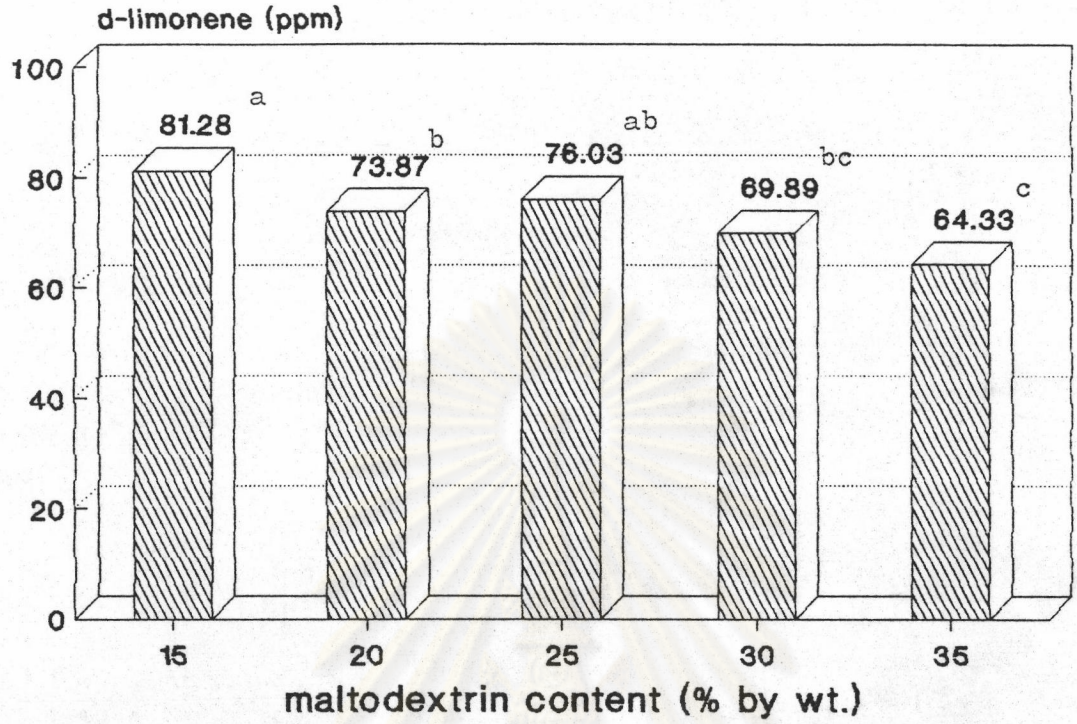
วิธีแช่แข็ง	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (%w/w)	ปริมาณ d-limonene (ppm)	% d-limonene retention
slow freezing	15	96.18±3.34	33.72±0.85
	20	81.40±7.24	36.15±0.53
	25	86.10±5.07	44.06±1.03
	30	81.58±5.14	47.56±1.28
	35	73.70±4.90	48.04±0.56
fast freezing	15	66.37±0.92	23.07±0.93
	20	66.34±0.72	29.63±2.44
	25	65.97±5.22	33.81±0.37
	30	58.20±2.23	34.10±1.68
	35	54.98±0.43	35.95±2.29

ตารางที่ 4.2.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ d-limonene (ppm) และ %d-limonene retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

SOV	d.f.	ปริมาณ d-limonene		%d-limonene retention	
		MS	F	MS	F
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (A)	4	163.10	9.40*	133.52	70.27*
วิธีแช่แข็ง (B)	1	2294.08	132.22*	561.27	295.40*
AB	4	30.91	1.78	6.79	3.57*
error	10	17.35		1.90	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวและวิธีการแช่แข็งก่อนการทำแห้ง มีผลต่อปริมาณ d-limonene ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อิทธิพลร่วมของตัวแปรทั้งสองไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนผลต่อ %d-limonene retention นั้น พบว่า อิทธิพลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน อิทธิพลของวิธีการแช่แข็ง และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง มีผลต่อ %d-limonene retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็งต่อปริมาณ d-limonene ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์แสดงดังรูปที่ 4.2.3 และตารางที่ 4.2.13 ตามลำดับ ส่วนผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อ %d-limonene retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์แสดงดังตารางที่ 4.2.14



a,b,c ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4.2.3 ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อปริมาณ d-limonene ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

จากรูปที่ 4.2.3 จะเห็นว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินมีผลให้ปริมาณ d-limonene ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ลดลง อย่างไรก็ตามจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ d-limonene ด้วนวิธี Duncan's multiple range test พบว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน ก่อนการทำแห้งในปริมาณ 20-30% มีปริมาณ d-limonene ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.2.13 ผลของวิธีการแช่แข็งต่อปริมาณ d-limonene ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

วิธีการแช่แข็ง	ปริมาณ d-limonene (ppm)
slow freezing	83.79±8.71 [a]
fast freezing	62.37±5.45 [b]

a,b, ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.14 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และวิธีการแช่แข็งต่อ % d-limonene retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

วิธีแช่แข็ง	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (%w/w)	% d-limonene retention
slow freezing	15	33.72±0.85 c
	20	36.15±0.53 c
	25	44.06±1.03 b
	30	47.56±1.28 a
	35	48.04±0.56 a
fast freezing	15	23.07±0.93 e
	20	29.63±2.44 d
	25	33.81±0.37 c
	30	34.10±1.68 c
	35	35.95±2.29 c

a,b,c,... ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้วิธีการแช่แข็งแบบ slow freezing มีปริมาณ d-limonene สูงกว่าเมื่อใช้วิธีการแช่แข็งแบบ fast freezing และเมื่อพิจารณา %d-limonene retention จะเห็นว่า การเติมมอลโตเดกซ์ทรินในน้ำมะนาวในปริมาณ 30% หรือ 35% (w/w) และใช้วิธีการแช่แข็งก่อนการทำแห้งแบบ slow freezing มีผลให้ d-limonene มีความคงตัวระหว่างการทำแห้งสูงกว่ากรณีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2.15 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสีของน้ำมะนาว จากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

วิธีการแช่แข็ง	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (% w/w)	คะแนนเฉลี่ยด้านสี (คะแนนเต็ม 15)
slow freezing	15	8.02±0.74
	20	8.12±0.02
	25	8.22±0.10
	30	8.28±0.04
	35	7.29±0.13
fast freezing	15	7.96±0.40
	20	7.53±0.06
	25	7.94±0.49
	30	7.54±0.37
	35	7.62±0.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสี ของน้ำมะนาวจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และวิธีการแช่แข็ง

SOV	d.f.	MS	F
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (A)	4	0.233	2.04
วิธีแช่แข็ง (B)	1	0.351	3.08
AB	4	0.180	1.58
error	10	0.114	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวก่อนการทำแห้ง อิทธิพลของวิธีการแช่แข็งและอิทธิพลร่วมของตัวแปรทั้งสอง ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสี ของน้ำมะนาวที่ได้จากการละลายผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยคะแนนเฉลี่ยจะอยู่ในช่วงของสีของน้ำมะนาวที่ได้จากการละลายผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์มีความเข้มสีมากกว่าน้ำมะนาวสดเล็กน้อย และผู้ทดสอบให้คะแนนระดับคุณภาพสีในช่วงพอใช้ถึงดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.17 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส ความหวาน ความเปรี้ยวและความขมของน้ำมะนาวพร้อมดื่มจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

วิธีการแช่แข็ง	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (% w/w)	คะแนนเฉลี่ย กลิ่นรส	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความขม
	คะแนนเต็ม	15	10	10	10
slow freezing	15	7.81±0.48	7.84±0.28	7.92±0.08	8.70±0.19
	20	9.10±0.25	7.68±0.33	7.39±0.08	8.86±0.15
	25	11.02±1.17	7.51±0.27	7.64±0.01	8.86±0.19
	30	10.30±0.53	6.88±0.06	7.52±0.09	8.60±0.17
	35	10.17±0.44	6.48±0.49	6.25±0.32	9.01±0.01
fast freezing	15	7.13±0.88	7.66±0.21	7.96±0.09	8.54±0.18
	20	8.86±0.94	7.62±0.34	7.64±0.28	8.61±0.20
	25	8.56±1.05	7.11±0.17	6.98±0.68	8.75±0.48
	30	7.78±0.22	7.04±0.19	6.92±0.13	8.44±0.28
	35	8.26±0.24	6.35±0.27	6.52±0.72	8.80±0.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นรส และความหวานของน้ำมะนาวพร้อมดื่มจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

SOV	d.f.	กลิ่นรส		ความหวาน	
		MS	F	MS	F
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (A)	4	2.972	5.94*	1.186	14.82*
วิธีการแช่แข็ง (B)	1	12.152	24.30*	0.077	0.96
AB	4	1.091	2.18	0.040	1.74
error	10	0.500		0.121	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านความเปรี้ยว และความขมของน้ำมะนาวพร้อมดื่มจากผงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ ที่แปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง

SOV	d.f.	กลิ่นรส		ความหวาน	
		MS	F	MS	F
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (A)	4	1.296	10.71*	0.091	1.78
วิธีการแช่แข็ง (B)	1	0.097	0.80	0.162	3.18
AB	4	0.211	1.74	0.003	0.06
error	10	0.121		0.051	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวก่อนการทำแห้งมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส ความหวานและ ความเปรี้ยวของน้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากผงน้ำมะนาวพรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq .05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านความขมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) นอกจากนี้ พบว่า วิธีการแช่แข็งก่อนการทำแห้ง มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้าน ความหวาน ความเปรี้ยวและความขม อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมของตัวแปรทั้งสองไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อคะแนนเฉลี่ยด้าน กลิ่นรส ความหวานและความเปรี้ยวแสดงดังตารางที่ 4.2.20 ส่วนผลของวิธีการแช่แข็งต่อคะแนนเฉลี่ยด้าน กลิ่นรส แสดงดังตารางที่ 4.2.21

ตารางที่ 4.2.20 ผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน ต่อคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส ความหวาน และความเปรี้ยวของน้ำมะนาวพร้อมดื่ม จากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (%w/w)	คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส		
	กลิ่นรส	ความหวาน	ความเปรี้ยว
คะแนนเต็ม	15	10	10
15	7.47±0.70 b	7.75±0.22 a	7.94±0.08 a
20	8.98±0.58 a	7.65±0.28 a	7.52±0.22 ab
25	9.80±1.68 a	7.31±0.29 ab	7.31±0.55 b
30	9.04±1.49 a	6.96±0.14 b	7.22±0.36 b
35	9.22±1.14 a	6.42±0.33 c	6.38±0.48 c

a,b,c ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2.21 ผลของวิธีการแช่แข็ง ต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของน้ำมะนาวพร้อมดื่มจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์

วิธีการแช่แข็ง	คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส
slow freezing	9.68±1.27 a
fast freezing	8.12±0.85 b

a,b ข้อมูลที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า น้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มีการเติมมอลโตเดกซ์ทรินก่อนการทำแห้งในปริมาณ 15%(w/w) มีคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสต่ำกว่า น้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทริน 20%,25%,30% และ 35% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยระดับคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสของน้ำมะนาวพร้อมดื่ม จะอยู่ในช่วงที่มีกลิ่นรสอ่อนกว่าน้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากน้ำมะนาวสดเล็กน้อยถึงปานกลาง นอกจากนี้จะเห็นว่าน้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากมะนาวผงฟรีซดรายด์ที่ผ่านการแช่แข็งก่อนการทำแห้งแบบ slow freezing มีคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสสูงกว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้วิธีการแช่แข็งแบบ fast freezing อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ผู้ทดสอบทุกท่านระบุว่า น้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ทุกตัวอย่างมีความหวานมากกว่าและความเปรี้ยวน้อยกว่า น้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากน้ำมะนาวสด โดยเมื่อปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เพิ่มขึ้นในช่วง 15-35% คะแนนความหวานและความเปรี้ยวจะยิ่งลดลง ซึ่งแสดงถึงความหวานที่เพิ่มขึ้นและความเปรี้ยวที่ลดลง จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านความหวานและความเปรี้ยวพบว่า น้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน 35% จะมีความหวานมากกว่าและความเปรี้ยวน้อยกว่ากรณีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านความชมของน้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เมื่อแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน 5 ระดับ และวิธีแช่แข็ง 2 วิธีนั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p>0.05$) โดยระดับคะแนนอยู่ในช่วงที่ไม่มีรสชมถึงมีรสชมเล็กน้อย ส่วนคุณภาพโดยรวมของน้ำมะนาวพร้อมดื่มทุกตัวอย่างมีระดับคะแนนในช่วงพอใช้ถึงดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาว และวิธีการแช่แข็งก่อนการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อคุณภาพของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ได้นั้น จะเห็นว่าผลของปัจจัยทั้งสองต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์จะแตกต่างกันไป ดังนั้นในการพิจารณาเลือกปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็งที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มีคุณภาพดีนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณาผลของปัจจัยทั้งสองต่อคุณภาพด้านต่างๆ ไปพร้อมๆ กัน โดยในการพิจารณาจะให้ความสำคัญกับคุณภาพด้านกลิ่นรสเป็นหลัก เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการใช้วิธีทำแห้งแบบเยือกแข็งนั้น ก็เพื่อให้สามารถรักษาสารให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ไว้ได้มากที่สุด ส่วนคุณภาพที่มีความสำคัญรองลงมาคือ ความชื้นและพฤติกรรมการดูดความชื้น ซึ่งจะมีความสำคัญต่อเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บ การศึกษาผลของปัจจัยทั้งสองต่อคุณภาพด้านกลิ่นรสนั้น ได้ศึกษา 2 วิธี ควบคู่กัน คือ การวิเคราะห์ปริมาณ citral และ d-limonene ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสที่สำคัญที่มีในน้ำมะนาวรวมทั้ง %citral และ%d-limonene retention และวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว

จากผลการทดลองจะเห็นว่า การใช้วิธีการแช่แข็งในขั้นตอน pre-freezing แบบ slow freezing จะทำให้ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ได้มีคุณภาพด้านกลิ่นรสดีกว่าเมื่อใช้วิธีการแช่แข็งแบบ fast freezingโดยมีคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ทางเคมีคือ ปริมาณ citral และ d-limonene ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เมื่อใช้วิธีการแช่แข็งแบบ slow freezing รวมทั้งความคงตัวของสารให้กลิ่นรสทั้งสองระหว่างการทำแห้ง (%retention) มีแนวโน้มที่สูงกว่าเมื่อใช้วิธีแช่แข็งแบบ fast freezing

ส่วนผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวก่อนการทำแห้งต่อคุณภาพด้านกลิ่นรสของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ได้นั้น จะเห็นว่า ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มีการเติมมอลโตเดกซ์ทรินก่อนการทำแห้งในปริมาณ 20%,25%,30% และ 35%(w/w) มีคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกันแต่มีคะแนนมากกว่าเมื่อใช้มอลโตเดกซ์ทรินในปริมาณ 15% อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)แต่การใช้มอลโตเดกซ์ทรินในปริมาณที่มากเกินไป อาจจะมีผลต่อรสชาติ เนื่องจากมอลโตเดกซ์ทรินที่ใช้ในการทดลองมีรสหวานเล็กน้อย จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านความหวานและความเปรี้ยวพบว่า น้ำมะนาวพร้อมดื่มที่เตรียมจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน 35% จะมีความหวานมากกว่าและความเปรี้ยวน้อยกว่าเมื่อ

เตรียมจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทรินในปริมาณ 15-30% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านกลิ่นรสโดยวิธีวิเคราะห์ทางเคมีจะเห็นว่า การเติมมอลโตเดกซ์ทรินในปริมาณ 30% ร่วมกับการใช้วิธีการแช่แข็งแบบ slow freezing มีผลให้ปริมาณ citral, %citral retention และ %d-limonene retention ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ได้สูงกว่าเมื่อเติมมอลโตเดกซ์ทรินในปริมาณ 20% และ 25% ร่วมกับวิธีการแช่แข็งแบบ slow freezing หรือ fast freezing และเมื่อพิจารณาคุณภาพด้านความชื้นและพฤติกรรมการดูดความชื้นโดยศึกษาจากค่า eq. water absorption จะเห็นว่า การเติมมอลโตเดกซ์ทรินในปริมาณ 25% และ 30% มีค่า eq.water absorption ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะมีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้มอลโตเดกซ์ทรินในปริมาณ 20% อย่างไรก็ตาม จากการวัดปริมาณความชื้นเริ่มต้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์พบว่า ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มีการเติมมอลโตเดกซ์ทริน 25% และใช้วิธีการแช่แข็งแบบ slow freezing มีปริมาณความชื้นแตกต่างจากผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน 30% และแช่แข็งด้วยวิธีเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นมากกว่า

จากการพิจารณาผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน ที่เติมในน้ำมะนาวก่อนการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ได้ พบว่า ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสมคือ 30% (w/w) ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไป จะเลือกใช้วิธีการแช่แข็งแบบ slow freezing และปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เติมในน้ำมะนาวก่อนการทำแห้ง 30% (w/w) เนื่องจาก ทำให้ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ได้มีคุณภาพดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การศึกษาผลของ Tricalcium phosphate (TCP) และ In-package desiccant (IPD) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บ

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลของ TCP โดยแปรปริมาณ TCP 3 ระดับ คือ 0% 0.5% และ 1.0% โดยน้ำหนักผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ และผลของการใช้ IPD (silica gel ที่บรรจุใน sift-proof moisture permeable paper ปริมาณ 10% โดยน้ำหนักผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์) เปรียบเทียบกับเมื่อไม่ใช้ IPD ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่บรรจุภายใต้ความดันบรรยากาศในถุงลามิเนต (PET-PE-Al-PE) ขนาด 4x4 นิ้ว และเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก 2 สัปดาห์ และทดสอบทางประสาทสัมผัสทุก 1 เดือน

ผลการวิเคราะห์ผลของ TCP และ IPD ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บได้แก่ %uncaking ปริมาณความชื้น water activity titratable acidity ปริมาณวิตะมินซี browning index และค่าการละลาย แสดงดังตารางที่ 4.3.1-4.3.11 และรูปที่ 4.3.1-4.3.9 ผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.3.12-4.3.18 และรูปที่ 4.3.10 ส่วนลักษณะของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่แปรปริมาณ TCP และ IPD หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน แสดงดังรูปที่ 4.3.11-4.3.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน %uncaking และปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

SOV	d.f.	%uncaking		ปริมาณความชื้น	
		MS	F	MS	F
TCP (A)	2	179.77	345.71*	0.07	7.78*
IPD (B)	1	723.08	1390.54*	4.10	455.56*
ระยะเวลาการเก็บ (C)	4	292.29	562.10*	9.28	1031.11*
AB	2	171.60	330.00*	0.06	6.67*
AC	8	90.67	174.36*	0.16	17.78*
BC	4	267.45	514.33*	0.30	33.33*
ABC	8	89.06	171.27*	0.06	6.67*
error	30	0.52		0.009	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าอิทธิพลของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บ รวมทั้งอิทธิพลร่วมของ TCP กับ IPD, TCP กับระยะเวลาการเก็บ, IPD กับระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสาม มีผลต่อ %uncaking และปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสาม ต่อ %uncaking และปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.3.2 และรูปที่ 4.3.1-4.3.2

ตารางที่ 4.3.2 ผลของอิทธิพลร่วมของ Tricalcium phosphate (TCP), In-package desiccant (IPD) และระยะเวลาการเก็บ ต่อ %uncaking และปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

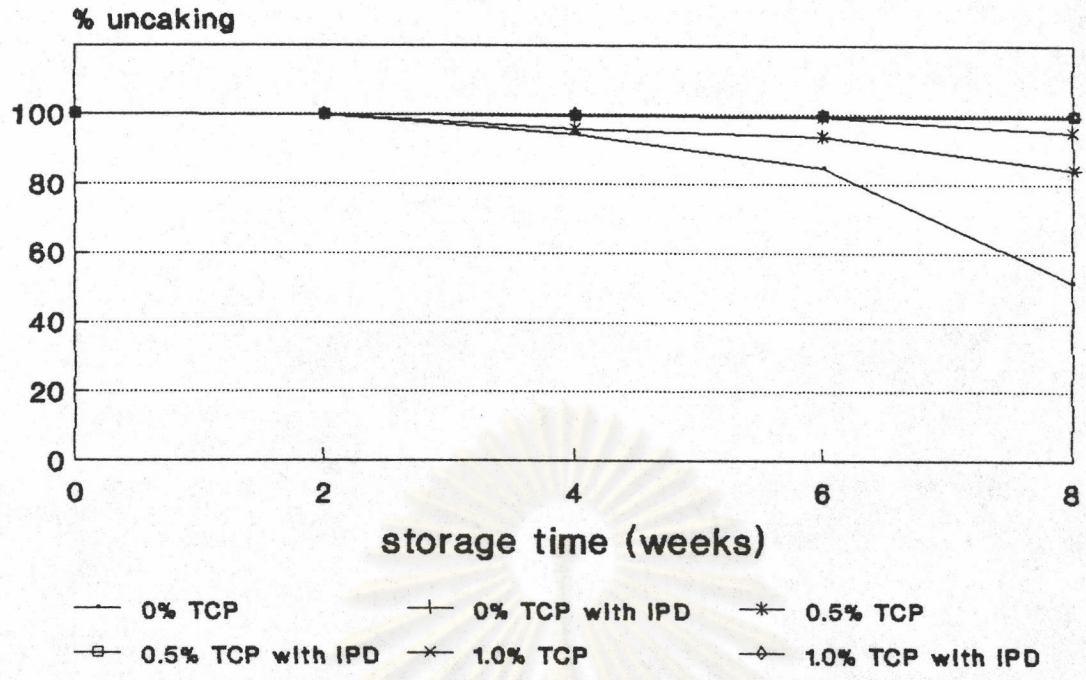
ปริมาณ TCP (% by wt.)	IPD	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	%uncaking	ปริมาณความชื้น (%dry basis)
0	ไม่มี	0	100 a	5.08±0.03 hi
		2	99.67±0.20 a	5.10±0.00 h
		4	94.34±1.53 bc	6.52±0.01 f
		6	84.80±1.53 d	6.52±0.01 d
		8	51.74±1.77 e	7.63±0.00 a
	มี	0	100 a	5.08±0.03 hi
		2	99.80±0.11 a	4.66±0.03 j
		4	99.87±0.06 a	5.22±0.02 h
		6	99.14±0.54 a	5.88±0.14 f
		8	99.32±0.08 a	6.81±0.03 c

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

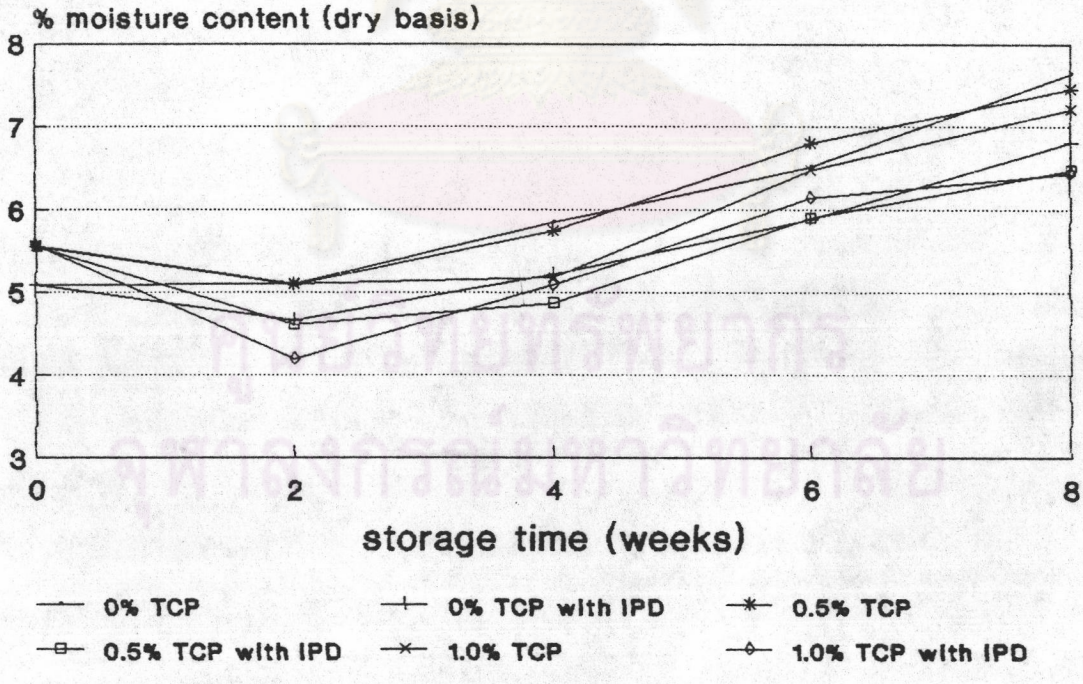
ตารางที่ 4.3.2 (ต่อ)

ปริมาณ TCP (% by wt.)	IPD	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	%uncaking	ปริมาณความชื้น (%dry basis)
0.5	ไม่มี	0	100 a	5.55±0.14 g
		2	99.84±0.04 a	5.08±0.03 hi
		4	95.74±0.62 b	5.74±0.11 fg
		6	93.58±1.76 c	6.80±0.23 c
		8	84.12±1.36 d	7.46±0.05 a
	มี	0	100 a	5.55±0.14 g
		2	99.85±0.06 a	4.61±0.14 j
		4	99.62±0.42 a	4.87±0.04 i
		6	99.56±0.16 a	5.90±0.01 f
		8	99.44±0.44 a	6.48±0.04 d
1.0	ไม่มี	0	100 a	5.56±0.15 g
		2	99.80±0.13 a	5.10±0.06 h
		4	99.57±0.27 a	5.18±0.01 h
		6	99.32±0.62 a	6.48±0.16 d
		8	94.80±0.87 bc	7.21±0.04 b
	มี	0	100 a	5.56±0.15 g
		2	99.91±0.06 a	4.20±0.05 k
		4	99.80±0.17 a	5.08±0.03 hi
		6	99.62±0.36 a	6.14±0.06 e
		8	99.54±0.54 a	6.44±0.01 d

a,b,c,... ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.3.1 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บต่อ %uncaking ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.3.2 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

จากรูปที่ 4.3.1 จะเห็นว่า ระยะเวลาการเก็บในช่วง 2 สัปดาห์แรก %uncaking ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ไม่แตกต่างจากที่เวลาเริ่มต้น ทั้ง TCP และ IPD ไม่มีผลต่อ %uncaking ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ หลังจากนั้น %uncaking ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่มี IPD จะเริ่มลดลงตามระยะเวลาการเก็บทั้งนี้การลดลงของ %uncaking ขึ้นอยู่กับปริมาณ TCP โดย %uncaking ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่เติม TCP จะลดลงเร็วที่สุด รองลงมาคือผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 0.5% และ 1.0% ตามลำดับ ส่วนผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้ IPD เพียงอย่างเดียวและที่ใช้ IPD ร่วมกับ TCP 0.5% หรือ 1.0% มีการจับตัวเป็นก้อนเพียงเล็กน้อย โดย %uncaking ค่อนข้างคงที่ (ในช่วง 99-100%) ตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้ IPD ร่วมกับการเติม TCP 0.5% หรือที่ใช้ IPD เพียงอย่างเดียว มีการจับตัวเป็นก้อนหลังจากระยะเวลาการเก็บ 1 เดือน อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh แรงจากการเขย่าตะแกรงทำให้ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่จับตัวเป็นก้อนแตกออกเป็นผงละเอียดได้โดยง่าย ส่วนผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้ IPD ร่วมกับ TCP 1.0% จะยังคงมีลักษณะเป็นผงละเอียด หลังจากที่เก็บไว้นาน 2 เดือน

จากรูปที่ 4.3.2 แสดงผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์จะเห็นว่า ปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ ยกเว้นเฉพาะผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD ในช่วงเวลาการเก็บ 2 สัปดาห์แรก จะมีปริมาณความชื้นลดลงเล็กน้อย หลังจากนั้นจึงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับทั้ง TCP และ IPD โดยปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้ IPD ที่เวลาต่างๆ จะน้อยกว่าเมื่อไม่ใช้ IPD อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)และปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่เติม TCP ที่เวลาใดๆ มีค่าไม่แตกต่างจากเมื่อเติม TCP 0.5% แต่มีค่ามากกว่าเมื่อเติม TCP 1.0% อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3.3 ค่า water activity(a_w) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD

ปริมาณ TCP (% by wt.)	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	a_w ไม่มี IPD	a_w มี IPD
0	0	0.518±0.004	0.518±0.004
	2	0.520±0.007	0.535±0.007
	4	0.535±0.007	0.560±0.014
	6	0.560±0.007	0.575±0.007
	8	0.595±0.007	0.593±0.004
0.5	0	0.510±0.014	0.510±0.014
	2	0.528±0.011	0.505±0.007
	4	0.548±0.011	0.520±0.000
	6	0.550±0.014	0.530±0.014
	8	0.582±0.004	0.545±0.007
1.0	0	0.507±0.011	0.507±0.011
	2	0.515±0.007	0.505±0.007
	4	0.520±0.000	0.515±0.007
	6	0.540±0.014	0.525±0.007
	8	0.575±0.007	0.530±0.014

ตารางที่ 4.3.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า water activity(a_w) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

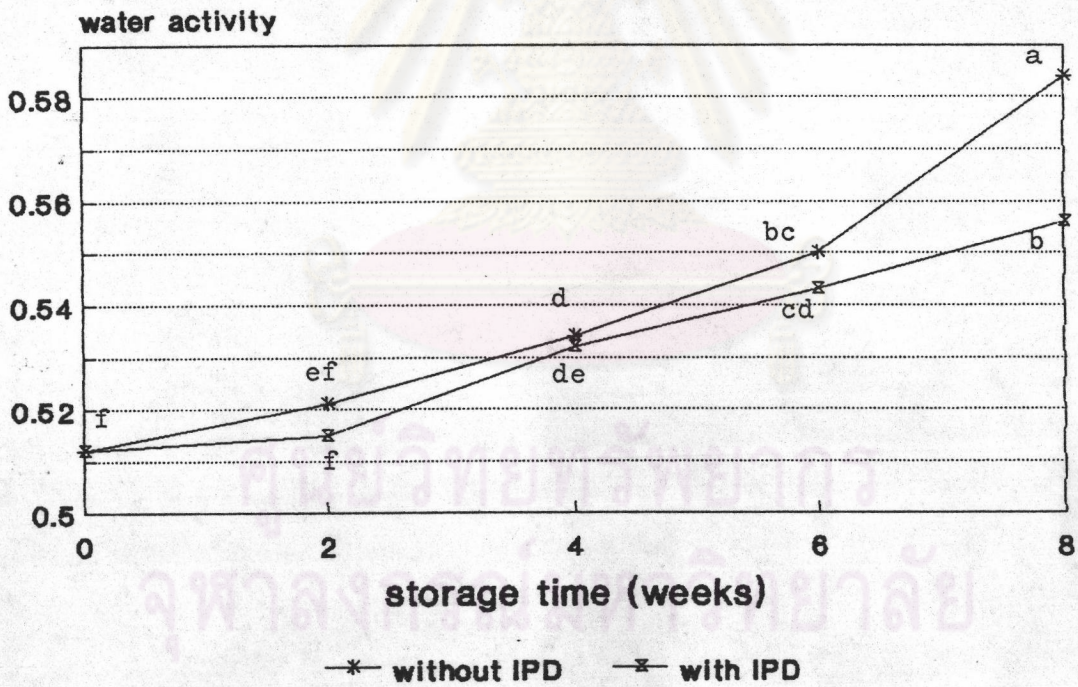
SOV	d.f.	MS	F
TCP (A)	2	3.72E-03	40.57*
IPD (B)	1	1.13E-03	12.32*
ระยะเวลาการเก็บ (C)	4	6.59E-03	71.86*
AB	2	1.43E-03	15.59*
AC	8	0.20E-03	2.18
BC	4	0.38E-03	4.14*
ABC	8	0.12E-03	1.31
error	30	9.17E-05	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อิทธิพลของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บรวมทั้งอิทธิพลร่วมของ TCP กับ IPD และอิทธิพลร่วมของ IPD กับระยะเวลาการเก็บ มีผลต่อ a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP กับ IPD และอิทธิพลร่วมของ IPD กับระยะเวลาการเก็บต่อ a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.3.5 และ รูปที่ 4.3.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3.5 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP และ IPD ต่อค่า water activity (a_w) ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

TCP (% by wt.)	a_w ไม่มี IPD	a_w มี IPD
0	0.545±0.031 b	0.555±0.029 a
0.5	0.540±0.027 b	0.520±0.018 d
1.0	0.530±0.026 c	0.520±0.012 d



a,b,c,... ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4.3.3 ผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อค่า water activity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอิทธิพลร่วมระหว่าง TCP และ IPD ต่อ a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ด้วยวิธี Duncan's multiple range test(ดังตารางที่ 4.3.5)พบว่า a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 0.5% หรือ 1.0% โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้ IPD ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่ากรณีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อ a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์(รูปที่ 4.3.3) พบว่า a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ โดยในช่วง 4 สัปดาห์แรก a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้ IPD มีค่าน้อยกว่าเมื่อไม่มี IPD เพียงเล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) หลังจากนั้น a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่ใช้ IPD จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD จะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเร็วที่ต่ำกว่า และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า a_w ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่มี IPD สูงกว่าเมื่อมี IPD อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.6 Titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD

ปริมาณ TCP (% by wt.)	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	Titratable acidity (as % citric acid)	
		ไม่มี IPD	มี IPD
0	0	18.85±0.04	18.85±0.04
	2	18.67±0.20	18.24±0.06
	4	19.03±0.01	18.52±0.57
	6	18.17±0.28	18.54±0.30
	8	18.43±0.27	18.82±0.01
0.5	0	18.10±0.30	18.10±0.30
	2	18.26±0.32	18.26±0.24
	4	18.76±0.49	18.78±0.31
	6	18.74±0.20	18.89±0.08
	8	18.05±0.30	18.33±0.44
1.0	0	17.80±0.08	17.80±0.08
	2	18.18±0.02	17.36±0.08
	4	18.62±0.35	18.42±0.52
	6	17.70±0.12	18.20±0.60
	8	17.98±0.02	18.08±0.01

ตารางที่ 4.3.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

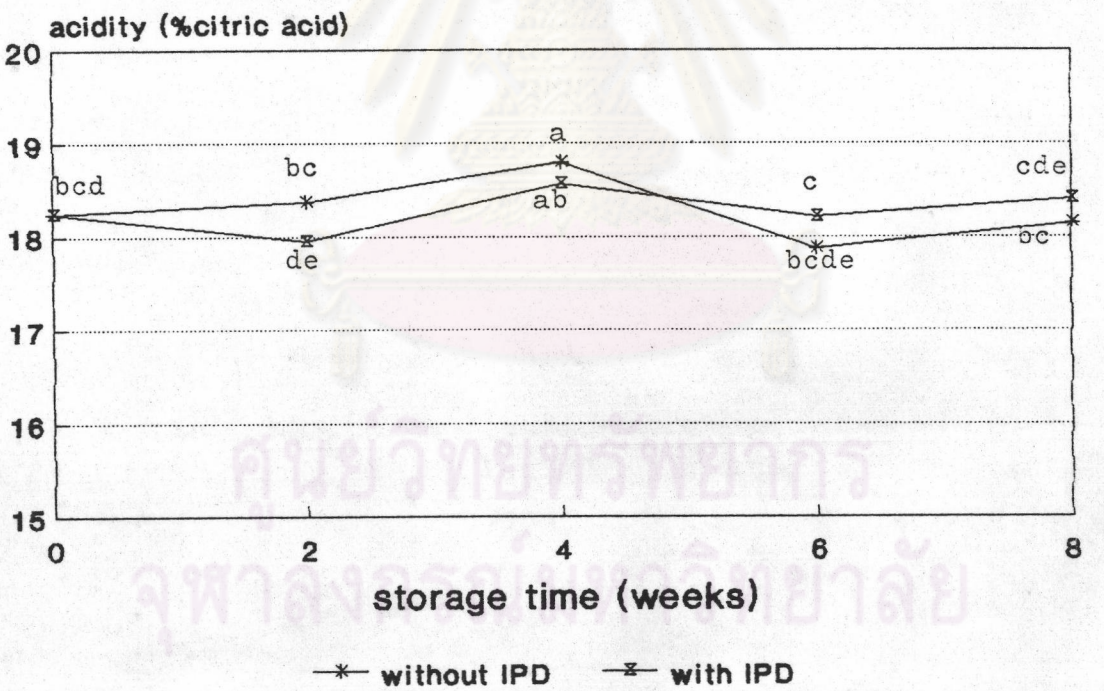
SOV	d.f.	MS	F
TCP (A)	2	1.85	23.12*
IPD (B)	1	0.002	0.02
ระยะเวลาการเก็บ (C)	4	0.72	9.00*
AB	2	0.041	0.51
AC	8	0.15	1.88
BC	4	0.31	3.88*
ABC	8	0.064	0.80
error	30	0.08	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลของ TCP และระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของ IPD กับระยะเวลาการเก็บ มีผลต่อ titratable acidity ของมะนาวผงฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลของอิทธิพลของ TCP และ อิทธิพลร่วมของ IPD กับระยะเวลาการเก็บต่อ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.3.8 และรูปที่ 4.3.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3.8 ผลของ TCP ต่อ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

ปริมาณ TCP (% by wt.)	Titratable acidity (as % citric acid)
0	18.61±0.33 a
0.5	18.23±0.40 b
1.0	18.01±0.41 c



a,b,c ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4.3.4 ผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บต่อ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอิทธิพลของ TCP ต่อ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ด้วยวิธี Duncan's multiple range test ดังตารางที่ 4.3.8 พบว่าการเพิ่มปริมาณ TCP มีผลให้ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และจากการศึกษาผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บต่อ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ พบว่า ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ทั้งที่มีและไม่มี IPD มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บโดยในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์แรก titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่มี IPD มีค่ามากกว่าเมื่อไม่มี IPD แต่หลังจากนั้นให้ผลในทางตรงข้ามกันคือ ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD มี titratable acidity สูงกว่า อย่างไรก็ตาม จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย titratable acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ทั้งที่มีและไม่มี IPD ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ ด้วยวิธี Duncan's multiple range test พบว่า acidity ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์เหล่านี้ มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณวิตะมินซี และ browning index ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

SOV	d.f.	ปริมาณวิตะมินซี		Browning index	
		MS	F	MS	F
TCP (A)	2	585.38	88.56*	0.0047	94.95*
IPD (B)	1	9.70	1.47	0.0092	185.86*
ระยะเวลาการเก็บ (C)	4	14.89	2.25	0.0791	1597.98*
AB	2	14.37	2.17	0.0031	62.63*
AC	8	17.97	2.72*	0.0002	4.04*
BC	4	15.84	2.40	0.0038	76.77*
ABC	8	16.82	2.54*	0.0007	14.14*
error	30	6.61		4.96E-05	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลของ TCP อิทธิพลร่วมของ TCP กับระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสาม มีผลต่อปริมาณวิตะมินซีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ส่วนผลต่อ browning index พบว่า อิทธิพลของ TCP, IPD, ระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของ TCP กับ IPD, TCP กับระยะเวลาการเก็บ, IPD กับระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสาม มีผลต่อ browning index ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสามต่อปริมาณวิตะมินซีและ browning index ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงดังตารางที่ 4.3.10 และรูปที่ 4.3.5-4.3.6

ตารางที่ 4.3.10 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณวิตะมินซี และ browning index ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

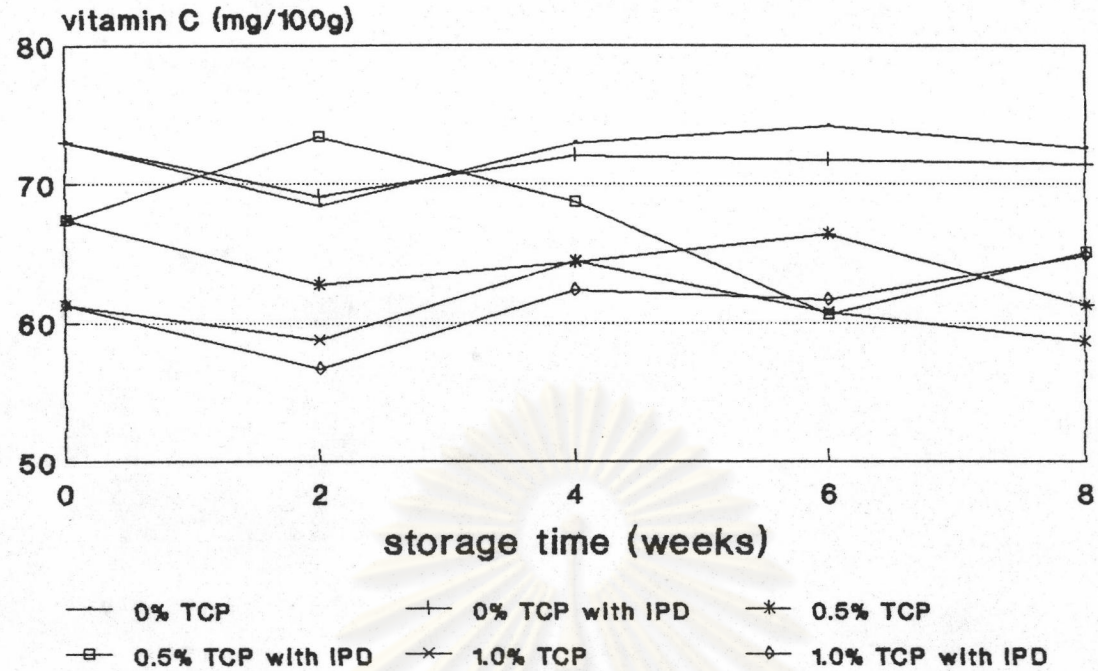
ปริมาณ TCP (% by wt.)	IPD	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณวิตะมินซี (mg/100g)	Browning index (A_{420})
0	ไม่มี	0	73.00±2.14 ab	0.317±0.010 ijk
		2	68.36±2.20 abcdef	0.331±0.003 hi
		4	72.96±0.00 ab	0.427±0.011 f
		6	74.20±4.00 a	0.477±0.009 b
		8	72.56±3.85 ab	0.500±0.001 a
	มี	0	73.00±2.14 ab	0.317±0.011 ijk
		2	69.08±1.82 abcd	0.343±0.008 h
		4	72.00±0.36 abc	0.405±0.009 g
		6	71.73±0.69 abc	0.505±0.012 a
		8	71.42±0.35 abc	0.502±0.001 a
0.5	ไม่มี	0	67.38±1.07 bcdefg	0.303±0.008 k
		2	62.77±1.46 efghij	0.312±0.004 jk
		4	64.34±0.36 defghi	0.458±0.006 cde
		6	66.36±5.40 cedfgh	0.469±0.005 bcd
		8	61.30±1.07 ghij	0.492±0.005 a
	มี	0	67.38±1.07 bcdefg	0.303±0.008 k
		2	73.43±8.95 ab	0.311±0.003 jk
		4	68.70±2.14 abcde	0.325±0.008 ij
		6	60.58±0.35 hij	0.455±0.010 de
		8	65.04±0.35 defgh	0.458±0.006 cde

ตารางที่ 4.3.10 (ต่อ)

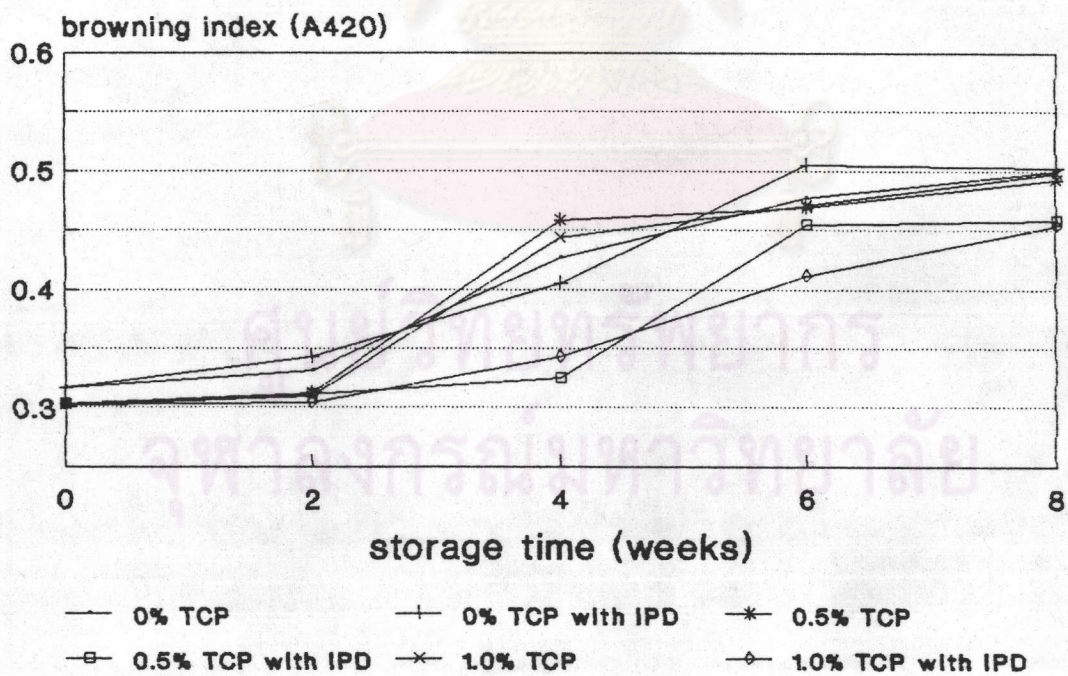
ปริมาณ TCP (% by wt.)	IPD	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณวิตะมินซี (mg/100g)	Browning index (A_{420})
1.0	ไม่มี	0	61.30±0.35 ghij	0.302±0.004 k
		2	58.69±1.09 ij	0.309±0.011 jk
		4	64.42±0.71 defghi	0.444±0.006 e
		6	60.71±3.24 hij	0.471±0.009 bc
		8	58.62±0.71 ij	0.498±0.004 a
	มี	0	61.30±0.35 ghij	0.302±0.004 k
		2	56.63±1.10 j	0.304±0.004 k
		4	62.34±2.44 fghij	0.343±0.001 h
		6	61.63±0.00 ghij	0.411±0.002 g
		8	64.80±3.13 defghi	0.454±0.004 de

a,b,c,... ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3.5 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณวิตะมินซีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.3.6 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP,IPD และระยะเวลาการเก็บต่อ browning index ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

จากการศึกษาผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อปริมาณวิตะมินซีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์(ดังตารางที่ 4.3.10 และรูปที่ 4.3.5) พบว่า TCP เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อปริมาณวิตะมินซีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ โดยปริมาณวิตะมินซีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 0.5% หรือ 1.0% จะน้อยกว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่ได้เติม TCP อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้จากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณวิตะมินซีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการเก็บ อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับอิทธิพลของ IPD นั้น พบว่า ปริมาณวิตะมินซีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มีหรือไม่มี IPD ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากรูปที่ 4.3.6 ซึ่งแสดงอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อ browning index ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ จะเห็นว่า browning index มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 2 สัปดาห์ การเพิ่มขึ้นของ browning index ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD ทั้งที่มีการเติม TCP 0.5% หรือ 1.0% ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่จะเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อไม่มี IPD อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า การใช้ IPD ในผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่มีการเติม TCP จะไม่มีผลต่อ browning index ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บมากนัก แต่การใช้ IPD ร่วมกับ TCP ในปริมาณ 0.5% หรือ 1.0% มีผลให้การเพิ่มขึ้นของ browning index น้อยกว่า เมื่อใช้ TCP เพียงอย่างเดียว

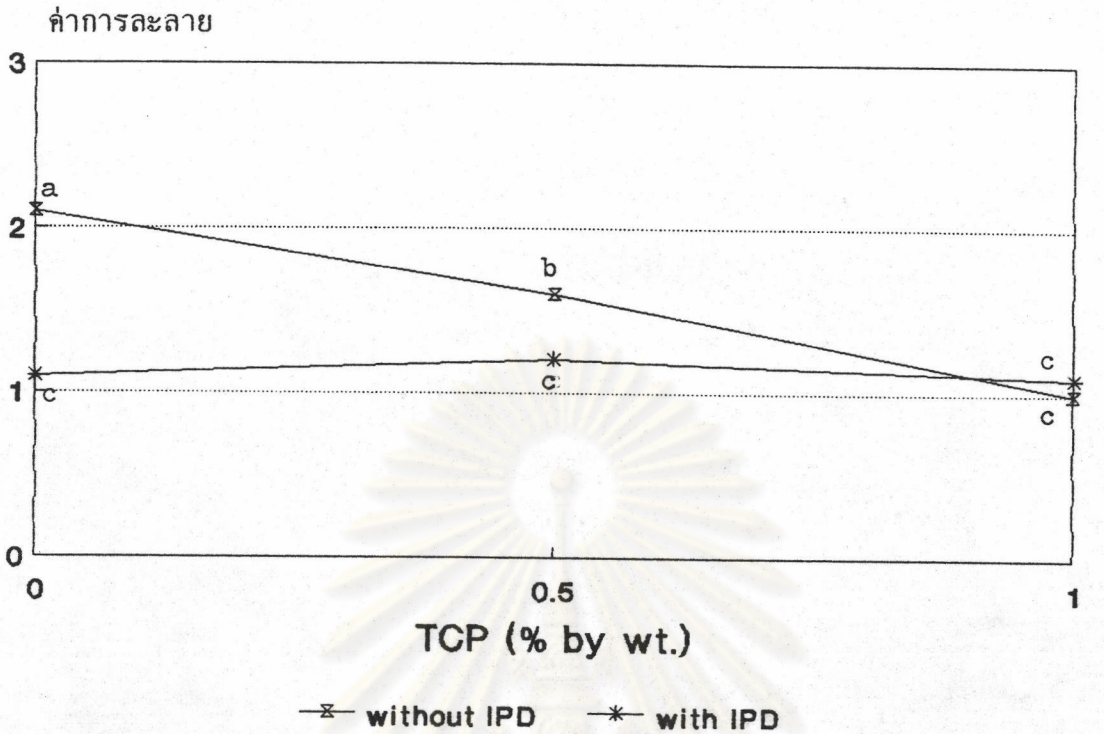
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

SOV	d.f.	MS	F
TCP (A)	2	1.55	10.33*
IPD (B)	1	2.82	18.80*
ระยะเวลาการเก็บ (C)	4	1.02	6.80*
AB	2	1.52	10.13*
AC	8	0.53	3.53*
BC	4	0.48	3.20*
ABC	8	0.246	1.64
error	30	0.15	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลของ TCP, IPD, ระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของ TCP กับ IPD, TCP กับระยะเวลาการเก็บ และ IPD กับระยะเวลาการเก็บ มีผลต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ผลของอิทธิพลร่วมดังกล่าว ต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บ แสดงดังรูปที่ 4.3.7 ถึง 4.3.9 ตามลำดับ

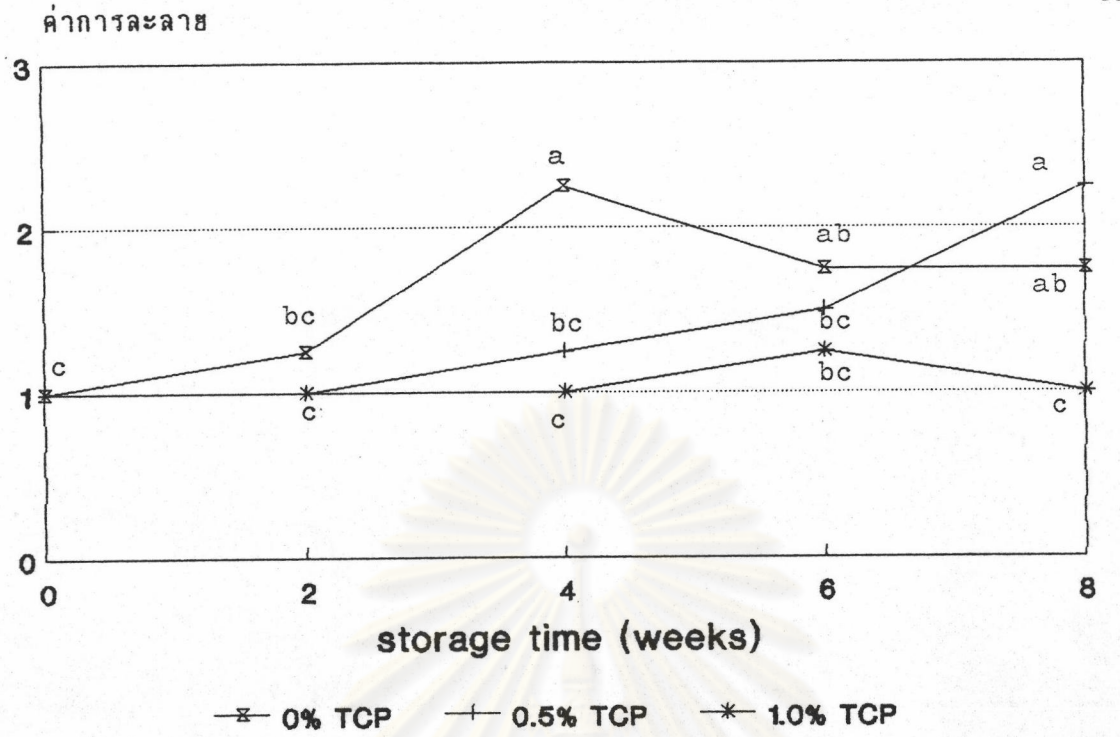


รูปที่ 4.3.7 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP และ IPD ต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

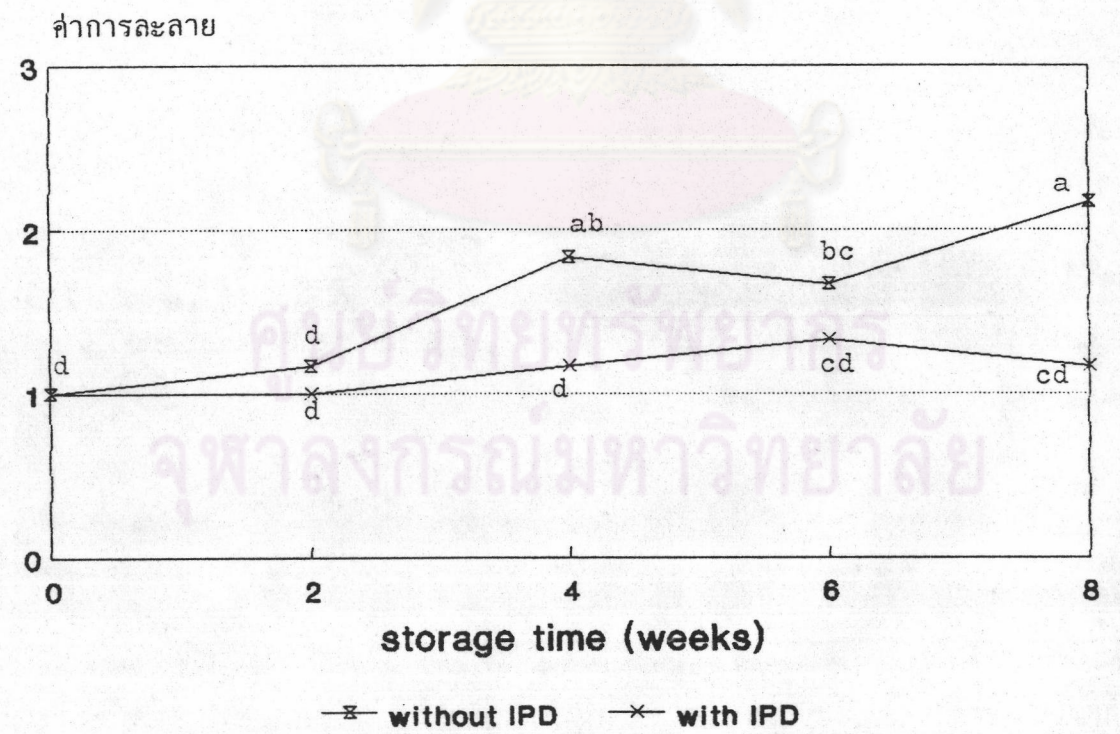
หมายเหตุ * ค่าที่แสดงในกราฟรูปที่ 4.3.7 และที่จะมีต่อไปถึงรูปที่ 4.3.9 เป็นค่าการละลายที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยมีความหมาย ดังนี้

ค่าการละลาย	ช่วงเวลาที่ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ละลายหมด
1	ภายใน 10 วินาที
2	10–20 วินาที
3	20–30 วินาที

* a,b,c,... ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.3.8 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP และ ระยะเวลาการเก็บต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.3.9 ผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

จากรูป 4.3.7 ซึ่งแสดงอิทธิพลร่วมของ TCP และ IPD ต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ โดยค่าการละลายที่มากแสดงถึงเวลาที่ใช้ในการละลายที่เพิ่มขึ้น จะเห็นว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 0.5% หรือ 1.0% ทั้งที่ใช้และไม่ใช้ IPD มีค่าการละลายที่ใกล้เคียงกัน ส่วนผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่มีการเติม TCP นั้น การใช้ IPD มีผลให้ค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ต่ำกว่าเมื่อไม่ใช้ IPD ส่วนผลของอิทธิพลร่วมของ TCP และระยะเวลาการเก็บต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ดังรูปที่ 4.3.8 แสดงให้เห็นว่าค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่ได้เติม TCP หรือที่เติมในปริมาณ 0.5%โดยน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ นั่นคือ ต้องใช้เวลาในการทำให้ละลายหมดเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลานานขึ้น ทั้งนี้ค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่ได้เติม TCP ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ มีค่ามากกว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 0.5% ส่วนผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 1.0% มีค่าการละลายต่ำกว่าทั้งสองกรณีข้างต้นและค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน นอกจากนี้จากการศึกษาผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์(ดังแสดงในรูปที่ 4.3.9) พบว่าค่าการละลายของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่ใช้ IPD เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ และมีค่ามากกว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ใช้ IPD ซึ่งมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.12 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านสีและลักษณะผลิตภัณฑ์ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD

ปริมาณ TCP (% by wt.)	IPD	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย สี (คะแนนเต็ม 5)	ลักษณะผลิตภัณฑ์ (คะแนนเต็ม 5)
0	ไม่มี	0	3.82±0.88	4.02±0.94
		4	4.18±0.77	3.71±1.04
		8	4.00±0.82	3.47±0.96
	มี	0	3.82±0.88	4.02±0.94
		4	4.48±0.38	4.27±0.76
		8	4.50±0.50	3.88±0.90
0.5	ไม่มี	0	4.20±0.50	4.60±0.36
		4	4.40±0.31	4.48±0.30
		8	3.94±0.83	4.07±0.71
	มี	0	4.20±0.50	4.60±0.36
		4	4.54±0.36	4.72±0.26
		8	4.60±0.41	4.42±0.43
1.0	ไม่มี	0	4.28±0.56	4.70±0.35
		4	4.38±0.39	4.76±0.25
		8	3.98±0.74	4.22±0.60
	มี	0	4.28±0.56	4.70±0.35
		4	4.58±0.35	4.80±0.22
		8	4.64±0.36	4.68±0.33

ตารางที่ 4.3.13 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสและความชอบรวมของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD

ปริมาณ TCP (% by wt.)	IPD	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย กลิ่นรส (คะแนนเต็ม 15)	คะแนนเฉลี่ย ความชอบรวม (คะแนนเต็ม 5)
0	ไม่มี	0	11.40±1.90	3.95±0.45
		4	10.50±3.06	3.71±1.13
		8	10.70±2.63	3.84±0.77
	มี	0	11.40±1.90	3.95±0.45
		4	11.30±2.75	4.29±0.69
		8	10.00±2.83	3.75±0.80
0.5	ไม่มี	0	9.80±1.55	3.88±0.40
		4	8.60±2.95	3.68±0.86
		8	10.50±2.01	4.10±0.38
	มี	0	9.80±1.55	3.88±0.40
		4	9.80±3.08	4.18±0.58
		8	8.90±3.51	3.79±0.86
1.0	ไม่มี	0	11.40±2.01	4.12±0.44
		4	9.80±1.69	4.26±0.39
		8	10.50±2.22	4.04±0.56
	มี	0	11.40±2.01	4.15±0.41
		4	9.20±2.74	4.02±0.38
		8	9.80±3.49	3.96±0.57

ตารางที่ 4.3.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านสีและลักษณะของผงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD

SOV	d.f.	สี		ลักษณะผลิตภัณฑ์	
		MS	F	MS	F
TCP (A)	2	0.81	3.42*	9.26	34.55*
IPD (B)	1	3.40	14.34*	2.30	8.58*
ระยะเวลาการเก็บ (C)	2	1.62	6.84*	2.16	8.06*
AB	2	0.003	0.013	0.10	0.37
AC	4	0.26	1.10	0.02	0.07
BC	2	1.45	6.12*	0.63	2.35
ABC	4	0.04	0.17	0.13	0.48
panelist	9	2.36	9.96*	2.53	9.44*
error	153	0.237		0.268	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นรส และความชอบรวมของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD

SOV	d.f.	กลิ่นรส		ความชอบรวม	
		MS	F	MS	F
TCP (A)	2	26.32	5.77*	0.62	2.07
IPD (B)	1	1.42	0.31	0.08	0.27
ระยะเวลาการเก็บ (C)	2	16.80	3.68*	0.18	0.60
AB	2	0.84	0.18	0.26	0.87
AC	4	4.72	1.04	0.10	0.33
BC	2	8.42	1.85	0.73	2.43
ABC	4	2.49	0.55	0.43	1.43
panelist	9	36.50	8.00*	1.80	6.00
error	153	4.56		0.30	

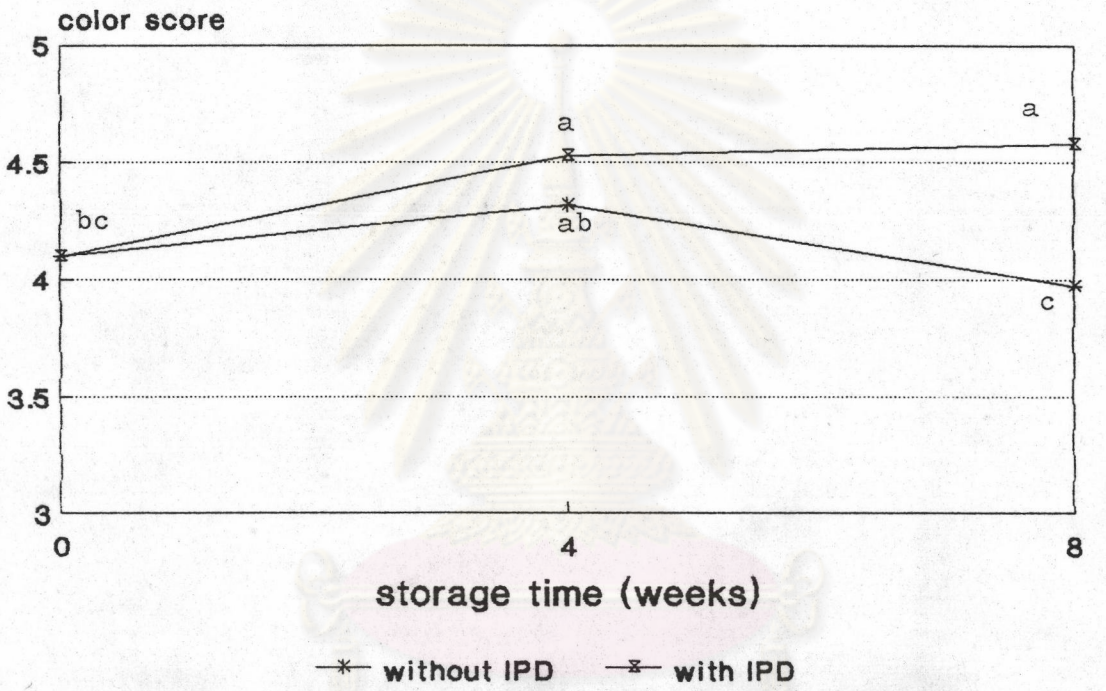
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3.16 ผลของปริมาณ TCP ต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านสี ลักษณะผลิตภัณฑ์และกลิ่นรสของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง

ปริมาณ TCP (% by wt.)	คะแนนเฉลี่ย		
	สี	ลักษณะผลิตภัณฑ์	กลิ่นรส
	(คะแนนเต็ม) (5)	(5)	(15)
0	4.14±0.76 b	3.90±0.92 b	10.88±2.50 a
0.5	4.31±0.54 ab	4.48±0.46 a	9.57±2.53 b
1.0	4.36±0.54 a	4.64±0.40 a	10.35±2.48 a

a,b ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3.10 ผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านสีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.3.17 ผลของ IPD ต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

IPD	คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ (คะแนนเต็ม 5)
ไม่มี IPD	4.23±0.78 b
มี IPD	4.45±0.63 a

a,b ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3.18 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะผลิตภัณฑ์และกลิ่นรสของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย	
	ลักษณะผลิตภัณฑ์ (คะแนนเต็ม) (5)	กลิ่นรส (15)
0	4.44±0.66 a	10.87±1.91 a
2	4.46±0.66 a	9.87±2.78 b
8	4.12±0.77 b	10.07±2.79 b

a,b ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลของ TCP, IPD, ระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของ IPD กับระยะเวลาการเก็บ มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านสีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลของ TCP ต่อคะแนนเฉลี่ยด้านสี ด้วยวิธี Duncan's multiple range test แสดงดังตารางที่ 4.3.16 จากตารางจะเห็นว่า ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP ในปริมาณ 0.5% หรือ 1.0% โดยน้ำหนัก มีคะแนนเฉลี่ยด้านสีตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 1.0% มีคะแนนสูงกว่ามะนาวผงฟรีซดรายด์ที่ไม่ได้เติม TCP อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และจากรูปที่ 4.3.10 ซึ่งแสดงผลของอิทธิพลร่วมของIPD และระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนเฉลี่ยด้านสีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ แสดงให้เห็นว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ทั้งที่มีและไม่มี IPD ไว้เป็นเวลา 1เดือน คะแนนเฉลี่ยด้านสีของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ต่อไปจนถึง 2 เดือน พบว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD มีคะแนนเฉลี่ยด้านสี ไม่แตกต่างกับที่ระยะเวลา 1 เดือน ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านสีของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่มี IPD ลดลงอย่างมาก และแตกต่างจากที่ระยะเวลา 1 เดือนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะผลิตภัณฑ์พบว่า อิทธิพลของ TCP , IPD และระยะเวลาการเก็บ มีผลต่อคะแนนด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 0.5% หรือ 1.0% โดยน้ำหนักมีคะแนนเฉลี่ยของลักษณะผลิตภัณฑ์ ตลอดระยะเวลาการเก็บ สูงกว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่เติม TCP อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)(ดังตารางที่ 4.3.16) จากตารางที่ 4.3.17 จะเห็นว่า คะแนนเฉลี่ย ด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD ตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน สูงกว่าเมื่อไม่มี IPD อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 4.3.18 โดยคะแนนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บ 1 เดือน ไม่แตกต่างจากที่ระยะเวลาเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่หลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 2 เดือน คะแนนเฉลี่ยจะลดลงและมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

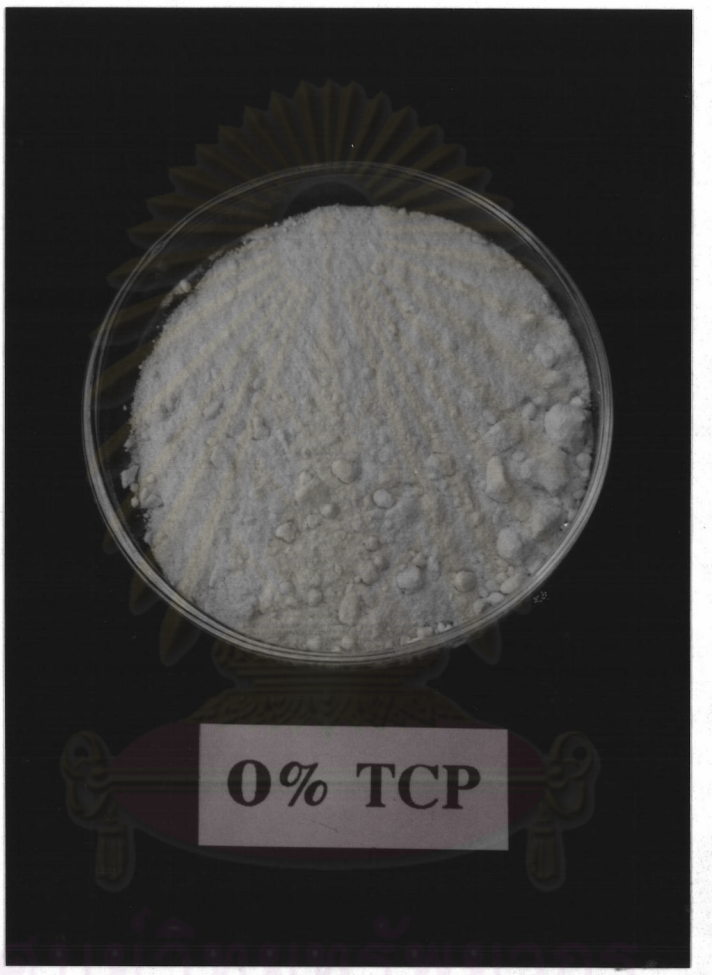
ส่วนคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์นั้นพบว่า ปัจจัยที่มีผลคือ TCP (A) และระยะเวลาการเก็บ(C) โดยผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 0.5% มีคะแนนเฉลี่ย

ด้านกลิ่นรสตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน ต่ำกว่าผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่ไม่เติม TCP หรือที่เติม 1.0% โดยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)(ดังตารางที่ 4.3.16) เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ ดังตารางที่ 4.3.18 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บ โดยเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 1 เดือน มีผลให้คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสต่ำกว่าที่เวลาเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 2 เดือน คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างจากเมื่อเก็บไว้ 1 เดือน อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลของ TCP(A), IPD(B) และระยะเวลาการเก็บ(C) ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ดังตารางที่ 4.3.15)

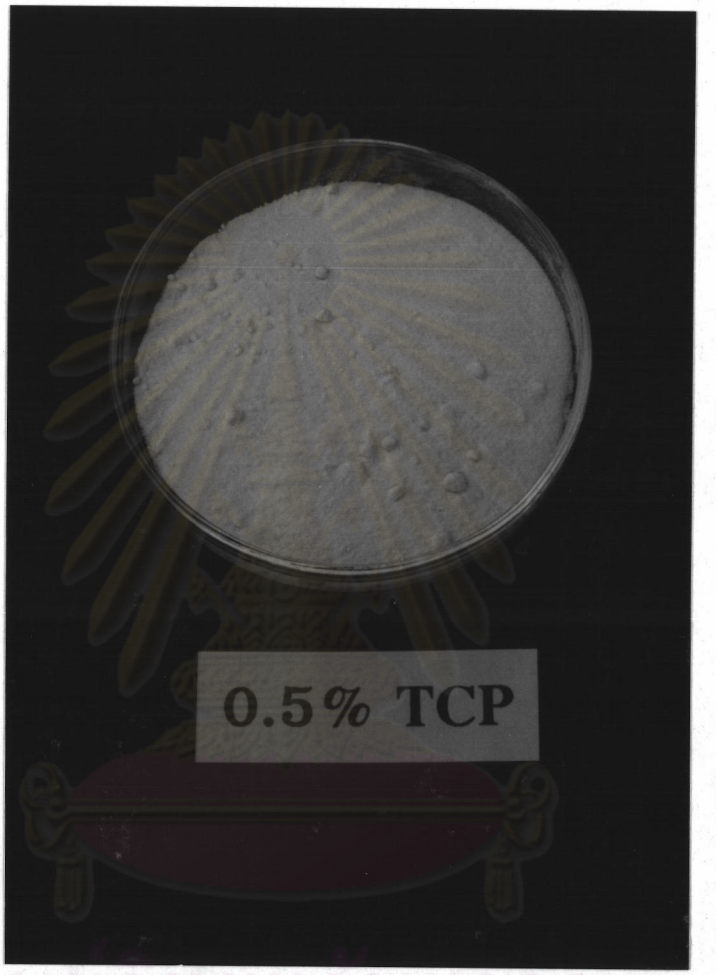
สำหรับลักษณะของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่แปรปริมาณ TCP และ IPD หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือนนั้นแสดงดังรูปที่ 4.3.11-4.3.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



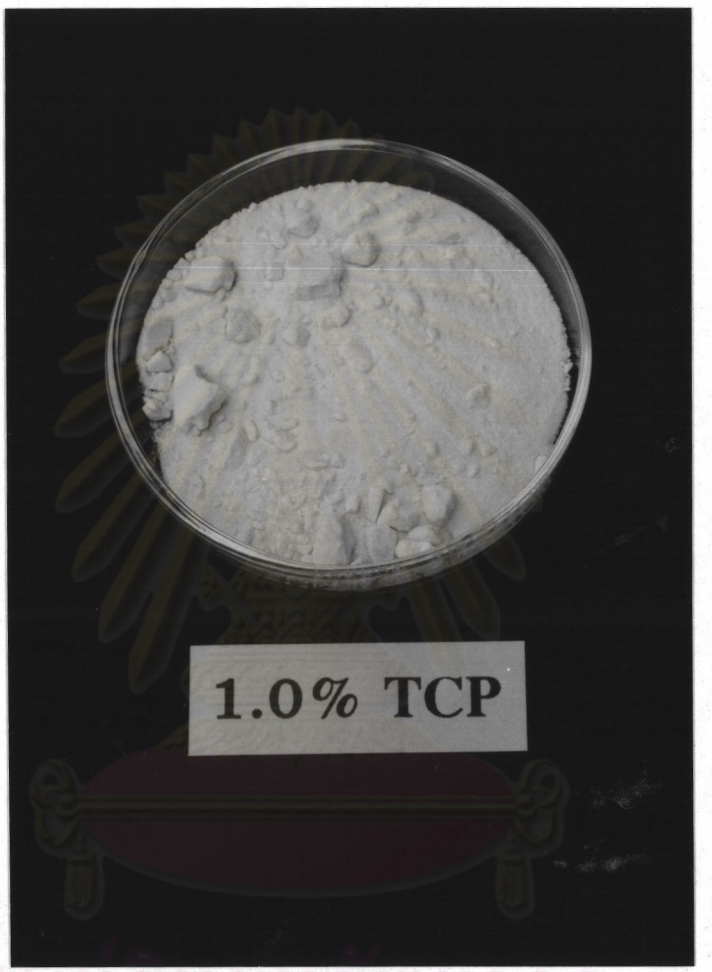
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3.11 ลักษณะของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน



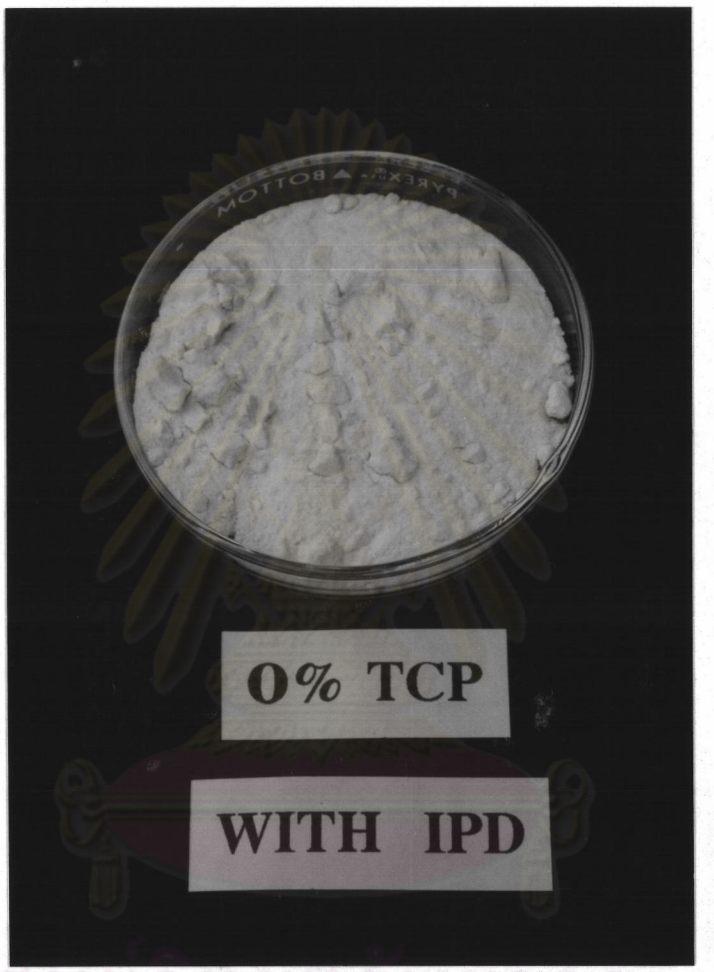
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3.12 ลักษณะของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 0.5% โดยน้ำหนัก หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน

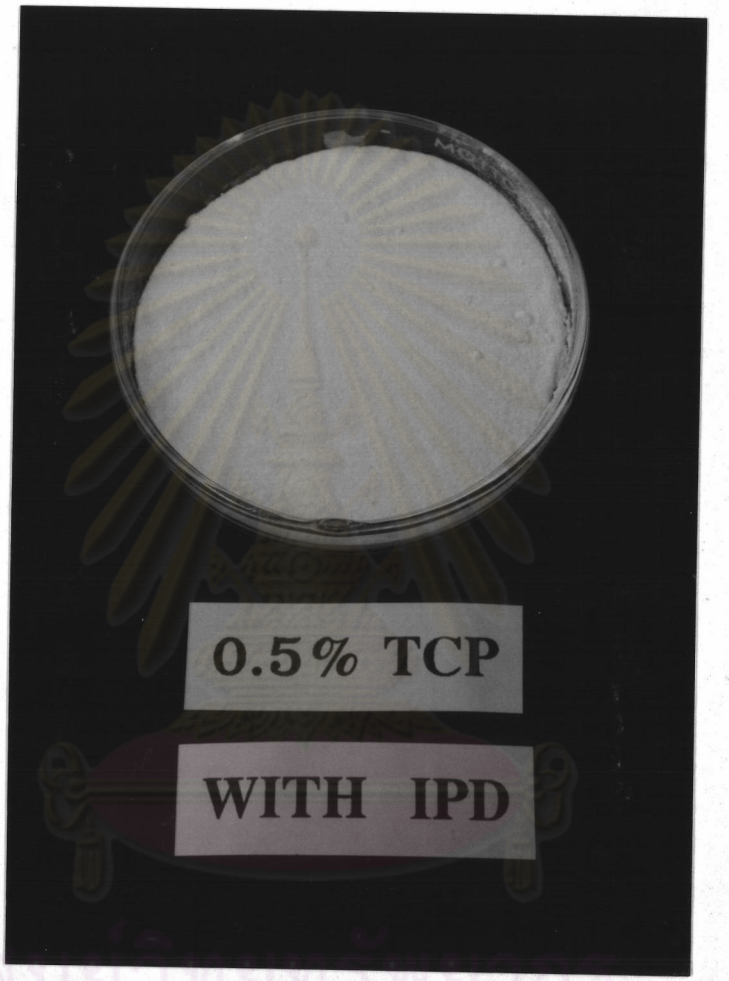


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

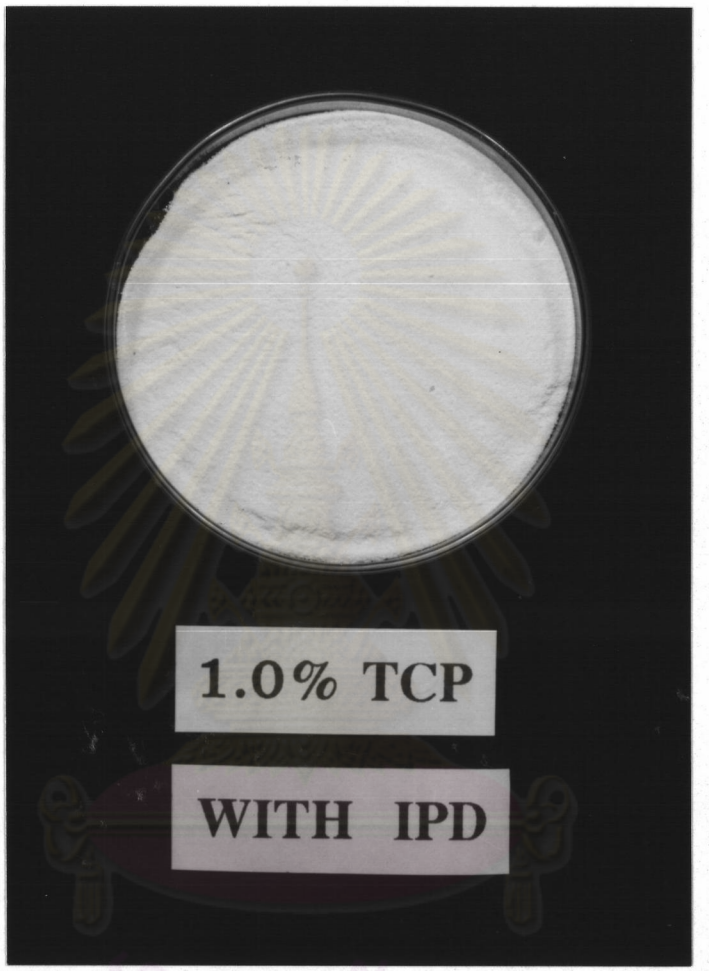
<u>รูปที่ 4.3.13</u> ลักษณะของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่เติม TCP 1.0% โดยน้ำหนัก หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน



รูปที่ 4.3.14 ลักษณะของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 เดือน



รูปที่ 4.3.15 ลักษณะของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD และ TCP 0.5% โดยน้ำหนัก หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน



รูปที่ 4.3.16 ลักษณะของผงน้ำมะนาวฟรีซดรายด์ที่มี IPD และ TCP 1.0% โดยน้ำหนัก หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน