

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการเตรียมโคโคซาน

ผลการเตรียมโคโคซานจากเปลือกกุ้งที่ภาวะต่าง ๆ ได้โคโคซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิติลและน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกัน แสดงได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ระดับการกำจัดหมู่อะซิติล และน้ำหนักโมเลกุลของโคโคซาน ที่เตรียมได้จากเปลือกกุ้งที่ภาวะต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิ เวลา และจำนวนครั้งการสกัดซ้ำ

ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา (ชม.)	จำนวนครั้งการสกัดซ้ำ	ระดับการกำจัดหมู่อะซิติล (%DD)	น้ำหนักโมเลกุล (10^6 ดาลตัน, Da)
50	110	3	2	82.60 ± 3.85	1.28 ± 1.15
50	120	1	1	84.90 ± 3.12	0.72 ± 1.00
50	130	3	1	84.39 ± 1.86	0.50 ± 0.18
50	130	1	1	79.55 ± 1.90	0.96 ± 0.65
40	120	1	1	72.13 ± 4.40	0.92 ± 0.68

จากตารางที่ 4-1 นำโคโคซานไปศึกษาผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานต่อการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยที่น้ำหนักโมเลกุลของโคโคซานใกล้เคียงกัน โดยเลือกใช้ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานที่ 72.13 ± 4.40 , 79.55 ± 1.90 และ 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ และศึกษาผลของน้ำหนักโมเลกุลของโคโคซานต่อการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานใกล้เคียงกัน โดยเลือกใช้น้ำหนักโมเลกุลของโคโคซานที่ $0.50 \pm 0.18 \times 10^6$, $0.72 \pm 1.00 \times 10^6$ และ $1.28 \pm 1.15 \times 10^6$ ดาลตัน ตามลำดับ

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง ก่อนกระบวนการตกตะกอน

สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง
ก่อนกระบวนการตกตะกอน แสดงได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง
ก่อนกระบวนการตกตะกอน (แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สมบัติทางเคมีกายภาพ	ค่าที่วัดได้	หน่วย
pH	4.94 $\pm$ 0.02	-
ความขุ่น	804.80 $\pm$ 29.27	เอ็นทียู (NTU)
ค่าของแข็งแขวนลอย	234.86 $\pm$ 13.90	มิลลิกรัมต่อลิตร (mg L ⁻¹)
ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	8.67 $\pm$ 0.75	มิลลิกรัมต่อลิตร (mg L ⁻¹)
ค่าของแข็งทั้งหมด	243.48 $\pm$ 13.39	มิลลิกรัมต่อลิตร (mg L ⁻¹)
ปริมาณโปรตีน (Lowry Assay)	0.720 $\pm$ 0.022	กรัมต่อลิตร (g L ⁻¹)
ปริมาณโปรตีน (Kjeldahl)	58.24 $\pm$ 0.35	เปอร์เซ็นต์ (%)
ปริมาณเถ้า	5.0749 $\pm$ 0.2550	เปอร์เซ็นต์ (%)

การศึกษาผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และปริมาณ ไคโตซาน ต่อการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต เต้าหู้แข็ง

ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน (72.13 $\pm$ 4.40, 79.55 $\pm$ 1.90 และ
82.60 $\pm$ 3.85 เปอร์เซ็นต์) pH (5.0, 5.5 และ 6.0) และปริมาณไคโตซาน (0.00, 0.01, 0.05,
0.10 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจาก
กระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง โดยการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของส่วนใส และวิเคราะห์
องค์ประกอบทางเคมีของส่วนตะกอน แสดงได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของส่วนใส

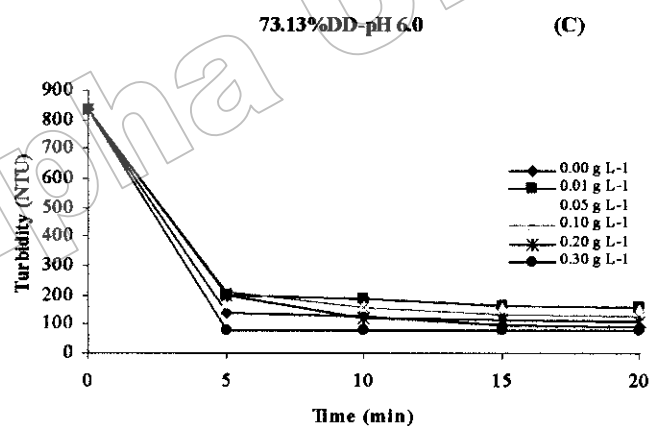
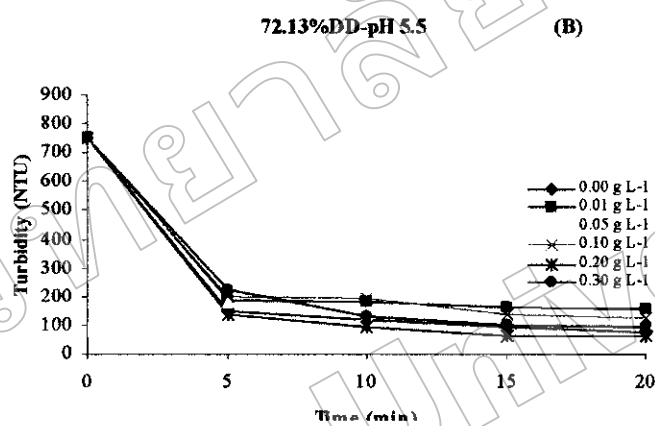
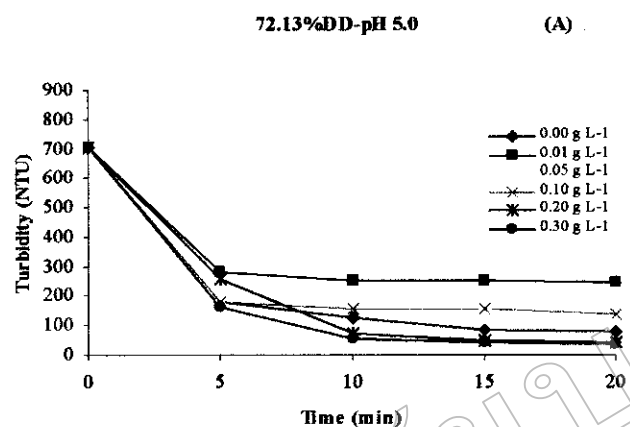
วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของส่วนใส โดยนำตัวอย่างส่วนใสของตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาในการทดลองจาร์เทสมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ความขุ่น

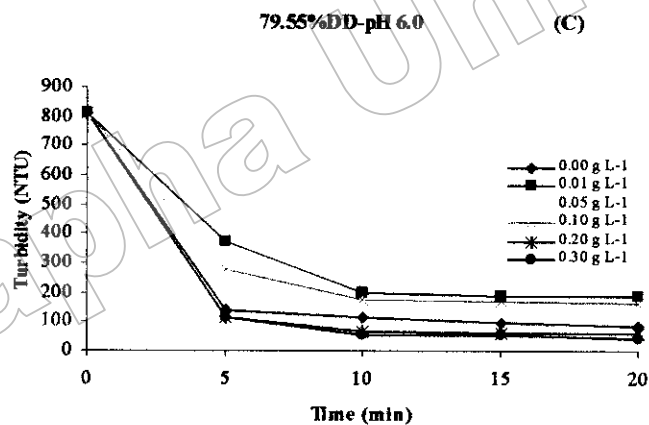
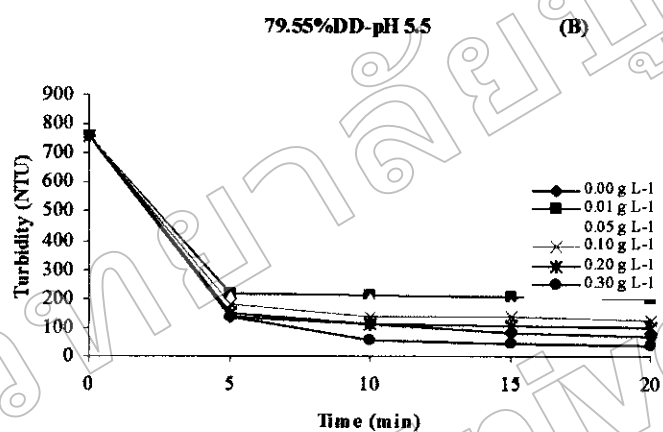
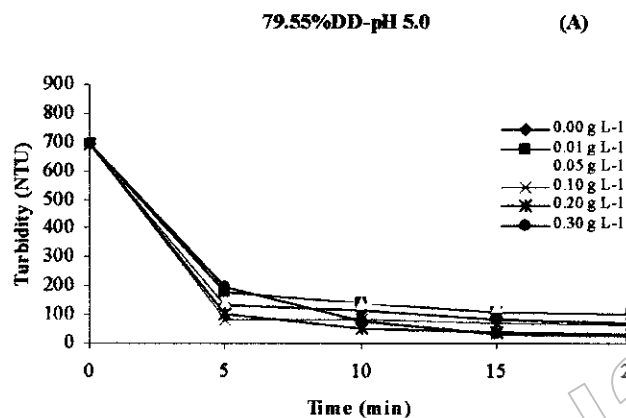
ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งในช่วง 0-20 นาที แสดงได้ดังภาพที่ 4-1 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 72.13 เปอร์เซ็นต์), ภาพที่ 4-2 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 79.55 เปอร์เซ็นต์) และภาพที่ 4-3 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 82.60 เปอร์เซ็นต์) ส่วนในช่วง 0-120 นาที แสดงได้ดังภาพภาคผนวก ฉ-1 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 72.13 เปอร์เซ็นต์), ภาพภาคผนวก ฉ-2 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 79.55 เปอร์เซ็นต์) และภาพภาคผนวก ฉ-3 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 82.60 เปอร์เซ็นต์) โดยการศึกษาความขุ่นทำการติดตามการลดลงของความขุ่น และวัดความขุ่นสุดท้ายดังนี้

1.1.1 การลดลงของความขุ่น

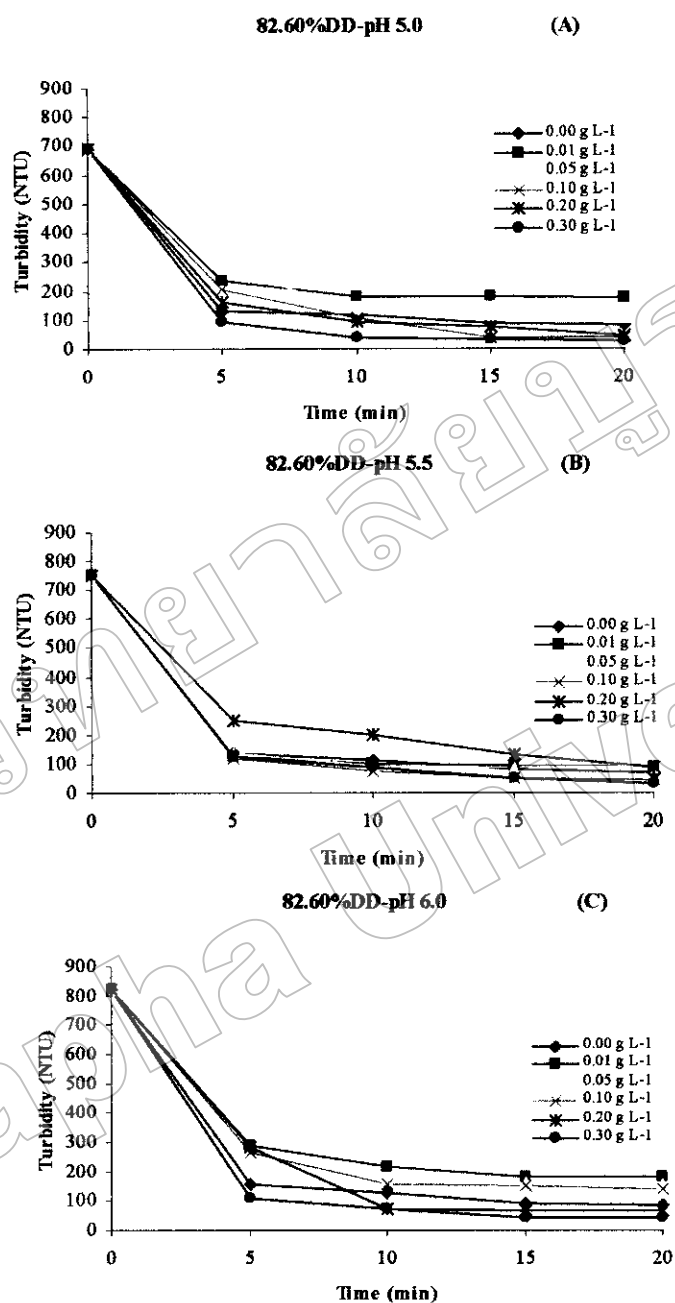
จากภาพที่ 4-1, ภาพที่ 4-2 และภาพที่ 4-3 พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความขุ่นมีแนวโน้มลดลง โดย 0-5 นาทีแรก ความขุ่นจะลดลงอย่างรวดเร็วจาก 759.8 NTU เป็น 154.2 NTU (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์), 752.8 NTU เป็น 148.8 NTU (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์) และ 755.2 NTU เป็น 108.4 NTU (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์) พล้อกที่ได้ในช่วงนี้มีขนาดใหญ่จึงตกสู่ก้นภาชนะอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ จนเริ่มคงที่ และคงที่ในที่สุดที่เวลาประมาณ 20 นาที เมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที พบว่าความขุ่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก



ภาพที่ 4-1 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน (72.13 เปอร์เซ็นต์) pH (A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0) และปริมาณโคโคซาน (0.00, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อความขุ่นของน้ำทั้งจากระบวนการผลิตเด้าแห้งในช่วง 0-20 นาที



ภาพที่ 4-2 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน (79.55 เปอร์เซ็นต์) pH (A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0) และปริมาณโคโคซาน (0.00, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตด้านนี้ในช่วง 0-20 นาที



ภาพที่ 4-3 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของโคโคซาน (82.60 เปอร์เซ็นต์) pH (A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0) และปริมาณโคโคซาน (0.00, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งในช่วง 0-20 นาที

ผลการนำค่าความขุ่นมาคำนวณค่า n เพื่อทำนายกลไกการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งโดยใช้สมการที่ [3-1] พบว่าเมื่อกำหนดค่า n เท่ากับ 1.4 2 และ 3 ได้ค่า B แสดงได้ดังตารางภาคผนวก ข-2 และเมื่อไม่กำหนดค่า n และ B จะได้ค่า n และ B แสดงได้ดังตารางภาคผนวก ข-3

จากตารางภาคผนวก ข-3 พบว่าค่า n จากการทดลอง มีค่าเท่ากับ 3.16

ผลการนำค่า n จากการทดลองมาทำนายค่า n โดยใช้สมการที่ [3-2] แสดงได้ดังภาพที่ 4-4 (ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานต่าง ๆ), ภาพที่ 4-5 (ที่ pH ต่าง ๆ) และตารางภาคผนวก ข-4 (ค่าเปรียบเทียบจากการทดลอง (Observed) และค่าจากการทำนาย (Predicted))

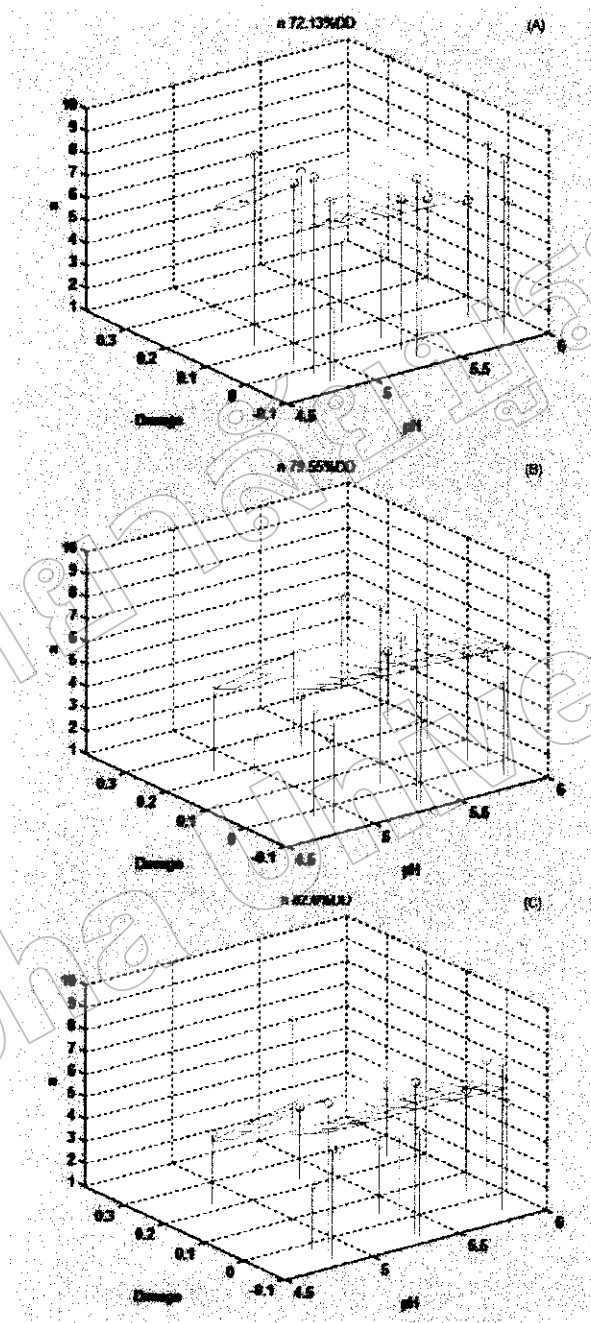
จากภาพที่ 4-4 พบว่าเมื่อระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเพิ่มขึ้นจาก 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ ค่า n มีค่าลดลงจาก 4.65 (ค่าค่าจากการทำนาย เท่ากับ 5.43) เป็น 3.16 (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 3.60)

จากภาพที่ 4-5 พบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 5.0 เป็น 6.0 ค่า n มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.16 (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 3.60) เป็น 3.21 (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 4.24)

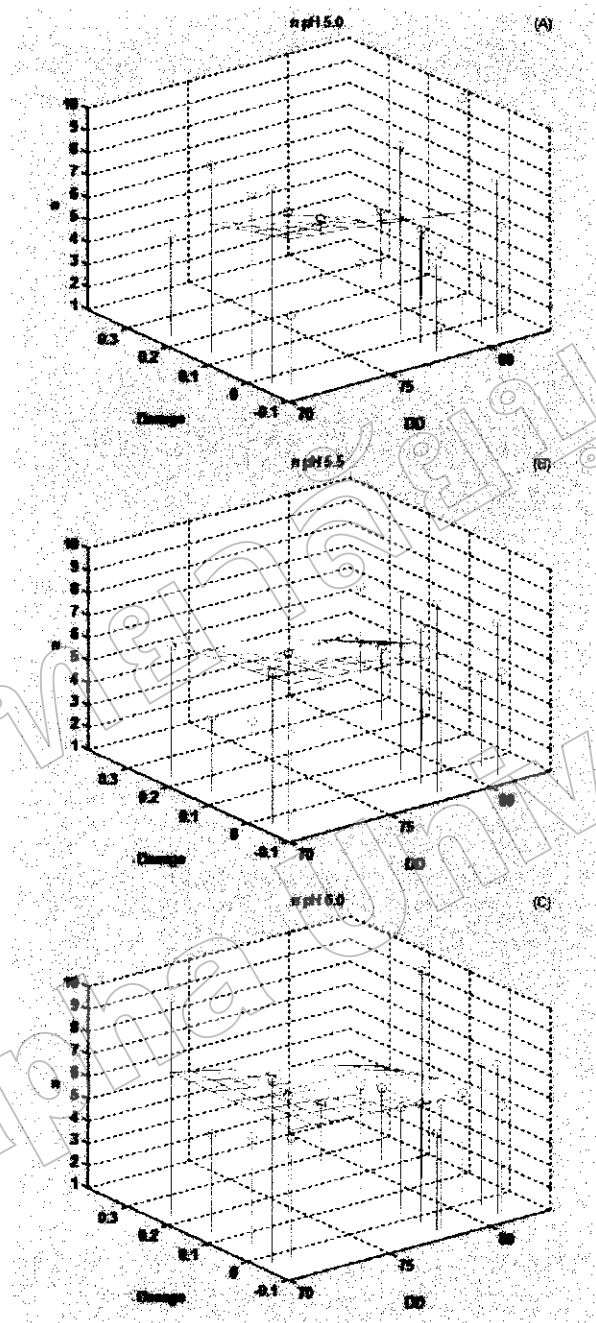
1.1.2 ความขุ่นสุดท้าย

ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน pH และปริมาณโคโคซานต่อความขุ่นสุดท้าย เปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่น และอัตราการลดลงของความขุ่นในช่วง 5 นาที แสดงได้ดังตารางที่ 4-3

ผลการนำค่าความขุ่นสุดท้ายจากการทดลอง มาทำนายค่าความขุ่นสุดท้ายโดยใช้สมการที่ [3-2] แสดงได้ดังภาพที่ 4-6 (ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานต่าง ๆ), ภาพที่ 4-7 (ที่ pH ต่าง ๆ) และตารางภาคผนวก ข-1 (ค่าเปรียบเทียบจากการทดลองและค่าจากการทำนาย)



ภาพที่ 4-4 ผลของปริมาณไคโตซาน และ pH ต่อค่า n ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน
ต่าง ๆ A: 72.13 เปอร์เซ็นต์, B: 79.55 เปอร์เซ็นต์ และ C: 82.60 เปอร์เซ็นต์
(กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง, กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)



ภาพที่ 4-5 ผลของปริมาณไคโตซาน และ ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซาน ต่อค่า n ที่ pH ต่าง ๆ A1: pH 5.0, B1: pH 5.5 และ C1: pH 6.0 (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง, กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)

ตารางที่ 4-3 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน pH และปริมาณโคโคซานต่อความขุ่นสุดท้าย เปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่น และอัตราการลดลงของความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งในช่วง 5 นาทีแรกแสดงในรูปค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ระดับการกำจัด หมู่อะซิติลของ โคโคซาน (%)	pH	ปริมาณ โคโคซาน (g L ⁻¹)	ความขุ่นสุดท้าย (NTU)	เปอร์เซ็นต์ การลดลง ของความขุ่น*	อัตราการลดลง ของความขุ่น (NTUต่อมล. นาที) *
72.13	5.0	0.00	65.90 ± 0.26 st	90.6 ± 0.1 ^{ijk}	0.0073 ± 0.0001 ^p
		0.01	231.00 ± 2.65 ^a	69.7 ± 0.9 ^B	0.0059 ± 0.0001 ^v
		0.05	152.67 ± 2.16 ^e	78.3 ± 0.4 ^z	0.0071 ± 0.0001 ^q
		0.10	126.67 ± 4.16 ^{jk}	82.0 ± 0.6 ^w	0.0073 ± 0.0001 ^p
		0.20	34.47 ± 0.45 ^{AB}	95.1 ± 0.1 ^d	0.0062 ± 0.0001 ^u
		0.30	24.37 ± 0.35 ^{DE}	96.6 ± 0.1 ^{ab}	0.0076 ± 0.0001 ^{no}
	5.5	0.00	70.50 ± 0.66 ^r	90.6 ± 0.1 ^{ijk}	0.0083 ± 0.0001 ^j
		0.01	134.33 ± 4.04 ^h	82.1 ± 0.6 ^{vw}	0.0079 ± 0.0001 ^{lm}
		0.05	104.33 ± 1.53 ^m	86.2 ± 0.2 ^q	0.0080 ± 0.0001 ^{kl}
		0.10	88.50 ± 0.36 ^o	88.3 ± 0.1 ⁿ	0.0035 ± 0.0001 ^y
		0.20	54.23 ± 1.12 ^{vw}	92.8 ± 0.2 ^{fg}	0.0085 ± 0.0000 ^{ghi}
		0.30	36.97 ± 1.03 ^{zA}	95.1 ± 0.1 ^d	0.0074 ± 0.0001 ^{op}
	6.0	0.00	79.53 ± 0.72 ^p	90.4 ± 0.2 ^{ki}	0.0097 ± 0.0001 ^c
		0.01	138.67 ± 3.06 ^{fg}	83.4 ± 0.2 ^t	0.0088 ± 0.0001 ^e
		0.05	117.67 ± 3.06 ^l	85.9 ± 0.2 ^q	0.0091 ± 0.0002 ^d
		0.10	106.67 ± 3.51 ^m	87.2 ± 0.6 ^{op}	0.0087 ± 0.0001 ^{efg}
		0.20	87.93 ± 0.72 ^o	89.4 ± 0.2 ^m	0.0088 ± 0.0000 ^e
		0.30	64.23 ± 1.21 ^{lu}	92.3 ± 0.2 ^{gh}	0.0104 ± 0.0002 ^a

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ระดับการกำจัด หมู่เอสติลของ ไคโตซาน (%)	pH	ปริมาณ ไคโตซาน (g L ⁻¹)	ความขุ่นสุดท้าย (NTU)	เปอร์เซ็นต์ การลดลง ของความขุ่น*	อัตราการลดลง ของความขุ่น (NTUต่อมล.นาท.) *
79.55	5.0	0.00	65.10±0.26 ^{stu}	90.6±0.2 ^{jk}	0.0078±0.0001 ^{lm}
		0.01	65.67±0.61 st	90.5±0.1 ^{jk}	0.0030±0.0002 ^z
		0.05	62.10±0.96 ^u	91.0±0.2 ^j	0.0077±0.0002 ^{mn}
		0.10	54.03±0.57 ^{vw}	92.2±0.2 ⁿ	0.0085±0.0002 ^{hi}
		0.20	23.27±0.25 ^{DEF}	96.6±0.1 ^{abc}	0.0082±0.0002 ^{jk}
		0.30	21.90±1.18 ^{EF}	96.8±0.2 ^{ab}	0.0069±0.0001 ^{rs}
	5.5	0.00	69.10±0.72 ⁱ	92.4±1.2 ^{gh}	0.0086±0.0001 ^{efgh}
		0.01	189.00±1.00 ^b	75.9±0.2 ^A	0.0075±0.0001 ^{op}
		0.05	130.67±3.06 ⁱ	83.0±0.4 ^{tu}	0.0077±0.0001 ^{mn}
		0.10	119.67±3.51 ^t	84.4±0.5 ^{rs}	0.0081±0.0001 ^k
6.0	6.0	0.20	92.47±0.50 ⁿ	87.7±0.2 ^o	0.0085±0.0001 ^{tghi}
		0.30	32.60±0.40 ^{BC}	95.4±0.1 ^d	0.0087±0.0001 ^{ef}
		0.00	78.40±0.78 ^{pq}	90.3±0.1 ^{kl}	0.0093±0.0002 ^d
		0.01	164.67±4.16 ^d	79.6±0.6 ^y	0.0060±0.0001 ^{uv}
		0.05	141.33±2.52 ^f	82.5±0.3 ^{uv}	0.0074±0.0001 ^{op}
		0.10	128.33±2.08 ^{ij}	84.1±0.3 ^s	0.0074±0.0001 ^{op}
		0.20	55.57±0.51 ^{vw}	93.1±0.1 ^f	0.0096±0.0000 ^c
		0.30	40.30±0.30 ^{xy}	95.0±0.0 ^d	0.0097±0.0001 ^c

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ระดับการกำจัด หมู่อะซิติกของ โคโตซาน (%)	pH	ปริมาณ โคโตซาน (g L ⁻¹)	ความขุ่นสุดท้าย (NTU)	เปอร์เซ็นต์ การลดลง ของความขุ่น*	อัตราการลดลง ของความขุ่น (NTUต่อมล.นาทื) *
82.60	5.0	0.00	64.83±0.47 ^{lu}	90.6±0.1 ^{ijk}	0.0078±0.0002 ^{lm}
		0.01	137.67±3.21 ^g	80.1±0.5 ^x	0.0064±0.0001 ^t
		0.05	91.53±0.50 ⁿ	86.8±0.1 ^p	0.0057±0.0002 ^w
		0.10	25.80±0.56 ^p	96.3±0.1 ^{bc}	0.0068±0.0003 ^s
		0.20	21.77±0.51 ^{ef}	96.9±0.1 ^a	0.0074±0.0001 ^{op}
		0.30	20.07±1.10 ^f	97.1±0.1 ^a	0.0083±0.0001 ^j
	5.5	0.00	68.13±0.70 ^{rs}	91.0±0.1 ⁱ	0.0085±0.0001 ^{fghi}
		0.01	75.50±0.46 ^q	90.0±0.1 ⁱ	0.0087±0.0000 ^{efgh}
		0.05	52.60±0.53 ^w	93.0±0.1 ^f	0.0085±0.0000 ^{fghi}
		0.10	43.10±0.46 ^x	94.3±0.1 ^e	0.0088±0.0001 ^e
		0.20	29.67±0.23 ^c	96.1±0.1 ^c	0.0070±0.0001 ^{qr}
		0.30	22.37±0.31 ^{ef}	97.0±0.1 ^a	0.0087±0.0001 ^{efgh}
	6.0	0.00	78.73±0.78 ^p	90.4±0.2 ^{kl}	0.0092±0.0002 ^d
		0.01	168.00±3.61 ^c	79.5±0.3 ^y	0.0046±0.0002 ^x
		0.05	141.67±2.52 ^f	82.7±0.2 ^u	0.0072±0.0001 ^{vw}
		0.10	124.67±1.53 ^k	84.8±0.3 ^r	0.0093±0.0002 ^{hi}
		0.20	56.63±0.47 ^y	93.1±0.0 ^f	0.0078±0.0001 ^t
		0.30	38.17±0.40 ^{yz}	95.4±0.1 ^d	0.0100±0.0001 ^d

a,b,c.. A,B,C..

หมายถึง อักษรในแนวดิ่งเดียวกันต่างก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(p < 0.05)* ตัวอย่างการคำนวณ แสดงได้ดังภาคผนวก ข -3 ถึง ข -11

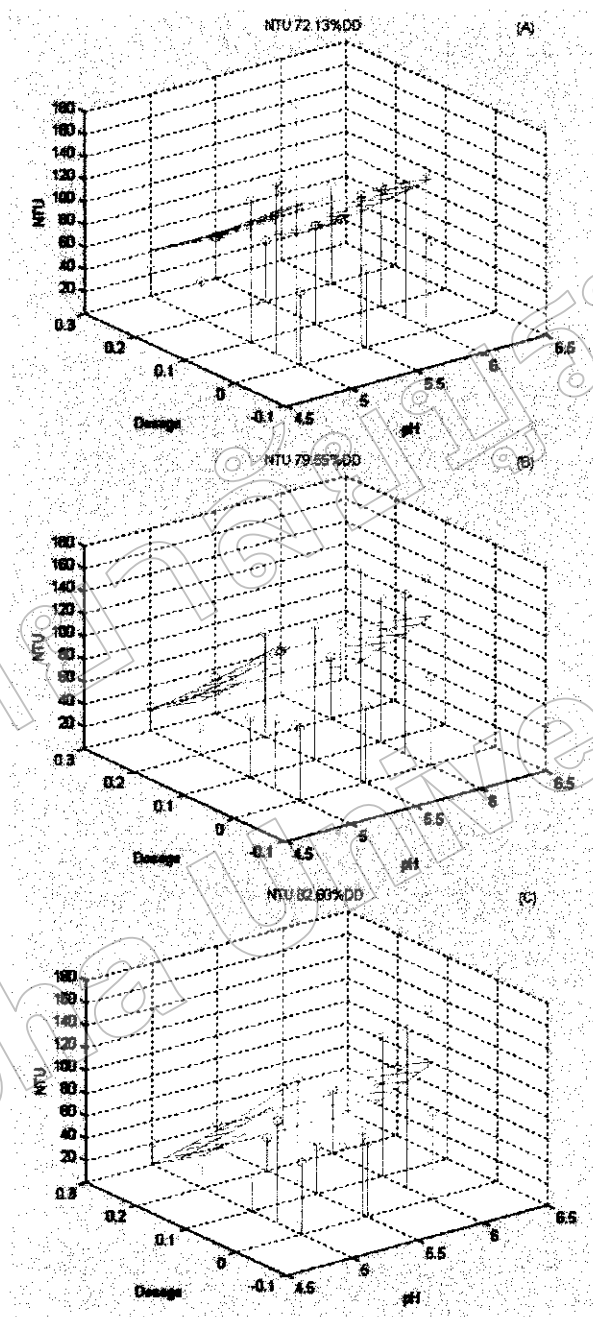
จากตารางที่ 4-3 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-1) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน pH และปริมาณโคโคซาน ต่อความขุ่นสุดท้ายของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่าความขุ่นสุดท้ายอยู่ในช่วง 231.00-20.07 NTU

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 72.13 ± 4.40 pH 5.0 และปริมาณโคโคซาน 0.01 กรัมต่อลิตร ทำให้ความขุ่นสุดท้ายมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 231.00 ± 2.65 NTU

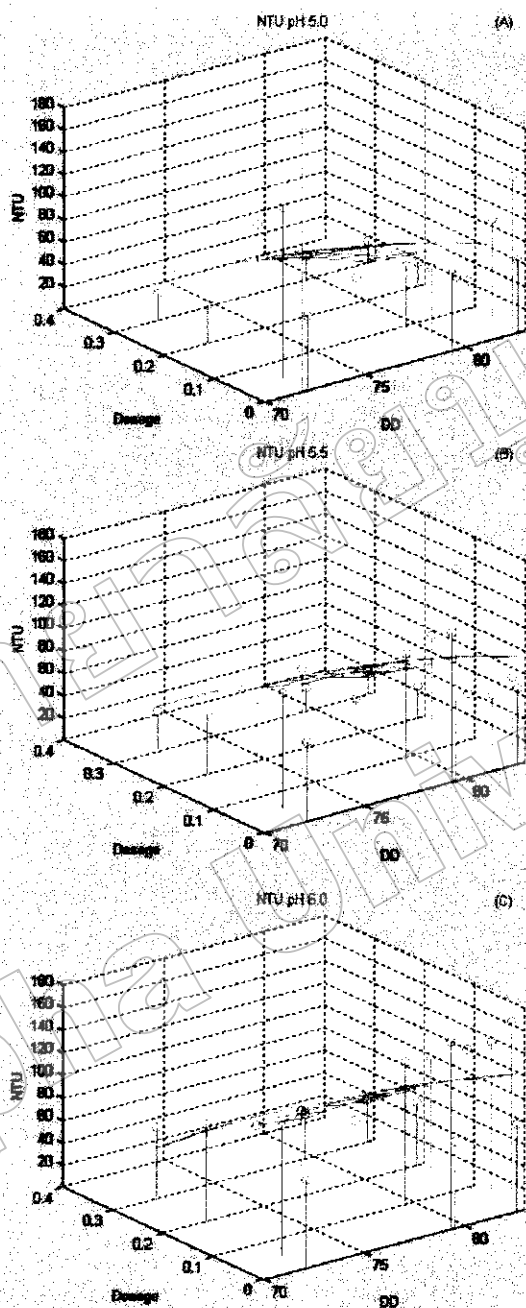
ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณโคโคซาน 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้ความขุ่นสุดท้ายมีค่าต่ำสุดเป็น 20.07 ± 1.10 NTU ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างกับที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 ปริมาณโคโคซาน 0.2 และ 0.3 กรัมต่อลิตร ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 ปริมาณโคโคซาน 0.2 กรัมต่อลิตร และที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 ปริมาณโคโคซาน 0.3 กรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

จากภาพที่ 4-6 พบว่าเมื่อระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเพิ่มขึ้นจาก 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ ความขุ่นมีค่าลดลงจาก 24.37 ± 0.35 NTU (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 41.05 NTU) เป็น 20.17 ± 1.10 NTU (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 1.44 NTU)

จากภาพที่ 4-7 พบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 5.0 เป็น 6.0 ค่าความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 20.17 ± 1.10 NTU (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 1.44 NTU) เป็น 38.17 ± 0.40 NTU (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 36.68 NTU)



ภาพที่ 4-6 ผลของปริมาณโคไดซาน และ pH ต่อการลดลงของความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตได้น้ำแข็ง ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคไดซานต่าง ๆ A: 72.13 เปอร์เซ็นต์, B: 79.55 เปอร์เซ็นต์ และ C: 82.60 เปอร์เซ็นต์ (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง, กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)



ภาพที่ 4-7 ผลของปริมาณโคโคซาน และ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน ต่อการลดลงของความขุ่นของน้ำทั้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง ที่ pH ต่าง ๆ A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0 (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง; กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)

1.1.3 เพอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่น

จากตารางที่ 4-3 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-2) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่นอยู่ในช่วง 97.1-69.7 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่นมีค่าสูงสุด 97.1 ± 0.1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ และ 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 ปริมาณไคโตซาน 0.2 กรัมต่อระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ และ 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 ปริมาณไคโตซาน 0.3 กรัมต่อลิตร และที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 ปริมาณไคโตซาน 0.3 กรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.01 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่นมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 69.7 ± 0.9 เปอร์เซ็นต์

1.1.4 อัตราการลดลงของความขุ่นในช่วง 5 นาทีแรก

จากตารางที่ 4-3 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-3) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่ออัตราการลดลงของความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยอัตราการลดลงของความขุ่นอยู่ในช่วง 0.0104-0.0030 NTUต่อมิลลิลิตร.นาที่

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ pH 6.0 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้อัตราการลดลงของความขุ่นมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 0.0104 ± 0.0002 NTUต่อมิลลิลิตร.นาที่

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.01 กรัมต่อลิตร ทำให้อัตราการลดลงของความขุ่นมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 0.0030 ± 0.0002 NTUต่อมิลลิลิตร.นาที่

ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน pH และปริมาณโคโคซาน ต่อค่าของแรงแขวนลอย และเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแรงแขวนลอย ค่าของแรงที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแรงที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าของแรงทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแรงทั้งหมด ปริมาณโปรตีน และเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีน แสดงได้ดังตารางที่ 4-4

1.2 ค่าของแรงแขวนลอย

ผลการนำค่าของแรงแขวนลอยจากการทดลอง มาทำนายค่าของแรงแขวนลอย โดยใช้สมการที่ [3-2] แสดงได้ดังภาพที่ 4-8 (ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานต่าง ๆ) และภาพที่ 4-9 (ที่ pH ต่าง ๆ) และตารางภาคผนวก ข-5 (ค่าเปรียบเทียบจากการทดลองและค่าจากการทำนาย)

จากตารางที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-4) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน pH และปริมาณโคโคซาน ต่อค่าของแรงแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่าของแรงแขวนลอยอยู่ในช่วง 68.54-5.95 กรัมต่อลิตร

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณโคโคซาน 0.01 กรัมต่อลิตร ทำให้ค่าของแรงแขวนลอยมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 68.54 ± 0.78 มิลลิกรัมกรัมต่อลิตร

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณ 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้ค่าของแรงแขวนลอยมีค่าต่ำสุดเป็น 5.95 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างกับที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณ 0.30 กรัมต่อลิตร ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณ 0.20 กรัมต่อลิตร ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ และ 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 และปริมาณ 0.30 กรัมต่อลิตร และที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 6.0 และปริมาณ 0.30 กรัมต่อลิตรอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

จากภาพที่ 4-8 พบว่าเมื่อระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเพิ่มขึ้นจาก 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ ค่าของแรงแขวนลอยมีค่าลดลงจาก

7.23 ± 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 15.45 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็น 5.95 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร)

จากภาพที่ 4-9 พบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 5.0 เป็น 6.0 ค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5.95 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็น 6.64 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 5.03 มิลลิกรัมต่อลิตร)

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ 4-4 ผลของระดับการกำจัดหนูอะซิติกของโคโตซาน pH และปริมาณ โคโตซานต่อ ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าของแข็งทั้งหมด ปริมาณโปรตีน (Lowry) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าต่างๆ (แสดงในรูปค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ระดับการกำจัดหนูอะซิติกของโคโตซาน (%)	pH	ปริมาณโคโตซาน (g L ⁻¹)	ค่าของแข็งแขวนลอย (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งแขวนลอย	ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	ค่าของแข็งทั้งหมด (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งทั้งหมด	ปริมาณโปรตีน (Lowry) (g L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีน (Lowry) *
72.13	5.0	0.00	19.55±0.08 ^{ab}	91.33±0.25 ¹¹	6.28±0.00 ¹	19.00±0.00 ¹⁰	25.83±0.20 ³	88.97±0.31 ¹⁰	0.484±0.003 ¹⁰	28.10±0.72 ¹¹
		0.01	68.54±0.78 ^a	69.70±0.85 ¹	6.27±0.00 ¹	19.10±0.00 ⁵	74.81±1.34 ³	68.00±0.85 ⁸	0.504±0.001 ¹⁰	25.23±0.31 ¹²
		0.05	45.63±0.99 ^c	79.83±0.14 ¹	6.26±0.00 ¹	19.30±0.00 ¹	51.89±0.29 ³	77.83±1.04 ⁶	0.497±0.006 ¹⁰	26.23±1.12 ¹⁰
		0.10	37.58±1.23 ³	83.36±0.51 ¹	6.25±0.00 ¹	19.40±0.00 ¹	43.83±1.46 ³	81.23±0.59 ¹⁰	0.491±0.001 ¹⁰	27.13±0.21 ¹²
		0.20	10.23±0.13 ¹⁰	95.46±0.15 ¹	6.13±0.00 ¹	20.90±0.00 ¹	16.36±0.21 ¹	93.00±0.20 ¹⁰	0.410±0.004 ¹⁰	39.10±0.69 ¹⁰
		0.30	7.23±0.11 ¹²	96.80±0.10 ¹⁰	6.02±0.00 ¹	22.30±0.00 ¹	13.25±0.28 ¹⁰	94.30±0.17 ¹⁰	0.405±0.003 ¹⁰	39.93±0.21 ¹⁰
5.5	0.00	20.92±0.20 ¹	20.92±0.20 ¹	91.00±0.17 ¹	8.20±0.00 ¹	4.00±0.00 ¹⁰	29.12±0.29 ¹	87.93±0.21 ¹⁰	0.647±0.004 ¹⁰	11.37±0.21 ¹⁰
	0.01	39.86±1.20 ¹	39.86±1.20 ¹	82.90±0.60 ¹	8.12±0.00 ¹	5.00±0.00 ¹	47.98±0.60 ¹	80.13±0.60 ¹⁰	0.540±0.008 ¹⁰	26.03±0.75 ¹⁰
	0.05	30.96±0.45 ¹	30.96±0.45 ¹	86.73±0.12 ¹	7.97±0.00 ¹	6.80±0.00 ¹	38.92±0.13 ¹	83.90±0.10 ¹⁰	0.503±0.004 ¹⁰	31.10±0.85 ¹⁰
	0.10	26.26±0.11 ¹	26.26±0.11 ¹	88.73±0.12 ¹⁰	7.82±0.00 ¹	8.40±0.00 ¹	34.08±0.41 ¹	85.90±0.17 ¹⁰	0.502±0.002 ¹⁰	31.20±0.52 ¹⁰
	0.20	16.09±0.33 ¹	16.09±0.33 ¹	93.10±0.17 ¹⁰	7.76±0.00 ¹	9.20±0.00 ¹	23.85±0.35 ¹	90.13±0.21 ¹⁰	0.501±0.002 ¹⁰	31.30±0.53 ¹⁰
	0.30	10.97±0.30 ¹⁰	10.97±0.30 ¹⁰	95.30±0.10 ¹	7.32±0.00 ¹	14.30±0.00 ¹	18.29±0.11 ¹⁰	92.43±0.15 ¹⁰	0.464±0.003 ¹⁰	36.47±0.35 ¹⁰
6.0	0.00	23.60±0.22 ¹	23.60±0.22 ¹	91.33±0.25 ¹	9.00±0.00 ¹	5.80±0.00 ¹	32.90±0.14 ¹	87.90±0.00 ¹⁰	0.632±0.003 ¹⁰	14.33±0.64 ¹⁰
	0.01	41.14±0.91 ¹	41.14±0.91 ¹	69.70±0.85 ¹	8.50±0.00 ¹	11.10±0.00 ¹	49.64±0.90 ¹	81.70±0.44 ¹⁰	0.554±0.003 ¹⁰	24.87±0.21 ¹⁰

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ระดับการ กำจัดของ ไดโธซาน (%)	pH	ปริมาณ ไดโธซาน (g L ⁻¹)	ค่าของแข็ง แขวนลอย (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ของแข็ง แขวนลอย *	ค่าของแข็งที่ ละลายได้ ทั้งหมด (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ของแข็งที่ ละลายได้ทั้งหมด *	ค่าของแข็ง ทั้งหมด (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ของแข็ง ทั้งหมด *	ปริมาณโปรตีน (Lowry)(g L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ปริมาณโปรตีน (Lowry) *
79.55	5.0	0.05	34.91±0.91 ^f	86.70±0.44 ^g	8.14±0.00 ⁱ	14.83±0.06 ^A	43.05±0.62 ^h	84.13±0.38 ^v	0.542±0.003 ^{gh}	26.43±0.50 ^{uvwx}
		0.10	31.65±1.04 ⁱ	87.96±0.35 ^f	7.96±0.00 ^f	16.70±0.00 ⁱ	39.61±0.62 ⁱ	85.43±0.31 ^u	0.520±0.007 ^k	29.47±0.76 ^a
		0.20	26.09±0.22 ^k	90.03±0.15 ⁱ	7.88±0.00 ^g	17.60±0.00 ⁱ	33.97±0.17 ⁱ	87.50±0.17 st	0.515±0.004 ^{klm}	30.20±0.26 ^{xyz}
		0.30	19.06±0.36 ^{qr}	92.73±0.12 ^h	7.79±0.00 ⁱ	18.50±0.00 ⁱ	26.85±0.27 ^{op}	90.13±0.12 ^{mn}	0.511±0.003 ^{lmn}	30.67±0.47 ^{xyz}
		0.00	19.20±0.14 ^{qr}	91.33±0.06 ^{ij}	6.28±0.00 ^h	19.90±0.06 ⁱ	25.48±0.14 ^q	89.90±0.10 ^{op}	0.465±0.001 ^{stu}	35.87±0.51 ^h
		0.01	19.48±0.18 ^{xyz}	91.23±0.06 ^{ij}	6.50±0.00 ^c	17.10±0.00 ^v	25.98±0.18 ^q	88.70±0.10 ^{opq}	0.448±0.002 ^v	38.23±0.55 ⁱ
		0.05	18.33±0.37 ^s	91.73±0.12 ⁱ	6.02±0.00 ⁱ	23.27±0.06 ⁱ	24.35±0.37 ^r	89.43±0.12 ^{no}	0.374±0.003 ^x	48.43±0.29 ⁱ
		0.10	16.03±0.17 ^t	92.76±0.06 ^{gh}	5.87±0.00 ^{kl}	25.20±0.00 ⁱ	21.90±0.17 ^r	90.47±0.06 ^{lm}	0.342±0.002 ^y	52.83±0.55 ^h
5.5		0.20	6.90±0.08 ^{yz}	96.90±0.21 ^{ab}	5.86±0.00 ^{kl}	25.30±0.00 ⁱ	12.76±0.10 ^{bc}	94.43±0.06 ^{bcd}	0.320±0.002 ^z	55.83±0.21 ^d
		0.30	6.50±0.35 ^{2A}	97.06±0.00 ^{ab}	5.21±0.00 ^o	33.60±0.00 ^b	11.71±0.35 ^u	94.90±0.20 ^{ab}	0.296±0.002 ^A	59.23±0.38 ^c
		0.00	19.31±0.08 ^{lmn}	91.30±0.00 ^l	8.30±0.00 ^g	3.03±0.06 ^o	27.61±0.08 ^s	88.03±0.06 ^{rst}	0.654±0.012 ^a	9.70±1.75 ^t
		0.01	19.48±0.18 ^{opq}	91.23±0.06 ^l	7.60±0.00 ^v	11.20±0.00 ^e	27.08±0.18 ^r	88.27±0.12 ^{rst}	0.553±0.010 ^g	23.67±1.32 ^{uv}
		0.05	18.42±0.29 ^o	91.70±0.10 ⁱ	7.18±0.00 ^w	16.10±0.00 ^z	25.60±0.29 ^q	88.90±0.10 ^{sc}	0.504±0.00 ^{mn}	30.50±0.26 ^{xyz}
		0.10	16.03±0.17 ^t	92.76±0.06 ^{gh}	6.96±0.00 ^x	18.70±0.00 ^q	22.99±0.17 ^s	90.03±0.06 ^{mn}	0.491±0.001 ^{opq}	32.27±0.23 ^{lmn}

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

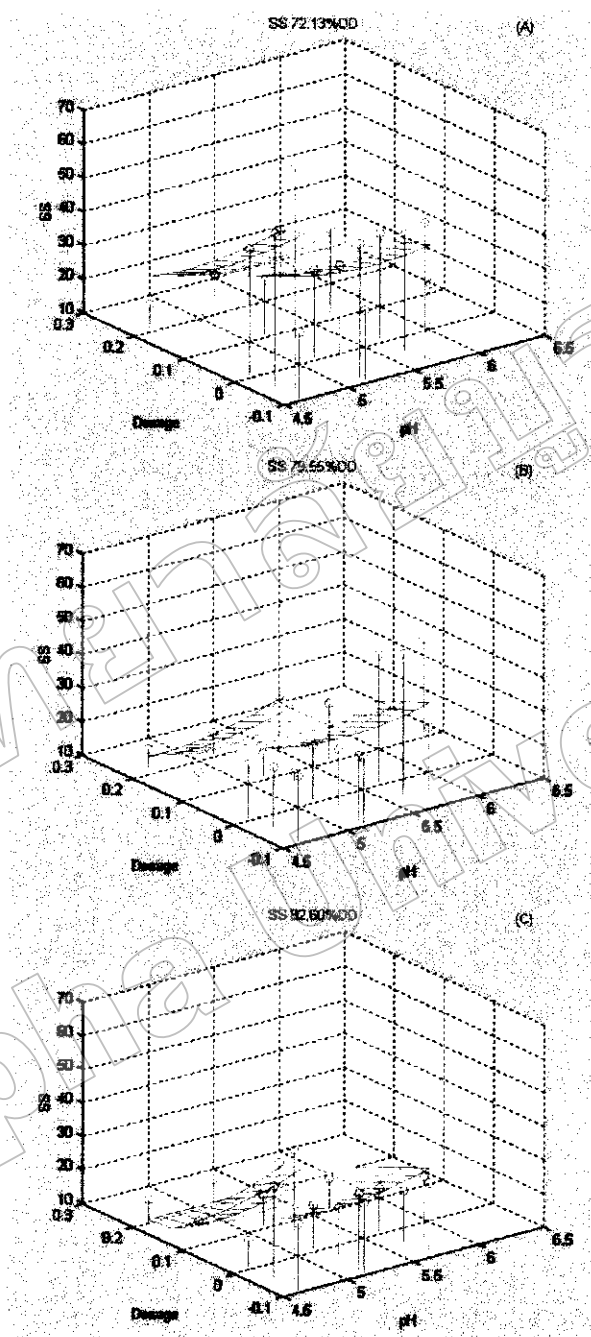
ระดับการ กำจัดผู้ ชะลิตของ ไดโธซาน (%)	pH	ปริมาณ ไดโธซาน (g L ⁻¹)	ค่าของแข็ง แขวนลอย (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ของแข็ง แขวนลอย *	ค่าของแข็ง ละลายได้ ทั้งหมด (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ของแข็ง ละลายได้ทั้งหมด *	ค่าของแข็ง ทั้งหมด (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ของแข็ง ทั้งหมด *	ปริมาณโปรตีน (Lowry)(g L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ปริมาณโปรตีน (Lowry) *
		0.20	6.90±0.09 ^{yz}	96.90±0.21 ^{ab}	6.86±0.00 ^y	19.80±0.00 ^m	13.76±0.08 ^{za}	94.03±0.06 ^{cd}	0.475±0.008 ^{is}	34.40±1.06 ^k
		0.30	6.49±0.35 ^{za}	97.06±0.00 ^{ab}	6.76±0.00 ^a	21.00±0.00 ^k	13.25±0.35 ^{ab}	94.23±0.15 ^{bcd}	0.453±0.002 ^{uv}	37.50±0.26 ^h
6.0		0.00	23.26±0.23 ⁱ	90.80±0.35 ^k	9.33±0.00 ^a	6.03±0.06 ^j	32.59±0.23 ^k	87.60±0.44 ^{rst}	0.635±0.005 ^{cd}	12.13±0.51 ^{cd}
		0.01	48.86±1.24 ^b	80.70±1.13 ^j	8.43±0.00 ^j	12.03±0.46 ^D	57.29±1.25 ^b	77.33±0.32 ^A	0.546±0.004 ^{gh}	24.53±0.40 ^{wxy}
		0.05	41.94±0.75 ^d	83.43±0.61 ⁱ	8.30±0.00 ^b	13.40±0.00 ^C	50.24±0.75 ^d	80.70±1.99 ^{xy}	0.537±0.003 ^{hi}	25.77±0.25 ^{slvwx}
		0.10	38.07±0.62 ^g	85.00±0.46 ^p	8.02±0.00 ^m	16.30±0.00 ^y	46.08±0.62 ⁱ	81.23±0.12 ^{xx}	0.526±0.003 ^{kl}	27.33±0.31 st
		0.20	16.49±0.15 ⁱ	93.50±0.20 ⁱ	7.76±0.00 ^s	19.00±0.00 ^{no}	24.25±0.15 ⁱ	89.97±0.15 ^{mn}	0.522±0.007 ^k	27.83±0.85 ^z
		0.30	11.95±0.09 ^v	95.26±0.15 ^d	7.75±0.00 ^t	19.10±0.00 ^o	19.70±0.09 ^v	91.73±0.15 ^l	0.502±0.008 ^{mmo}	30.57±0.93 ^{mnop}
82.60	5.0	0.00	19.66±0.17 ^{op}	91.36±0.06 ⁱ	6.40±0.00 ^t	17.40±0.00 ^s	26.18±0.17 ^{na}	88.90±0.10 ^{op}	0.451±0.006 ^{uv}	38.17±0.93 ^z
		0.01	40.85±0.95 ^g	82.06±0.31 ^s	6.80±0.00 ^t	16.90±0.10 ^w	47.41±0.91 ^e	79.87±0.31 ^z	0.640±0.005 ^{bcd}	12.27±1.16 ^{cd}
		0.05	27.26±0.08 ⁱ	88.00±0.17 ⁿ	6.46±0.00 ^D	18.00±0.00 ^s	33.74±0.08 ⁱ	85.70±0.17 ^u	0.588±0.005 ⁱ	19.30±1.15 ^a
		0.10	7.66±0.16 ^y	96.60±0.10 ^{bc}	5.80±0.00 ^O	26.60±0.00 ^d	13.46±0.20 ^{ab}	94.30±0.10 ^{bcd}	0.348±0.004 ^y	52.33±0.32 ^g
		0.20	6.46±0.15 ^{za}	97.16±0.06 ^{ab}	5.67±0.00 ^P	28.20±0.00 ^t	12.13±0.15 ^{cd}	94.87±0.06 ^{ab}	0.254±0.033 ^g	65.17±4.41 ^b
		0.30	5.95±0.33 ^A	97.40±0.10 ^a	4.87±0.00 ^E	38.40±0.00 ^a	10.82±0.33 ^E	95.40±0.10 ^a	0.116±0.009 ^C	84.13±0.84 ^a

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

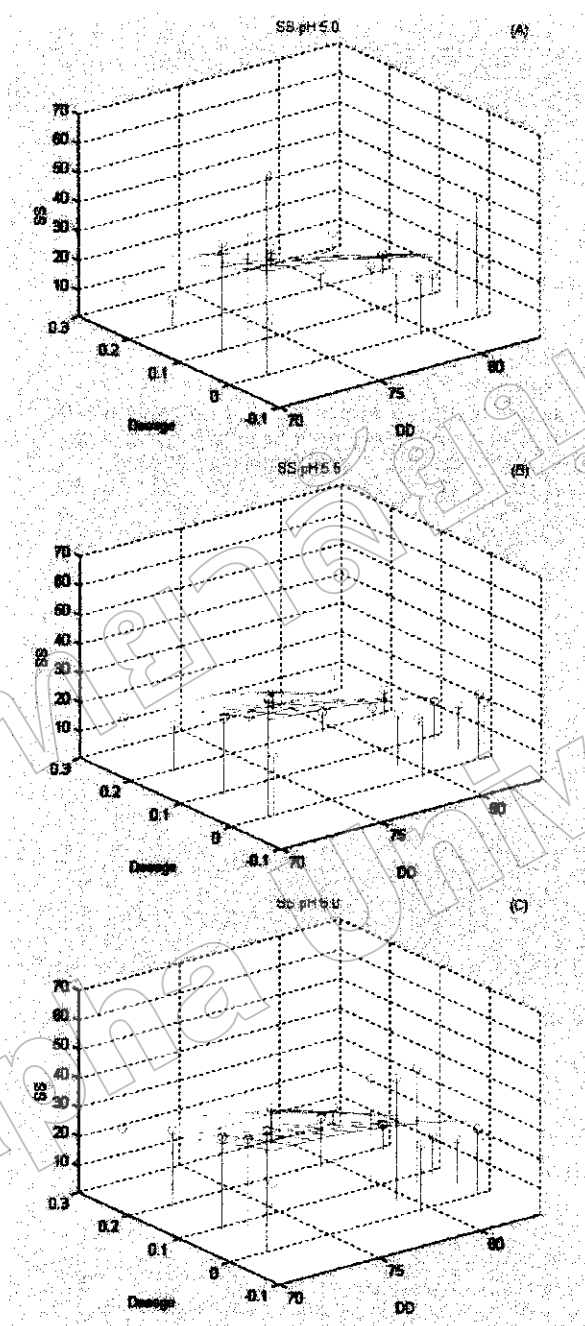
ระดับการ กำจัดน้ำ อะมีนของ ไดโพรซัน (%)	pH	ปริมาณ ไดโพรซัน (g L ⁻¹)	ค่าของแข็ง แขวนลอย (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ของแข็ง แขวนลอย *	ค่าของแข็ง ทั้งหมด (mg L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ของแข็ง ทั้งหมด *	ปริมาณโปรตีน (Lowry) (g L ⁻¹) *	เปอร์เซ็นต์การ ลดลงของ ปริมาณโปรตีน (Lowry) *
5.5	0.00	20.21±0.21 ^{no}	8.23±0.00 ^b	3.90±0.00 ^h	28.44±0.21 ^f	88.23±0.06 ^{car}	0.651±0.036 ^{ab}	13.43±1.27 ^{BC}
	0.01	22.40±0.13 ^m	6.58±0.00 ^B	23.20±0.00 ⁱ	28.98±0.13 ⁿ	88.03±0.06 ^{ws}	0.558±0.013 ⁿ	23.00±2.10 ^z
	0.05	15.61±0.16 ⁱ	6.49±0.00 ^C	24.30±0.00 ^h	22.10±0.16 ⁱ	90.87±0.15 ^{ul}	0.538±0.003 ^{hi}	25.80±1.05 ^{slow}
	0.10	12.78±0.14 ^u	6.43±0.00 ^E	25.00±0.00 ^g	19.21±0.14 ^y	92.10±0.10 ⁿⁱ	0.529±0.002 ^{ik}	26.97±0.85 ^{slu}
	0.20	8.80±0.07 ^x	6.40±0.00 ^F	25.30±0.00 ^f	15.20±0.07 ^y	93.70±0.10 ^{ae}	0.490±0.002 ^{oeq}	32.33±0.67 ^{rmog}
	0.30	6.64±0.09 ^{za}	6.31±0.00 ^G	26.40±0.00 ^E	12.95±0.03 ^{ab}	94.67±0.06 ^{oc}	0.447±0.002 ^y	38.33±0.74 ^{gh}
6.0	0.00	20.97±0.10 ^o	9.21±0.00 ^C	3.17±0.06 ^v	30.18±0.10 ⁿ	87.57±0.12 ^{ci}	0.633±0.003 ^{us}	13.70±0.30 ^{BC}
	0.01	22.40±0.14 ^m	8.69±0.00 ^D	7.60±0.00 ^H	31.09±0.14 ⁱ	87.20±0.17 ⁱ	0.505±0.003 ^{rmg}	31.27±0.57 ^{rmog}
	0.05	15.61±0.16 ⁱ	8.68±0.00 ^D	7.70±0.00 ^H	24.29±0.16 ⁱ	90.00±0.10 ⁿⁿ	0.501±0.002 ^p	31.70±0.26 ^{lmo}
	0.10	12.80±0.15 ^u	8.06±0.00 ^I	14.30±0.00 ^E	20.86±0.15 ^v	91.40±0.17 ^k	0.496±0.003 ^{roga}	32.43±0.51 ^{rmg}
	0.20	8.79±0.06 ^x	7.81±0.00 ^J	16.90±0.00 ^v	16.60±0.06 ^x	93.17±0.06 ^{ai}	0.486±0.004 ^{par}	33.70±0.56 ^z
	0.30	6.64±0.09 ^{za}	7.62±0.00 ^I	18.90±0.00 ^D	14.26±0.09 ^z	94.13±0.06 ^{ba}	0.466±0.002 st	36.47±0.50 ⁱ

a,b,c, A,B,C... หมายถึง อัตราในแนวตั้งเดียวกันต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

* ตัวอย่างการคำนวณ แสดงได้ดังภาคผนวก ข-3-ข-1



ภาพที่ 4-8 ผลของปริมาณโคโคซาน และ pH ต่อการลดลงของค่าของแวนลอย ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของโคโคซานต่าง ๆ
 A: 72.13 เปอร์เซ็นต์, B: 79.55 เปอร์เซ็นต์ และ C: 82.60 เปอร์เซ็นต์
 (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง; กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)



ภาพที่ 4-9 ผลของปริมาณโคโคซาน และ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของโคโคซาน ต่อการลดลงของค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง ที่ pH ต่าง ๆ
A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0 (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง, กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)

1.2.1 เปอร์เซ็นต์การลดลงค่าของแข็งแขวนลอย

จากตารางที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-5) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 97.40-69.70 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของของแข็งแขวนลอยมีค่าสูงสุดเป็น 97.1 ± 0.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างกับที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตร ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.20 กรัมต่อลิตร ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 และปริมาณไคโตซาน 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตร และที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 6.0 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตรอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.01 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของของแข็งแขวนลอยมีค่าต่ำสุดเป็น 69.70 ± 0.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างกับที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ pH 6.0 และปริมาณไคโตซาน 0.01 กรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

1.3 ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ผลการนำค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจากการทดลอง มาทำนายค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้สมการที่ [3-2] แสดงได้ดังภาพที่ 4-10 (ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของไคโตซานต่าง ๆ) และ ภาพที่ 4-11 (ที่ pH ต่าง ๆ) และตารางภาคผนวก ข-6 (ค่าเปรียบเทียบจากการทดลองและค่าจากการทำนาย)

จากตารางที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-6) พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิดิลของ

โคโคซาน pH และปริมาณโคโคซาน ต่อค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 9.33-4.87 มิลลิกรัมต่อลิตร

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 6.0 และปริมาณโคโคซาน 0.00 กรัมต่อลิตร ทำให้ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 9.33 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณ 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 4.87 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากภาพที่ 4-10 พบว่าเมื่อระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเพิ่มขึ้นจาก 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลงจาก 6.02 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 5.38 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็น 4.87 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 4.93 มิลลิกรัมต่อลิตร)

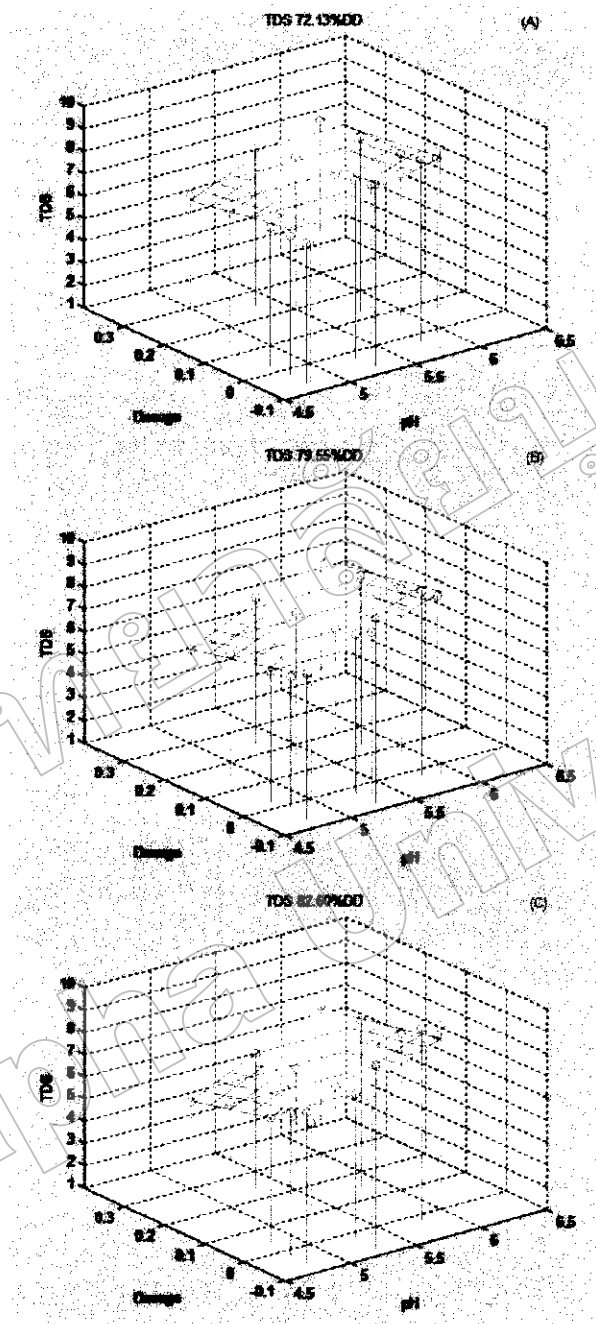
จากภาพที่ 4-11 พบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 5.0 เป็น 6.0 ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 4.87 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 4.93 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็น 7.62 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 7.53 มิลลิกรัมต่อลิตร)

1.3.1 เปอร์เซ็นต์การลดลงค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

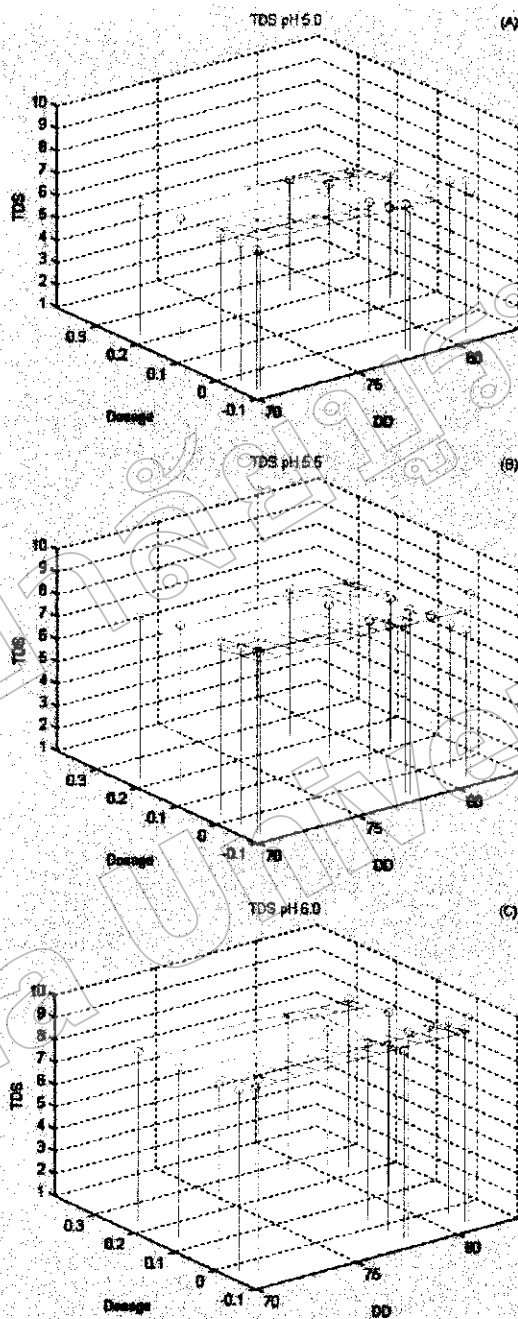
จากตารางที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-7) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน pH และปริมาณโคโคซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 38.40-3.03 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณโคโคซาน 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 38.40 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 ปริมาณ 0.00 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 3.03 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4-10 ผลของปริมาณโคโคซาน และ pH ต่อค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้ง
จากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของโคโคซานต่าง ๆ
A: 72.13 เปอร์เซ็นต์, B, 79.55 เปอร์เซ็นต์ และ C: 82.60 เปอร์เซ็นต์
(กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง; กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)



ภาพที่ 4-11 ผลของปริมาณโคโคซาน และ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของโคโคซาน ต่อค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเด้าหมูแข็ง ที่ pH ต่าง ๆ A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0 (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง; กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)

1.4 ค่าของแข็งทั้งหมด

ผลการนำค่าของแข็งทั้งหมดจากการทดลองมาทำนายค่าของแข็งทั้งหมด โดยใช้สมการที่ [3-2] แสดงได้ดังภาพที่ 4-12 (ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานต่าง ๆ) และภาพที่ 4-13 (ที่ pH ต่าง ๆ) และตารางภาคผนวก ข-7 (ค่าเปรียบเทียบจากการทดลองและค่าจากการทำนาย)

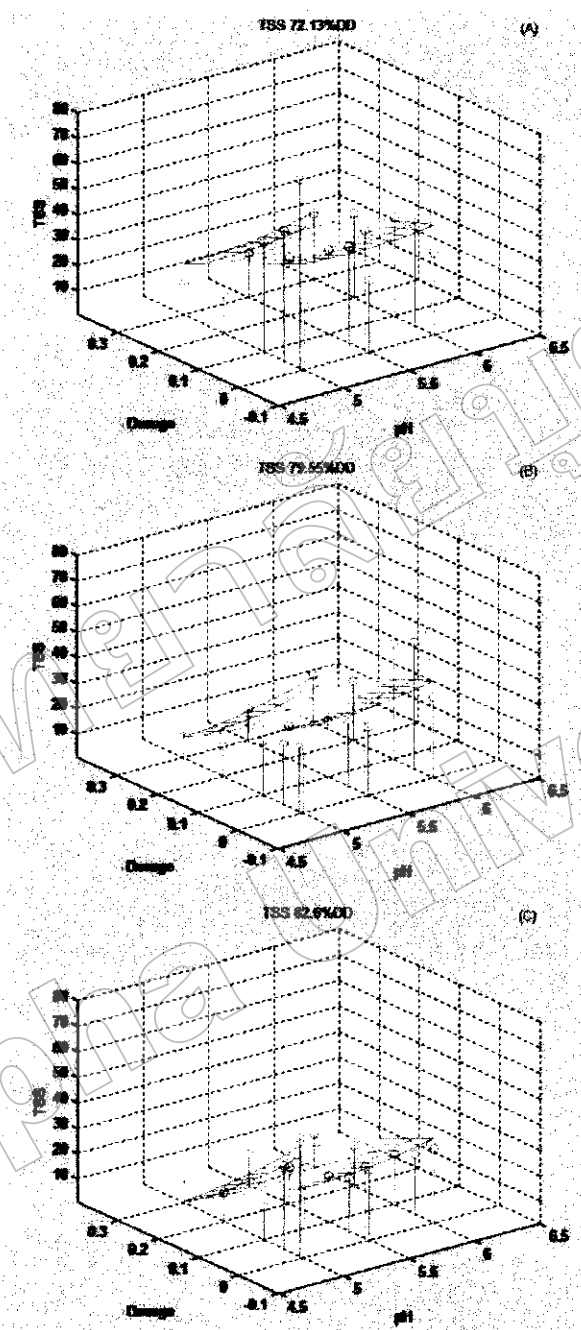
จากตารางที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-8) พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน pH และปริมาณโคโคซาน ต่อค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่าของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 74.81-10.82 มิลลิกรัมต่อลิตร

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณโคโคซาน 0.01 กรัมต่อลิตร ทำให้ของแข็งทั้งหมดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 74.81 ± 1.34 มิลลิกรัมต่อลิตร

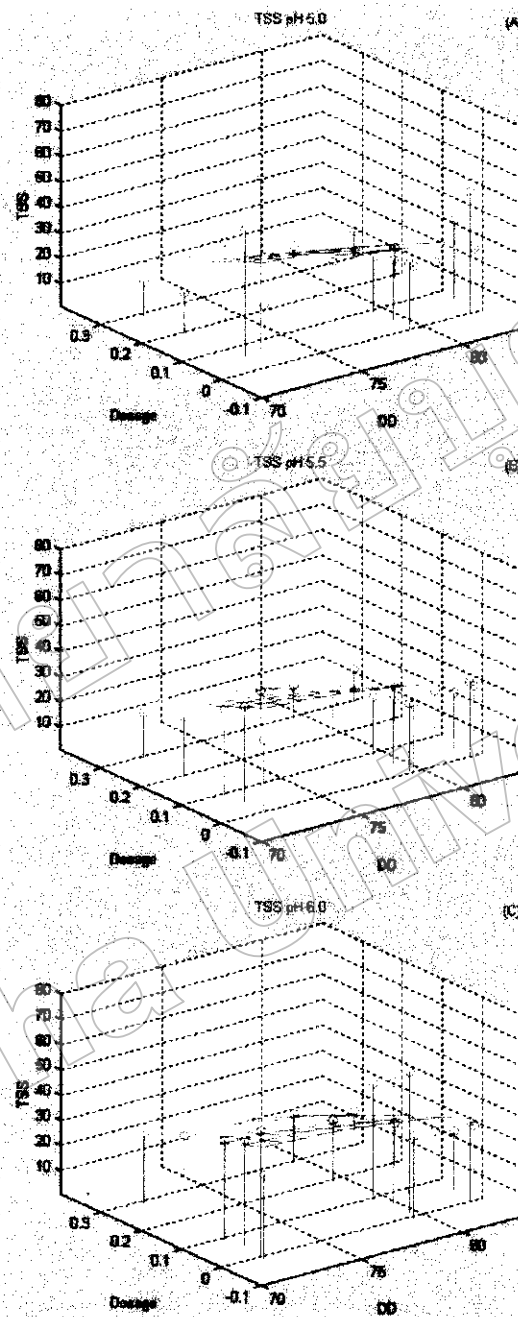
ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 ปริมาณ 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้ของแข็งทั้งหมดต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 10.82 ± 0.33 กรัมต่อลิตร

จากภาพที่ 4-12 พบว่าเมื่อระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานจาก 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ ค่าของแข็งทั้งหมดมีค่าลดลงจาก 13.25 ± 0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 21.06 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็น 10.82 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 1.56 มิลลิกรัมต่อลิตร)

จากภาพที่ 4-13 พบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 5.0 เป็น 6.0 ค่าของแข็งทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 10.82 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 1.56 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็น 14.26 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 12.44 มิลลิกรัมต่อลิตร)



ภาพที่ 4-12 ผลของปริมาณไคโตซาน และ pH ต่อค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานต่าง ๆ A: 72.13 เปอร์เซ็นต์, B: 79.55 เปอร์เซ็นต์ และ C: 82.60 เปอร์เซ็นต์ (กราฟห้วงมุด = ค่าจากการทดลอง, กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)



ภาพที่ 4-13 ผลของปริมาณโคโคซาน และ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของโคโคซาน ต่อค่าของแข็งทั้งหมด ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง ที่ pH ต่าง ๆ A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C1: pH 6.0 (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง; กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)

1.4.1 เปอร์เซ็นต์การลดลงค่าของแข็งทั้งหมด

จากตารางที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-9) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 95.40-68.00 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งทั้งหมดมีค่าสูงสุดเป็น 95.40 ± 0.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างกับที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.20 กรัมต่อลิตร และที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 ปริมาณ 0.01 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าของแข็งทั้งหมดมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 68.00 ± 0.85 เปอร์เซ็นต์

1.5 ปริมาณโปรตีน (Lowry)

ผลการนำค่าปริมาณโปรตีนจากการทดลองมาทำนายค่าปริมาณโปรตีน โดยใช้สมการที่ [3-2] แสดงได้ดังภาพที่ 4-14 (ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานต่าง ๆ) และภาพที่ 4-15 (ที่ pH ต่าง ๆ) และตารางภาคผนวก ข-8 (ค่าเปรียบเทียบจากการทดลองและค่าจากการทำนาย)

จากตารางที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-10) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อปริมาณโปรตีนของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 0.654-0.116 กรัมต่อลิตร

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 และปริมาณไคโตซาน 0.00 กรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณโปรตีนมีค่าสูงสุดเป็น 0.645 ± 0.012 กรัมต่อลิตร ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างกับที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 และปริมาณไคโตซาน 0.00 กรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 ปริมาณ 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณโปรตีนมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 0.116 ± 0.009 กรัมต่อลิตร

จากภาพที่ 4-14 พบว่าเมื่อระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของไคโตซานเพิ่มขึ้นจาก 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงจาก 0.405 ± 0.003 กรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 0.400 กรัมต่อลิตร) เป็น 0.116 ± 0.009 กรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 0.143 กรัมต่อลิตร)

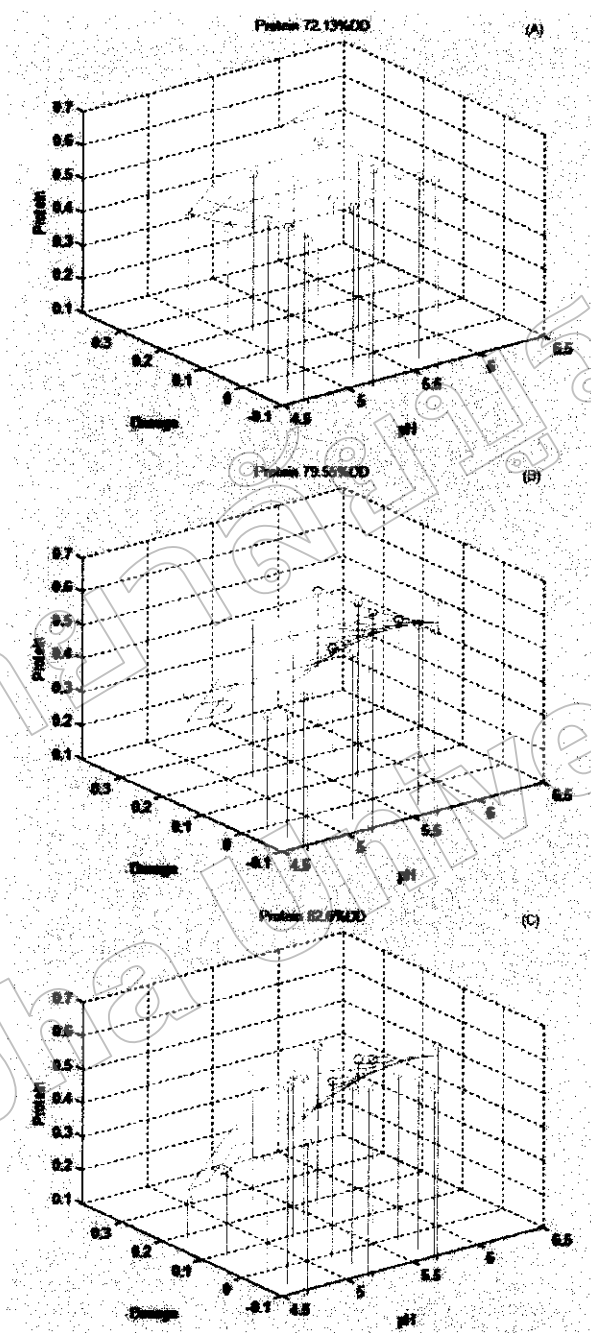
จากภาพที่ 4-15 พบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 5.0 เป็น 6.0 ปริมาณโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.116 ± 0.009 กรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 0.143 กรัมต่อลิตร) เป็น 0.466 ± 0.002 กรัมต่อลิตร (ค่าจากการทำนาย เท่ากับ 0.475 กรัมต่อลิตร)

1.5.1 เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีน

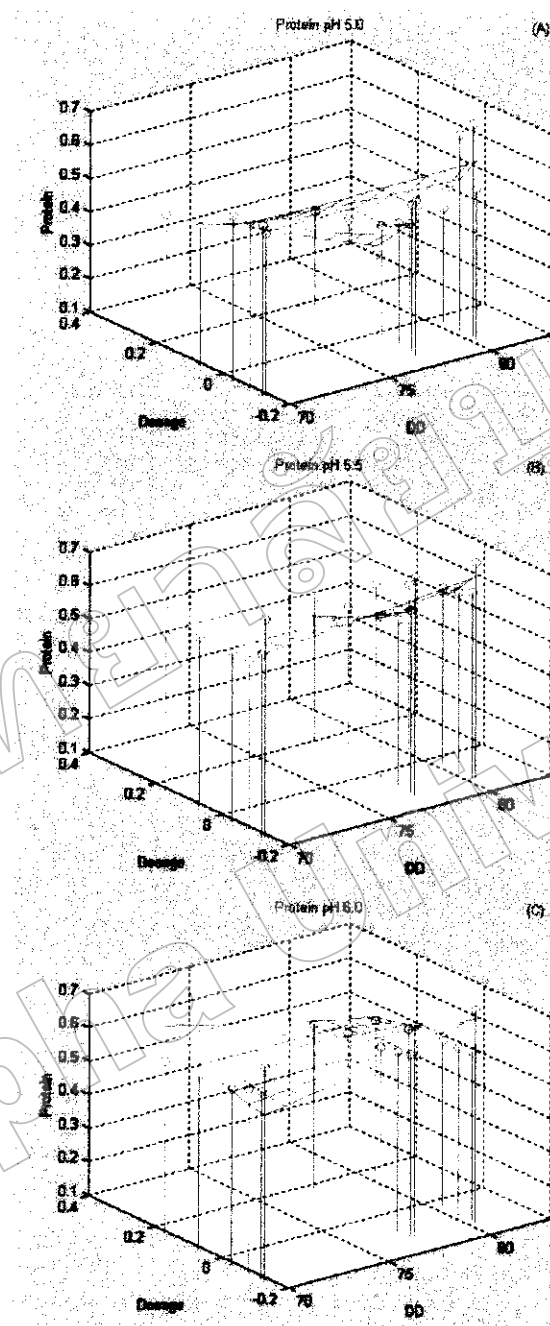
จากตารางที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-11) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีนของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 84.13-9.70 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของไคโตซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ pH 5.0 และปริมาณไคโตซาน 0.30 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีนมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 84.13 ± 0.84 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติกของไคโตซานเป็น 79.55 ± 1.90 เปอร์เซ็นต์ pH 5.5 ปริมาณ 0.00 กรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีนมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 9.70 ± 1.75 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4-14 ผลของปริมาณโคโคซาน และ pH ต่อค่า ต่อปริมาณโปรตีนของน้ำทิ้งจากระบวนการผลิตเต้านู๋แข็ง ที่ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานต่าง ๆ A: 72.13 เปอร์เซ็นต์, B: 79.55 เปอร์เซ็นต์ และ C: 82.60 เปอร์เซ็นต์ (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง, กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)



ภาพที่ 4-15 ผลของปริมาณโคโคซาน และ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน ต่อปริมาณโปรตีนของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง ที่ pH ต่าง ๆ A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0 (กราฟหัวมุม = ค่าจากการทดลอง, กราฟ Surface = ค่าจากการทำนาย)

2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของส่วนตะกอน

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของส่วนตะกอน โดยนำตัวอย่างส่วนตะกอนของตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาในการทดลองจาร์เทส มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ปริมาณโปรตีน (Kjeldahl)

ผลของระดับการกำจัดหมู่อะมิโนของโคโคซานต่อปริมาณโปรตีน แสดงได้ดังตารางที่ 4-5 และภาพที่ 4-16

จากตารางที่ 4-5 (ภาพที่ 4-16) และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-12) พบว่าเมื่อระดับการกำจัดหมู่อะมิโนของโคโคซานเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 43.79-46.13 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะมิโนของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณโปรตีนมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 46.13 ± 0.22 เปอร์เซ็นต์

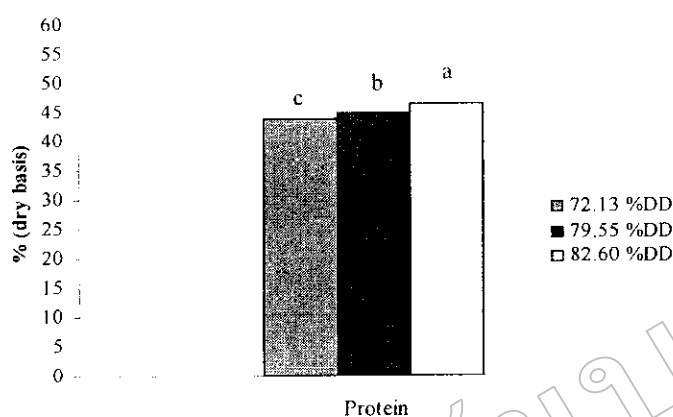
ระดับการกำจัดหมู่อะมิโนของโคโคซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณโปรตีนมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 43.79 ± 0.34 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4-5 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะมิโนของโคโคซาน ต่อปริมาณโปรตีน (Kjeldahl) ของส่วนตะกอน แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ระดับการกำจัดหมู่อะมิโน (เปอร์เซ็นต์)	องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโปรตีน*(เปอร์เซ็นต์)
72.13	43.79 ± 0.34^c
79.55	44.69 ± 0.27^b
82.60	46.13 ± 0.22^a

^{a,b,c} หมายถึง อักษรในแนวดังเดียวกันต่างก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

* ตัวอย่างการคำนวณ แสดงได้ดังภาคผนวก ข -7



ภาพที่ 4-16 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน ต่อปริมาณโปรตีน (Kjeldahl) ของส่วนตะกอน

2.2 ปริมาณเถ้า

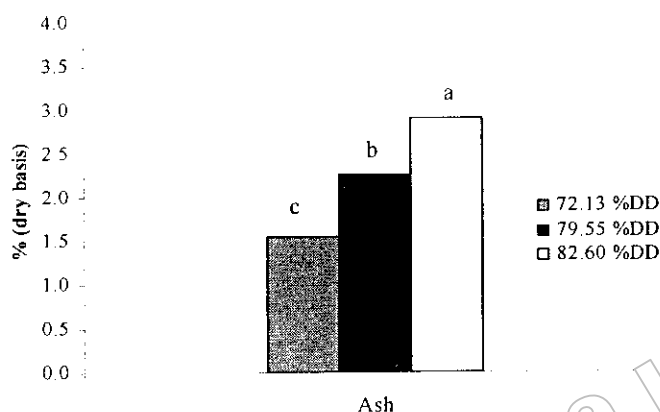
ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานต่อปริมาณเถ้าแสดงได้ดังตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-17

ตารางที่ 4-6 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน ต่อปริมาณเถ้าของส่วนตะกอน (แสดงในรูปค่าเฉลี่ย+ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติล (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณเถ้า* (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)
72.13	1.54±0.03 ^c
79.55	2.24±0.14 ^b
82.60	2.90±0.11 ^a

^{a,b,c} หมายถึง อักษรในแนวตั้งเดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

* ตัวอย่างการคำนวณ แสดงได้ดังภาคผนวก ข -8



ภาพที่ 4-17 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน ต่อปริมาณเถ้าของส่วนตะกอน

จากตารางที่ 4-6 (ภาพที่ 4-17) และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางภาคผนวก จ-13) พบว่า เมื่อระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 2.90-1.54 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณเถ้ามีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 2.90 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซานเป็น 72.13 ± 4.40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณเถ้ามีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็น 1.54 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์

3. วิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าจากการทดลองและค่าจากการทำนาย

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าจากการทดลองและค่าจากการทำนายแสดงได้ดังตารางที่ 4-7

จากตารางที่ 4-7 พบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น ($r = 0.70858$, $p < 0.05$), ค่าก ($r = 0.42469$, $p < 0.05$), ค่าของแข็งแขวนลอย ($r = 0.73056$, $p < 0.05$), ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($r = 0.93889$, $p < 0.05$), ค่าของแข็งทั้งหมด ($r = 0.75128$, $p < 0.05$) และปริมาณโปรตีน ($r = 0.82582$, $p < 0.05$) จากการทดลองและค่าจากการทำนาย มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก

ตารางที่ 4-7 สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าจากการทดลองและค่าจากการทำนาย

	NTU	NTUCal	n	nCal	SS	SSCal	TDS	TDSCal	TSS	TSSCal	Protein	ProteinCal
NTU	1.000	0.708*										
NTUCal	0.708*	1.000										
n			1.000	0.424*								
nCal			0.424*	1.000								
SS					1.000	0.730*						
SSCal					0.730*	1.000						
TDS							1.000	0.938*				
TDSCal							0.938*	1.000				
TSS									1.000	0.751*		
TSSCal									0.751*	1.000		
Protein											1.000	0.825*
ProteinCal											0.825*	1.000

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การศึกษาผลของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

ผลของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน ($0.50 \pm 0.18 \times 10^6$, $0.72 \pm 1.00 \times 10^6$ และ $1.28 \pm 1.15 \times 10^6$ ดาลตัน) pH (5.0, 5.5 และ 6.0) และปริมาณไคโตซาน (0.00, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง โดยการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของส่วนใสและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของส่วนตะกอนแสดงได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของส่วนใส

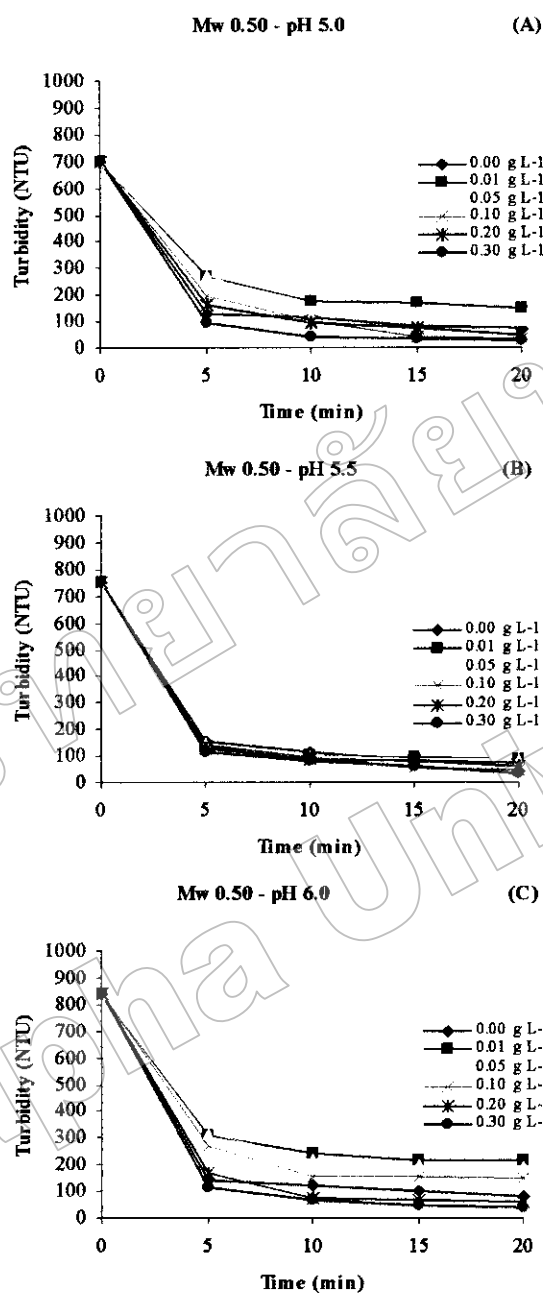
วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของส่วนใส โดยนำตัวอย่างส่วนใสของตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาในการทดลองจาร์เทสมวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ความขุ่น

ผลของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งในช่วง 0-20 นาที แสดงได้ดังภาพที่ 4-18 (0.50×10^6 ดาลตัน), ภาพที่ 4-19 (0.72×10^6 ดาลตัน) และ ภาพที่ 4-20 (1.28×10^6 ดาลตัน) ส่วนในช่วง 0-120 นาที แสดงได้ดังภาพภาคผนวก ข-40 (0.50×10^6 ดาลตัน), ภาพภาคผนวก ข-41 (0.72×10^6 ดาลตัน) และภาพภาคผนวก ข-42 (1.28×10^6 ดาลตัน) โดยการศึกษาความขุ่นทำการติดตามการลดลงของความขุ่น และวัดความขุ่นสุดท้ายดังนี้

1.1.1 การลดลงของความขุ่น

จากภาพที่ 4-18, ภาพที่ 4-19 และ ภาพที่ 4-20 พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความขุ่นมีแนวโน้มลดลง โดย 0-5 นาทีแรก ความขุ่นจะลดลงอย่างรวดเร็วจาก 762.6 NTU เป็น 181.0 NTU ($0.50 \pm 0.18 \times 10^6$ ดาลตัน) 805.3 NTU เป็น 188.4 NTU ($0.72 \pm 1.00 \times 10^6$ ดาลตัน) และ 797.5 NTU เป็น 162.6 NTU ($1.28 \pm 1.15 \times 10^6$ ดาลตัน) ฟลักซ์ที่ได้ในช่วงนี้มีขนาดใหญ่ จึงตกสู่ก้นภาชนะอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ จนเริ่มคงที่ และคงที่ในที่สุดที่เวลาประมาณ 20 นาที เมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที พบว่าความขุ่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก



ภาพที่ 4-18 ผลของน้ำหนักโมเลกุลของโคโตซาน (0.50×10^6 ดาลตัน) (A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0) และปริมาณโคโตซาน (0.00, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็งในช่วง 0-20 นาที