

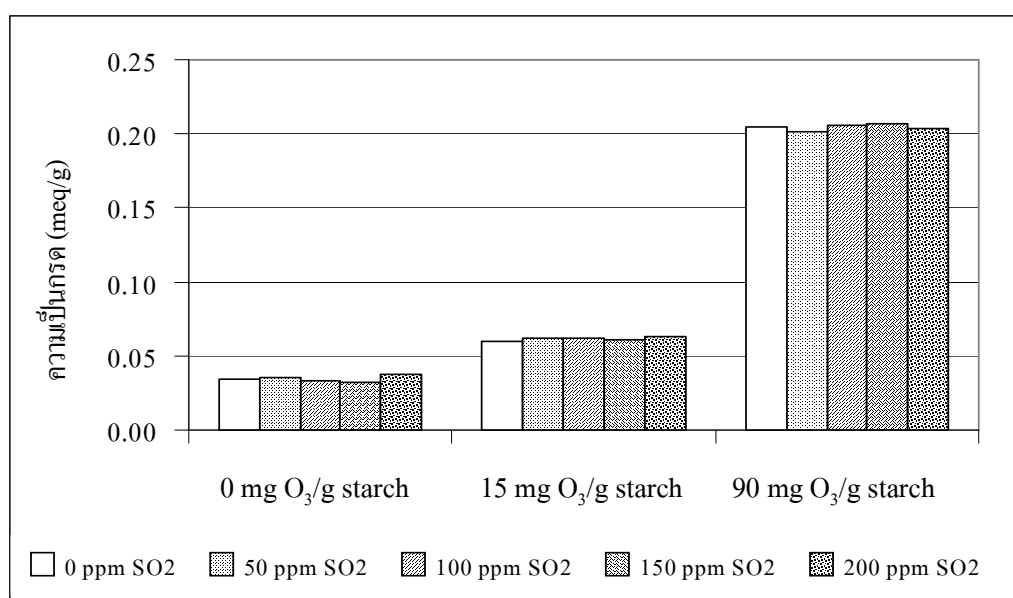
2. การศึกษาผลของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้งมันสำปะหลังที่นำมาผ่านการให้โอโซนต่อสมบัติต่างๆ ของแป้ง

การเตรียมแป้งมันสำปะหลังเพื่อให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน ได้แก่ 0, 50, 100, 150 และ 200 พีพีเอ็ม โดยใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ความเข้มข้นต่างๆ กัน ในการสกัดแป้ง เมื่อตรวจสอบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในแป้งมันสำปะหลังที่ได้พบว่ามีค่าเท่ากับ 0, 37, 96, 145 และ 198 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ซึ่งถือว่าได้แป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างใกล้เคียงกับปริมาณที่ต้องการ โดยในการรายงานและวิจารณ์ผลการทดลอง จะแสดงค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้งมันสำปะหลังโดยประมาณเป็น 0, 50, 100, 150 และ 200 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

2.1 สมบัติทางเคมีของแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 15 และ 90 mg O₃/g starch

ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน พบว่าแป้งดิบที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างที่สูงขึ้นจะมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น โดยแป้งดิบที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 0, 50, 100, 150 และ 200 พีพีเอ็ม มีค่าความเป็นกรดเท่ากับ 0.03, 0.04, 0.05, 0.06 และ 0.07 meq/g ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในแป้ง เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวได้เป็นกรดซัลฟิวรัส และซัลไฟท์ไอออน (วินศ, 2545) ทำให้เมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของแป้งดิบที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างที่สูงขึ้น มีค่าความเป็นกรดสูงขึ้นด้วย ส่วนปริมาณหมู่คาร์บอนิลและคาร์บอกซิลของแป้งดิบที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากนั้นนำแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กันที่เตรียมได้ไปผ่านการให้โอโซนที่มีความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 15 และ 90 mg O₃/g starch แล้วตรวจวิเคราะห์สมบัติทางเคมี จากการทดลองพบว่า การให้โอโซนทั้ง 2 ระดับความเข้มข้น ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด ปริมาณหมู่คาร์บอกซิลและหมู่คาร์บอนิลของแป้งแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างแป้งควบคุมที่ไม่ผ่านการให้โอโซนที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเดียวกัน (ในแถวเดียวกัน) ในขณะที่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างที่ระดับต่างๆ กันไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด ปริมาณหมู่คาร์บอกซิลและหมู่คาร์บอนิลของแป้งควบคุม เมื่อเปรียบเทียบในแป้งที่ให้โอโซนระดับความเข้มข้นเดียวกัน (ในคอลัมน์เดียวกัน) ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 20 ซึ่งต่างจากกรณีที่เป็นแป้งดิบที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน ที่เตรียมได้ จะมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้งสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะกรดซัลฟิวรัสที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างนั้น อาจถูกกำจัดไปกับน้ำล้างแป้งในช่วงการเตรียมแป้งควบคุม ส่วนในกรณีเตรียมแป้งที่ผ่านการให้โอโซน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกรดซัลฟิวรัสซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารรีดิวซ์จึงถูกออกซิไดซ์ด้วยโอโซน ทำให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้งไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด และปริมาณหมู่คาร์บอนิลและคาร์บอกซิลของแป้งที่ผ่านการให้โอโซน ดังตารางที่ 6 ภาพที่ 21 และ 22

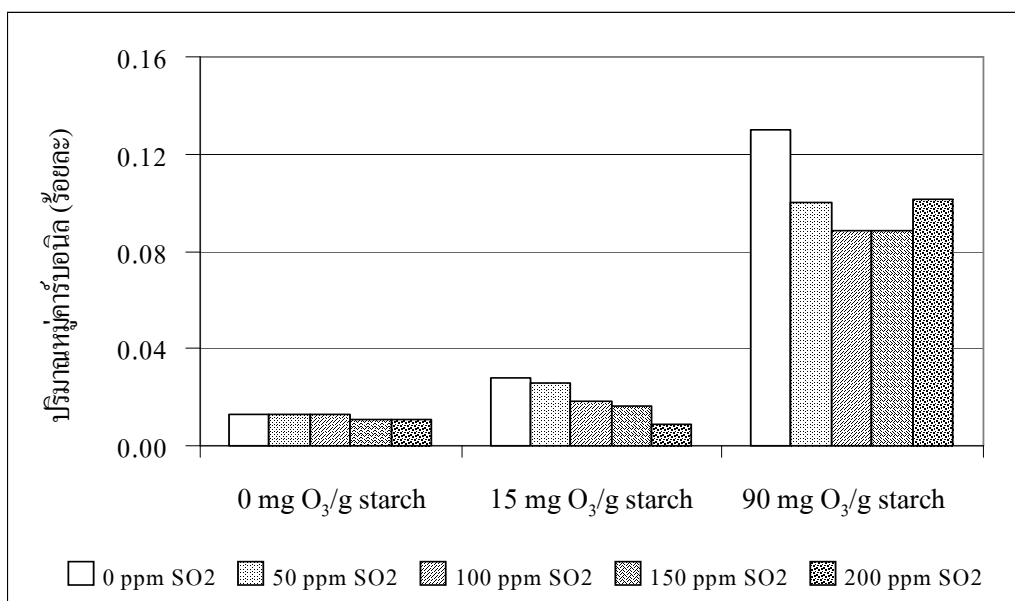


ภาพที่ 20 ค่าความเป็นกรด (acidity) ของแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0, 15 และ 90 mg O₃/g starch

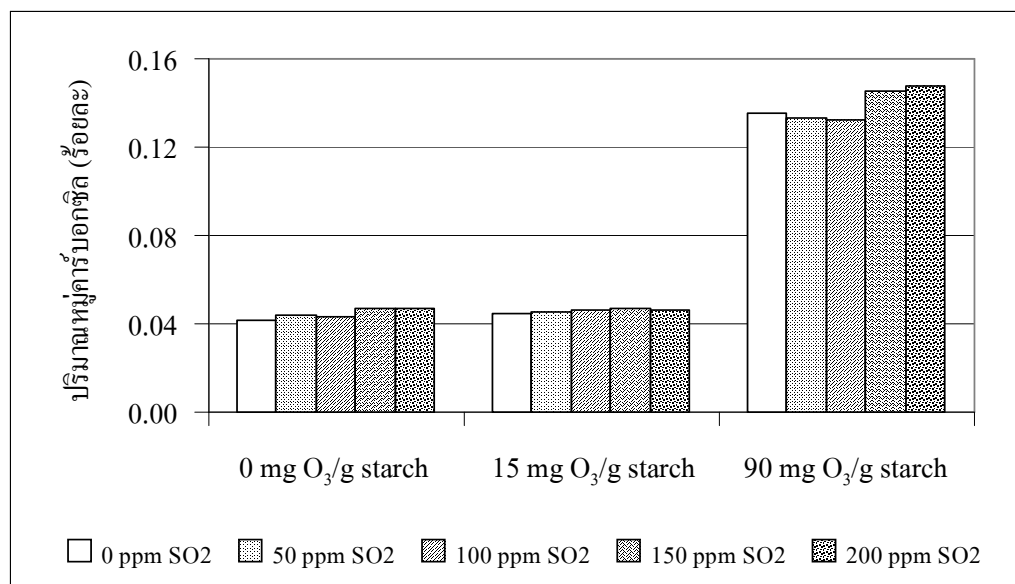
ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน
ที่ผ่านการให้ออกซิเจนที่ระดับความเข้มข้น 0, 15 และ 90 mg O₃/g starch

สมบัติทางเคมี และกายภาพ	ปริมาณซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ที่ตกค้าง ในแป้ง (พีพีเอ็ม)	ปริมาณออกซิเจน (mg O ₃ /g starch)			ค่าเฉลี่ย
		0	15	90	
ค่าความเป็นกรด (meq/g)	0	0.03	0.06	0.21	0.10 ^{NS}
	50	0.04	0.06	0.20	0.10 ^{NS}
	100	0.04	0.07	0.21	0.10 ^{NS}
	150	0.03	0.06	0.21	0.10 ^{NS}
	200	0.04	0.06	0.21	0.10 ^{NS}
	ค่าเฉลี่ย	0.04 ^c	0.06 ^b	0.21 ^a	
หมู่คาร์บอนิล (ร้อยละ)	0	0.02	0.03	0.13	0.06 ^{NS}
	50	0.02	0.03	0.11	0.05 ^{NS}
	100	0.02	0.02	0.09	0.04 ^{NS}
	150	0.01	0.02	0.09	0.04 ^{NS}
	200	0.02	0.01	0.10	0.04 ^{NS}
	ค่าเฉลี่ย	0.01 ^b	0.02 ^b	0.10 ^a	
หมู่คาร์บอกซิล (ร้อยละ)	0	0.04	0.05	0.14	0.08 ^{NS}
	50	0.05	0.05	0.14	0.08 ^{NS}
	100	0.05	0.05	0.14	0.08 ^{NS}
	150	0.05	0.05	0.15	0.08 ^{NS}
	200	0.05	0.05	0.15	0.08 ^{NS}
	ค่าเฉลี่ย	0.05 ^b	0.05 ^b	0.14 ^a	

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน และตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน
ในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)



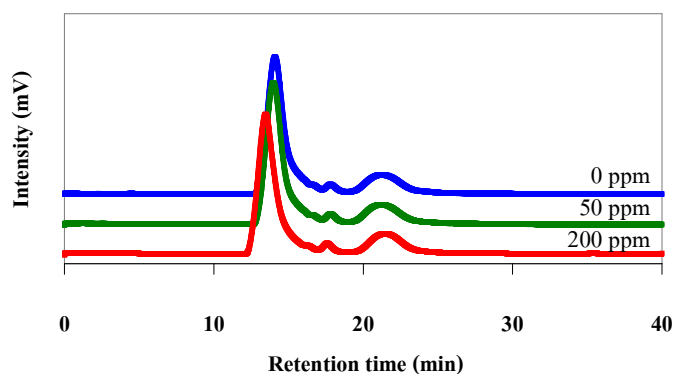
ภาพที่ 21 ปริมาณหมู่คาร์บอนิลของแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ไดออกไซด์ตกค้าง
ต่างๆ กัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0, 15 และ 90 mg O₃/g starch



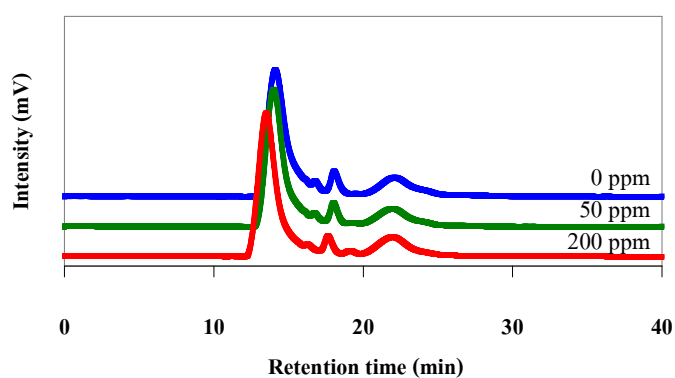
ภาพที่ 22 ปริมาณหมู่คาร์บอกซิลของแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ไดออกไซด์ตกค้าง
ต่างๆ กัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0, 15 และ 90 mg O₃/g starch

2.2 สมบัติทางโครงสร้างของแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 15 และ 90 mg O₃/g starch

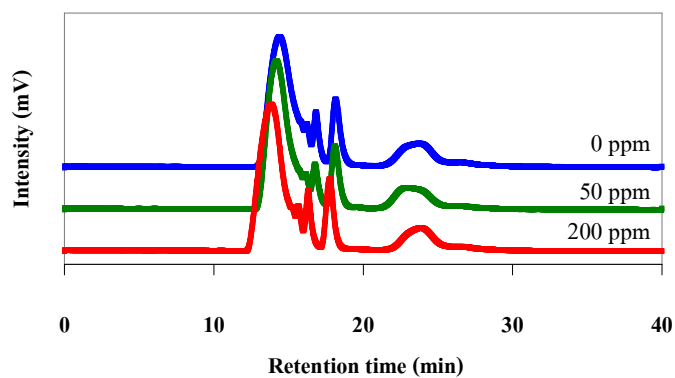
จากการวิเคราะห์ดังภาพที่ 23 พบว่า โครมาโตแกรมของแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 50 และ 200 พีพีเอ็ม ที่ไม่ผ่านการให้โอโซน ดังภาพที่ 23 ก) และที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้นโอโซนเดียวกัน ดังภาพที่ 23 ข) และค) พบว่า ไม่เห็นความแตกต่างแสดงให้เห็นว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้งไม่ส่งผลต่อสมบัติทางโครงสร้างของแป้งที่ผ่านการให้โอโซน แต่เมื่อพิจารณาโครมาโตแกรมของแป้งที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 15 และ 90 mg O₃/g starch พบว่า ฟิโอะมิโลส มีค่า retention time ประมาณ 22.5 และ 24 นาที ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าฟิโอะมิโลสของแป้งที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้นสูง (90 mg O₃/g starch) จะมีค่า retention time มากกว่าแสดงให้เห็นว่าแป้งที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้นสูงจะมีขนาดความยาวของสายโซ่โอะมิโลสสั้นกว่าในแป้งที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการตัดพันธะไกลโคซิดิกที่เพิ่มขึ้น เมื่อแป้งผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้นสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของการใช้ความเข้มข้นโอโซนต่างๆ กัน ในการดัดแปรแป้ง ที่มีต่อสมบัติทางโครงสร้างของแป้ง



ก) ผ่านการให้โอโซนความเข้มข้น 0 mg O₃/g starch (ไม่ให้โอโซน)



ข) ผ่านการให้โอโซนความเข้มข้น 15 mg O₃/g starch



ค) ผ่านการให้โอโซนความเข้มข้น 90 mg O₃/g starch

ภาพที่ 23 โครมาโตแกรมของแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 0, 50 และ 200 พีพีเอ็ม ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น ก) 0, ข) 15 และ ค) 90 mg O₃/g starch เมื่อวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง High Performance Size Exclusion Chromatography (HPSEC)

2.3 สมบัติทางกายภาพของแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 15 และ 90 mg O₃/g starch

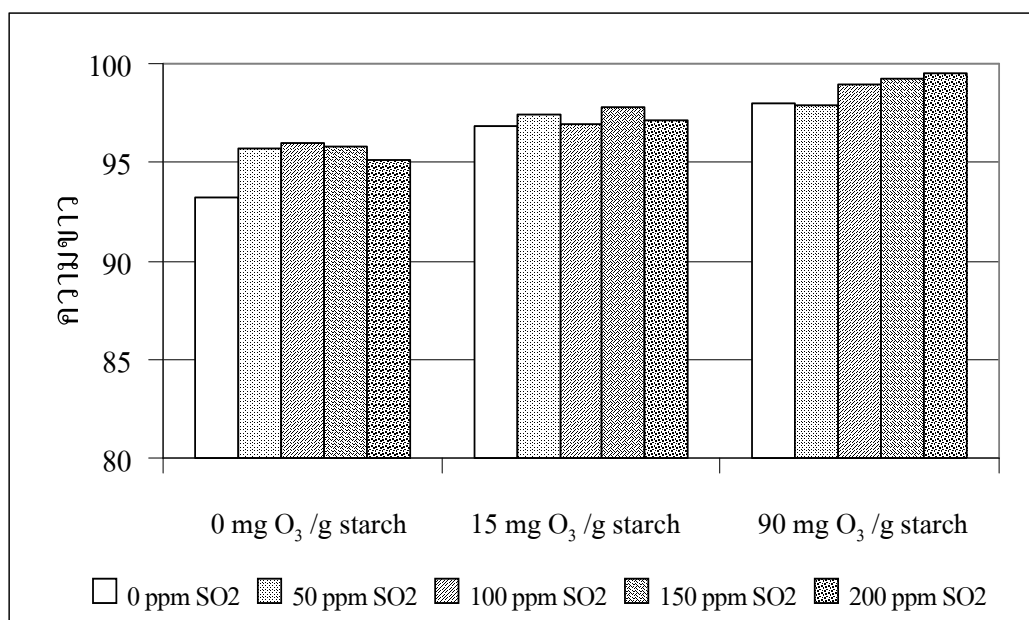
สำหรับสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความขาว และความโปร่งใสของแป้งเปียก (ร้อยละแสงส่องผ่าน) พบว่าแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างที่สูงขึ้นจะมีความขาวเพิ่มขึ้น (แป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 0, 50, 100, 150 และ 200 พีพีเอ็ม มีความขาวเท่ากับ 91.9, 95.4, 96.5, 96.7 และ 96.9 Kett scale ตามลำดับ) ทั้งนี้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารประกอบจำพวกซัลไฟต์ที่มีสมบัติเป็นสารฟอกขาวประเภทรีดิวซ์ (reducing bleaches) เมื่อสกัดแป้งมันสำปะหลังด้วยสารละลายดังกล่าว จึงทำให้แป้งมีความขาวเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารฟอกขาวประเภทรีดิวซ์จะไปเปลี่ยนโครงสร้างพันธะคู่ของสารที่ก่อให้เกิดสีให้เป็นพันธะเดี่ยว ซึ่งสีที่เกิดขึ้นเกิดจากสารดังกล่าวมีโครงสร้างเป็นพันธะคู่ สามารถดูดกลืนแสงได้ในบางช่วงความยาวคลื่น แล้วสะท้อนแสงอื่นออกมากลายเป็นสีที่ตามองเห็น ดังนั้นเมื่อโครงสร้างเปลี่ยนไปทำให้สูญเสียความสามารถในการดูดกลืนแสง ทำให้สะท้อนแสงทุกความยาวคลื่น จึงทำให้ไม่เห็นสีที่ตามองเห็น (Anonymous, 2004)

เมื่อนำแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กันที่เตรียมได้ไปผ่านการให้โอโซนที่มีความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 15 และ 90 mg O₃/g starch จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้ง และการไม่ให้โอโซนกับการให้โอโซนที่ 2 ระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลร่วมกันส่งผลให้ความขาวของแป้งแตกต่างกัน ดังตารางที่ 7 และภาพที่ 24 ในกรณีของแป้งควบคุม (0 mg O₃/g starch) แป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงขึ้นไป จะมีความขาวเพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่างๆ กัน เมื่อผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 15 และ 90 mg O₃/starch จะมีค่าความขาวสูงกว่าแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเดียวกัน แต่ไม่ผ่านการให้โอโซน (แป้งควบคุม) โดยเฉพาะแป้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 200 พีพีเอ็มและผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 90 mg O₃/g starch จะมีค่าความขาวมากที่สุด ทั้งนี้เป็นผลร่วมกันระหว่างซัลเฟอร์ไดออกไซด์และโอโซน ที่เป็นสารฟอกขาว (bleaching agent) แต่เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารฟอกขาวที่มีฤทธิ์เป็นสารรีดิวซ์จึงถูกออกซิไดซ์ด้วยโอโซนที่เป็นสารฟอกขาวที่มีฤทธิ์เป็นสารออกซิไดซ์ (oxidizing bleaches)

ตารางที่ 7 ค่าความขาว (whiteness) ของแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในปริมาณต่างๆกัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0, 15 และ 90 mg O₃/g starch

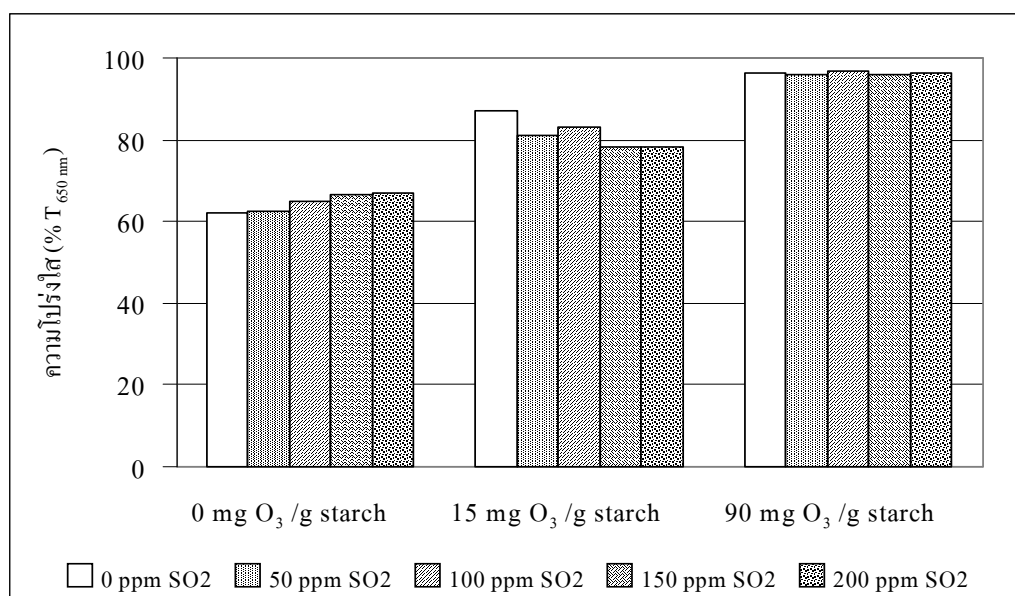
ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ตกค้างในแป้ง (ppm)	ความขาว		
	ปริมาณโอโซน (mg O ₃ /g starch)		
	0	15	90
0	93.2 ^{b,C}	96.8 ^{a,A}	97.9 ^{a,B}
50	95.7 ^{b,A}	97.4 ^{a,A}	97.9 ^{a,B}
100	96.0 ^{b,A}	96.9 ^{b,A}	98.9 ^{a,AB}
150	95.8 ^{c,A}	97.8 ^{b,A}	99.3 ^{a,AB}
200	95.1 ^{c,B}	97.2 ^{b,A}	99.5 ^{a,A}

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน และตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 24 ความขาว (whiteness) ของแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในปริมาณต่างๆกัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0, 15 และ 90 mg O₃/g starch

สำหรับความโปร่งใสของแป้งเปียก พบว่า ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้ง และการไม่ให้โอโซนกับการให้โอโซนที่ 2 ระดับความเข้มข้น มีอิทธิพลร่วมกันส่งผลให้ความโปร่งใสของแป้งเปียกแตกต่างกัน โดยในกรณีเป็นแป้งควบคุม ความโปร่งใสของแป้งเปียกซึ่งวิเคราะห์เป็นร้อยละแสงส่องผ่านของแป้งเปียกมีค่าสูงขึ้นเมื่อแป้งมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างสูงขึ้น แต่ในกรณีที่แป้งผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น $15 \text{ mg O}_3/\text{g starch}$ ร้อยละแสงส่องผ่านของแป้งเปียกลดลง เมื่อแป้งมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างสูงขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับแป้งที่ไม่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (0 พีพีเอ็ม) ที่ผ่านการให้โอโซน ซึ่งมีร้อยละแสงส่องผ่านเพิ่มขึ้น แต่ในกรณีที่แป้งที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างอยู่ ($50 - 200$ พีพีเอ็ม) มีค่าร้อยละแสงส่องผ่านลดลง อาจเนื่องมาจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีฤทธิ์เป็นสารรีดิวซ์จึงถูกออกซิไดส์ด้วยโอโซนซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารออกซิไดส์ โดยพิจารณาจากตารางที่ 7 ตัวเลขในวงเล็บที่แสดงค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าร้อยละแสงส่องผ่าน พบว่าแป้งที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น $15 \text{ mg O}_3/\text{g starch}$ ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าร้อยละแสงส่องผ่านมีแนวโน้มลดลงมากกว่าแป้งที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น $90 \text{ mg O}_3/\text{g starch}$ ดังนั้นปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้งส่งผลต่อความโปร่งใสของแป้งเปียกของแป้งที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้นต่ำมากกว่าแป้งที่ผ่านการให้โอโซน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของโอโซนที่ใช้ และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในแป้งด้วย



ภาพที่ 25 ความโปร่งใสของแป้งเปียก (paste clarity) แป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในปริมาณต่างๆ กัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0, 15 และ $90 \text{ mg O}_3/\text{g starch}$

ตารางที่ 8 ความโปร่งใสของแป้งเปียก (paste clarity) แป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในปริมาณต่างๆ กัน ที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0, 15 และ 90 mg O₃/g starch

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในแป้ง (พีพีเอ็ม)	ความโปร่งใสของแป้งเปียก (% T _{650 nm})					
	ปริมาณโอโซน (mg O ₃ /g starch)					
	0		15		90	
0	62.35 ^{c,C}		83.70 ^{b,A} (+40)		96.55 ^{a,NS} (+55)	
50	62.70 ^{c,C}		81.20 ^{b,B} (+30)		95.85 ^{a,NS} (+53)	
100	64.95 ^{c,B}		83.00 ^{b,A} (+28)		96.65 ^{a,NS} (+49)	
150	66.40 ^{c,AB}		78.05 ^{b,C} (+18)		96.00 ^{a,NS} (+45)	
200	67.05 ^{c,A}		78.25 ^{b,C} (+17)		96.30 ^{a,NS} (+44)	

หมายเหตุ 1. ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน และตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

2. ตัวเลขในวงเล็บหลังตัวอักษร แสดงค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง (\%)} = \frac{(X_t - X_0) \times 100}{X_0}$$

โดยที่ X_t = ค่าที่วิเคราะห์ได้ของแป้งที่ผ่านการให้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 15 หรือ 90 mg O₃/g starch

X_0 = ค่าที่วิเคราะห์ได้ของแป้งที่ไม่ผ่านการให้โอโซน (แป้งควบคุม) ที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเท่ากัน

ดังนั้น + = แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับแป้งที่ไม่ผ่านการให้โอโซน (แป้งควบคุม) ที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเท่ากัน

- = แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับแป้งที่ไม่ผ่านการให้โอโซน (แป้งควบคุม) ที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเท่ากัน