# บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งสด

มันฝรั่งที่ใช้ในการศึกษาเป็นมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติค ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี แสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งสด

| องค์ประกอบทางเคมี | ปริมาณ (% น้ำหนักแห้ง) |
|---|---|
| ไขมัน | 0-0.5 |
| โปรตีน | 2.4-3.8 |
| เยื่อใย | 3.6-4.0 |
| เถ้า | 3.9-4.6 |
| น้ำตาลกลูโคส | 1.28-2.35 (มิลลิกรัม/กรัม) |

จากผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติกที่ใช้ในการศึกษานี้ มีค่าไขมัน โปรตีน เยื่อใย เถ้า สูงกว่าสายพันธุ์ Osina, Glactica, Valour, Ledy valour, Sponta และ Hana (Amany และคณะ, 2009) และปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงกว่าสายพันธุ์ Appell, Erntestolz, Lady Rosetta, Markies และ Saturna ซึ่งมีน้ำตาลกลูโคสอยู่ในช่วง 0.1-1.3 มิลลิกรัม/กรัม (Amrein และคณะ, 2003) จะเห็นว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่สูงมีผลต่อการเกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ (Biedermann-Brem และคณะ, 2003)

## 4.2 ปัจจัยของการเกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

ปัจจัยของการเกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ของการศึกษานี้ได้แก่อุณหภูมิและเวลาในการทอดซึ่งพบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อการเกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดดังแสดงในตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดหลังจากการทอดที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

| อุณหภูมิ (°C) | ระยะเวลา (นาที) | ปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ (ppb) |
|---|---|---|
| 150 | 5 | $411.7^{a} \pm 7.1$ |
| | 6 | $821.4^{d} \pm 27.5$ |
| | 7 | $1447.5^{f} \pm 38.6$ |
| 170 | 4 | $490.3^{b} \pm 6.6$ |
| | 5 | $832.6^{d} \pm 34.7$ |
| | 6 | $1674.4^{g} \pm 48.2$ |
| 190 | 3 | $662.2^{c} \pm 5.3$ |
| | 4 | $1051.5^{e} \pm 34.7$ |
| | 5 | $1630.0^{g} \pm 43.5$ |

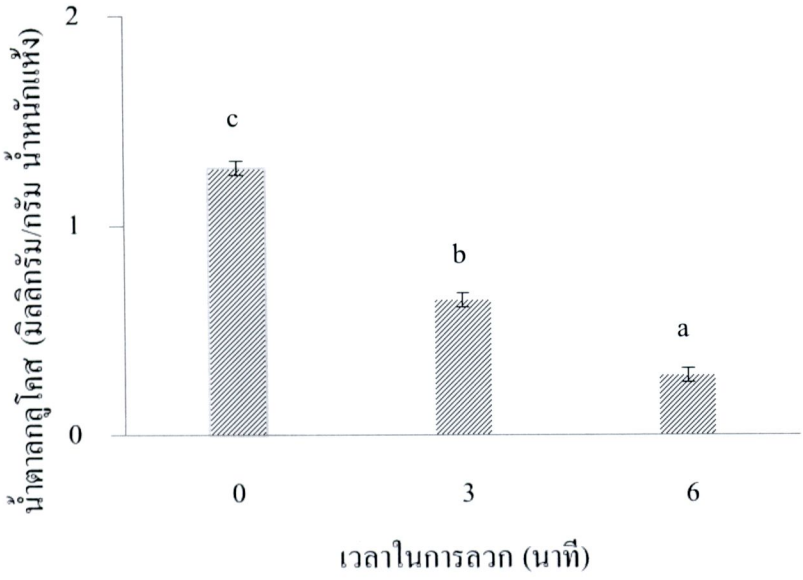
ตัวอักษรแตกต่างกัน (a, b, c...) ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อุณหภูมิและเวลาในการทอดเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์ (Amrein และคณะ, 2006) การทดลองพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาของการทอดส่งผลให้ปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Pedreschi และคณะ (2004) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิการทอดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดเพิ่มจาก 150 °C ถึง 190 °C ปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น 89%

## 4.3 การลดปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

### 4.3.1 ผลของการลวกมันฝรั่งต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

การลวกมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 80 °C ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (น้ำตาลกลูโคส) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในตัวอย่างมันฝรั่งสดลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.1



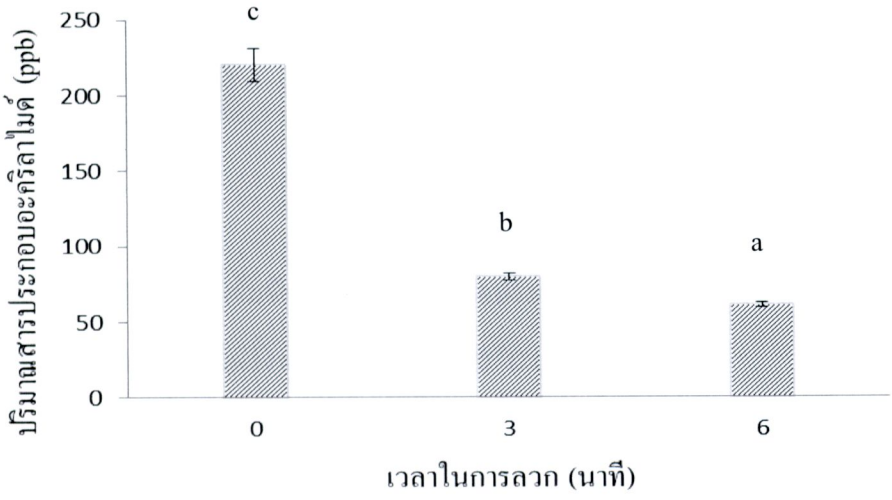

**รูปที่ 4.1** ผลของเวลาในการลวกต่อปริมาณน้ำตาลกลูโคสในมันฝรั่งสด

ผลการทดลองพบว่าการลวกมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 80 °C และระยะเวลาในการลวกลดปริมาณน้ำตาลกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสถูกละลายและแพร่ออกจากตัวอย่างในระหว่างการลวก ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการลวก (0 นาที) และมันฝรั่งที่ผ่านการลวกเป็นเวลา 3 และ 6 นาที มีค่า 1.28, 0.65 และ 0.29 มิลลิกรัม/กรัมมันฝรั่งสด ตามลำดับ จะเห็นว่าการลวกที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 3 และ 6 นาที ลดปริมาณน้ำตาล 49 และ 78% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของมันฝรั่งที่ผ่านการลวกมีค่าน้อยมาก โดยมีรายงานว่าถ้าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัม/กรัมมันฝรั่งสด ช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ลดลง (Biedermann-Brem และคณะ, 2003)

Pedreschi และคณะ (2004) ศึกษาผลของการลวกต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด โดยลวกมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 70 นาที และอุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 40 นาที ลดปริมาณน้ำตาลกลูโคสเฉลี่ยประมาณ 76% ดังนั้นเวลาการลวกเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้น้ำตาลกลูโคสละลายและแพร่ออกจากตัวอย่าง

สำหรับผลของการลวกต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในมันฝรั่งทอดที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 3 นาที และ 6 นาที แล้วนำไปทอดในน้ำมันปาล์มแบบ deep frying ที่อุณหภูมิ 170 °C เป็นเวลา 4 นาที พบว่าปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์เหลือ 79.5 และ 61.3 ppb

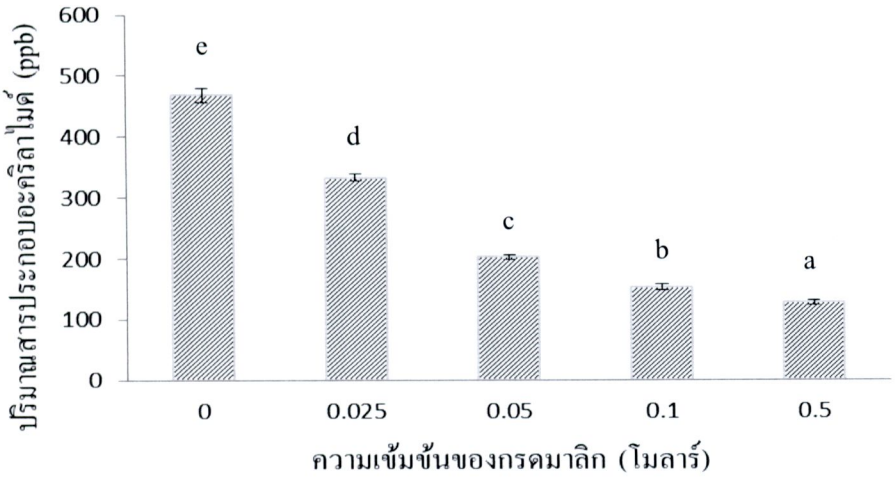
ตามลำดับ จากเดิมที่ไม่ผ่านการลวก 220.3 ppb (รูปที่ 4.2) หรือลดลงประมาณ 64 และ 72% กระบวนการลวกเป็นการกำจัดน้ำตาลกลูโคสในตัวอย่าง Pedreschi และคณะ (2004) ลวกมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 70 นาที และ 70 °C เป็นเวลา 40 นาที สามารถลดปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดลง 97 และ 91% ตามลำดับ




**รูปที่ 4.2** ผลของเวลาในการลวกต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่อุณหภูมิ 170 °C เป็นเวลา 4 นาที

### 4.3.2 ผลของกรดมาลิคต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

ผลของความเข้มข้นของกรดมาลิคต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแสดงในรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ลดลงจากเดิม 468.4 ppb เหลือเท่ากับ 332.7, 201.5, 152.7 และ 126.3 ppb ตามลำดับ หรือลดลงประมาณ 29, 57, 67 และ 73% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของกรดมาลิคที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากค่า pH ในมันฝรั่งมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยสภาวะความเป็นกรดสามารถยับยั้งปฏิกิริยา Schiff base formation เป็นปฏิกิริยาเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยา Strecker degradation โดยโปรตอนของกรดจับกับหมู่เอมีนของกรดอะมิโน ($-NH_2$) กลายเป็น nonnucleophilic amine ($NH_3^+$) ทำให้ปฏิกิริยาไม่ดำเนินต่อไปและไม่เกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ (Mestdagh และ คณะ, 2007)



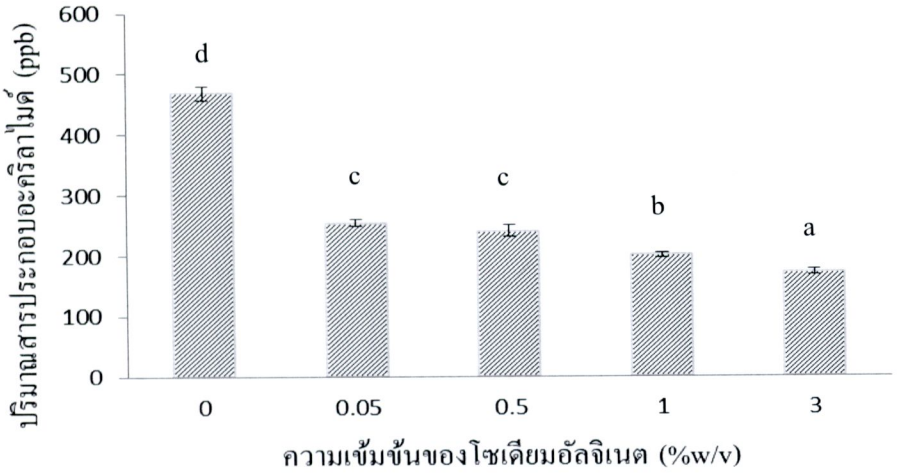

**รูปที่ 4.3** ผลของความเข้มข้นของกรดมาลิคต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่อุณหภูมิ 170 °C เป็นเวลา 4 นาที

Jung และคณะ (2003) ศึกษาการแช่มันฝรั่งในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 10 และ 20 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 30 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดลง 73.1 และ 79.7% ตามลำดับ

Mestdagh และคณะ (2007) ใช้กรดซิตริก กรดอะซิติก และกรดแลคติกเข้มข้น 100 μmol/g mixture ในแบบจำลองแป้งมันฝรั่ง ก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 170 °C เป็นเวลา 6 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในแป้งมันฝรั่งลง 78, 46 และ 62% ตามลำดับ

### 4.3.3 ผลของโซเดียมอัลจิเนตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

ผลของความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในมันฝรั่งทอดแสดงในรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ลดลงจากเดิม 468.4 ppb เหลือ 253.5, 239.9, 200.1 และ 171.5 ppb ตามลำดับ หรือลดลงประมาณ 46, 49, 57 และ 63% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากไอออนบวกของเกลือจับกับหมู่เอมีนของกรดอะมิโน ($-NH_2$) ทำให้ยับยั้งปฏิกิริยา Schiff base formation ซึ่งทำให้ปฏิกิริยาไม่ดำเนินต่อไปและไม่เกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ (Park และคณะ, 2005)

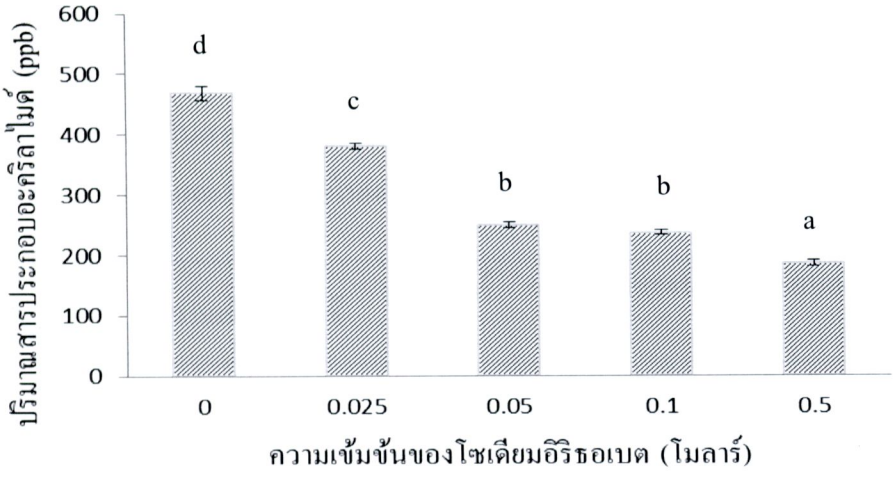



**รูปที่ 4.4** ผลของความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่อุณหภูมิ 170 °C เป็นเวลา 4 นาที

Akdeniz และคณะ (2006) แช่เฟรนฟรายในสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ (โซเดียมอัลจิเนต และเพคติน) เข้มข้น 2% (w/v) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปทอดในน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 8 นาที พบว่าสารประกอบอะคริลาไมด์ในตัวอย่างลดลงมากกว่า 50 % เนื่องจากสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการเกิดเจล ซึ่งสามารถเคลือบเป็นฟิล์มบนผิวอาหารเกิดเป็นรูพรุนเล็กๆจำนวนมากบนผิวหน้าอาหาร ทำให้น้ำมันผ่านรูเหล่านี้ลดลงส่งผลให้การถ่ายโอนความร้อน (heat transfer) ระหว่างชิ้นมันฝรั่งกับน้ำมันลดลงและทำให้เกิดสารประกอบอะคริลาไมด์ลดลง

### 4.3.4 ผลของโซเดียมอิริธอเบตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

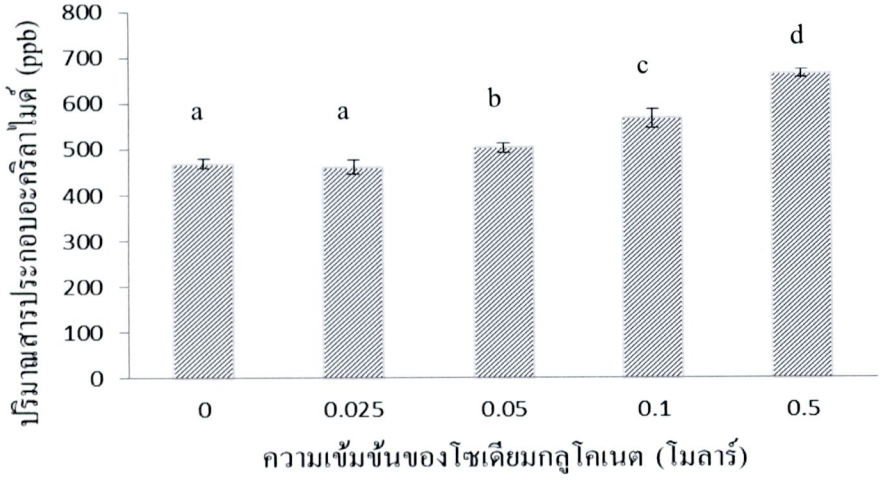
ผลของความเข้มข้นของโซเดียมอิริธอเบตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในมันฝรั่งทอดแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งพบว่าปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ลดลงจากเดิม 468.4 ppb เหลือ 379.9, 248.8, 236.2 และ 184.7 ppb ตามลำดับ หรือลดลงประมาณ 19, 47, 50 และ 61% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของโซเดียมอิริธอเบตที่เพิ่มขึ้น โซเดียมอิริธอเบต มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในรูปออกซิไดซ์ (oxidized antioxidants) สามารถจับกับหมู่เอมีนของกรดอะมิโน ($-NH_2$) เกิดการยับยั้งปฏิกิริยา Schiff base formation (Ou และคณะ, 2010)




**รูปที่ 4.5** ผลของความเข้มข้นของโซเดียมอิริธอเบตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่อุณหภูมิ 170°C เป็นเวลา 4 นาที

### 4.3.5 ผลของการแช่โซเดียมกลูโคเนตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

ผลของความเข้มข้นของโซเดียมกลูโคเนตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในมันฝรั่งทอดแสดงในรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าโซเดียมกลูโคเนตไม่สามารถลดปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ แต่ปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโซเดียมกลูโคเนตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโซเดียมกลูโคเนตมีคุณสมบัติเป็น Chelating agents (กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2545) โดยสามารถจับกับแร่ธาตุเหล็กในมันฝรั่ง แร่ธาตุดังกล่าวสามารถรีดิวซ์กลูโคเนตกลายเป็นน้ำตาลกลูโคส (Wade, 2006) ซึ่งน้ำตาลกลูโคสเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้เกิดสารประกอบอะคริลาไมด์เพิ่มขึ้น




**รูปที่ 4.6** ผลของความเข้มข้นของโซเดียมกลูโคเนตต่อปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่อุณหภูมิ 170 °C เป็นเวลา 4 นาที

ผลของการลวกมันฝรั่งที่ 80 °C นาน 3 และ 6 นาที และผลของความเข้มข้นของการแช่มันฝรั่งด้วยวัตถุเจือปนอาหาร 3 ชนิด นาน 6 นาที ก่อนการทอดช่วยลดปริมาณสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด สรุปในตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** การลดสารประกอบอะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

| ชุดการทดลอง | ความเข้มข้นที่ใช้ | ระยะเวลา (นาที) | การลดลงของสารประกอบอะคริลาไมด์ (%) |
|---|---|---|---|
| ชุดควบคุม (แช่ในน้ำกลั่น) | - | 6 | 0 |
| การลวก | - | 3 | $63.9^{h} \pm 1.2$ |
| การลวก | - | 6 | $72.2^{j} \pm 0.7$ |
| กรดมาลิก | 0.025 โมลาร์ | 6 | $28.9^{b} \pm 1.1$ |
| กรดมาลิก | 0.5 โมลาร์ | 6 | $56.9^{f} \pm 0.9$ |
| กรดมาลิก | 0.1 โมลาร์ | 6 | $67.4^{i} \pm 0.9$ |
| กรดมาลิก | 0.5 โมลาร์ | 6 | $73.0^{j} \pm 1.0$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 0.05 % (w/v) | 6 | $45.8^{c} \pm 1.2$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 0.5 % (w/v) | 6 | $48.8^{de} \pm 2.0$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 1 % (w/v) | 6 | $57.3^{f} \pm 0.9$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 3 % (w/v) | 6 | $63.4^{h} \pm 0.9$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.025 โมลาร์ | 6 | $18.9^{a} \pm 1.3$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.5 โมลาร์ | 6 | $46.9^{cd} \pm 1.9$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.1 โมลาร์ | 6 | $49.6^{e} \pm 2.5$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.5 โมลาร์ | 6 | $60.6^{g} \pm 2.5$ |

จากผลในตารางที่ 4.3 พบว่าผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการลวกเป็นเวลา 6 นาที และผ่านการแช่ในกรดมาลิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ เป็นเวลา 6 นาที สามารถลดสารประกอบอะคริลาไมด์ได้ดีที่สุด

## 4.4 ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดซึ่งแสดงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด ทำโดยผู้ทดสอบที่เป็นนักศึกษาภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมีทักษะทางด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส จำนวน 40 คน มีอายุระหว่าง 20-25 ปี แสดงผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด (แสดงในตารางที่ 4.4) จะเห็นว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดชุดควบคุมและผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการลวกมีสีเหลืองทองมากที่สุด นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของวัตถุเจือปนอาหารที่เพิ่มขึ้นอาทิ กรดมาลิก โซเดียมอัลจิเนต และโซเดียมอิริธอเบต สำหรับค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดชุดควบคุม ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการลวกและผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่โซเดียมอิริธอเบตมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ความกรอบของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่โซเดียมอัลจิเนตมีลักษณะแข็งมากขึ้นตามความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เมื่อผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดถูกความร้อนจะเกิดเป็นฟิล์มเจลบางๆเคลือบที่ผิวของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดเกิดเป็นรูพรุนเล็กๆจำนวนมากบนผิวหน้าอาหารส่งผลให้มันฝรั่งทอดมีลักษณะแข็งขึ้น (Akdeniz และคณะ, 2006) ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่โซเดียมอัลจิเนตมีค่าความหืนน้อยที่สุด เนื่องจากโซเดียมอัลจิเนตช่วยลดการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ทำให้ลดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด (Akdeniz และคณะ, 2006) ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่โซเดียมอัลจิเนต และโซเดียมอิริธอเบตจะมีรสเค็มมากที่สุด เนื่องจากมีส่วนประกอบของเกลือโซเดียมเป็นองค์ประกอบ สำหรับผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่กรดมาลิกมีรสเปรี้ยวมากขึ้นตามความเข้มข้นของกรดมาลิกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่งผลต่อคะแนนของรสมันฝรั่งของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง และการยอมรับโดยรวม ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกการยอมรับของผลิตภัณฑ์มีค่าแตกต่างกันโดยผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดชุดควบคุมและผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่โซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 0.5% (w/v) ได้รับการยอมรับค่อนข้างสูง (7.7 = ความชอบปานกลาง-ความชอบมาก) และมีค่าการยอมรับโดยรวมกันไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านการแช่กรดมาลิกที่ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ได้รับการยอมรับโดยรวมน้อยที่สุด เนื่องจากรสเปรี้ยวที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ รวมทั้งกลิ่นรสของมันฝรั่งที่น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

การเปรียบเทียบผลค่าสีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดจากการประเมินทางประสาทสัมผัสกับเครื่องวัดสี แสดงในตารางที่ 4.5 จะให้เห็นว่าคะแนนของการประเมินทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่างของสีรวมที่วัดได้จากเครื่องวัดสีให้ผลสอดคล้องกัน โดยผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ผ่านกระบวนการลวก และผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดชุดควบคุม มีสีเหลืองทองสูงสุด โดยมีค่าความแตกต่าง

ของสีรวมต่ำสุดและค่าสีของการประเมินทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงสุด เนื่องจากการลวกส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (น้ำตาลกลูโคส) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในตัวอย่างมันฝรั่งสดลดลง ช่วยลดปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบไม่ใช้เอนไซม์ ทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลวกมีสีเหลืองทอง (Biedermann-Brem และคณะ, 2003) นอกจากนี้การลวกเป็นการเพิ่มความชื้นในผลิตภัณฑ์ช่วยลดปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบไม่ใช้เอนไซม์ เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบไม่ใช้เอนไซม์เกิดได้ดีที่ความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่ำ (Saguy และ Karel, 1980) สำหรับการแช่โซเดียมอัลจิเนตมีสีเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าความแตกต่างของสีรวมสูงและค่าสีของการประเมินทางประสาทสัมผัสมีค่าต่ำ เนื่องจากโซเดียมอัลจิเนตมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบไม่ใช้เอนไซม์เพิ่มขึ้น (Williams และ Mittal, 1999)

ผลของค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดจากการประเมินทางประสาทสัมผัสและเครื่องวัดเนื้อสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าคะแนนของการประเมินทางประสาทสัมผัส และค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสให้ผลสอดคล้องกัน มันฝรั่งที่ผ่านการแช่โซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 3% (w/v) ให้ค่าเนื้อสัมผัสสูงที่สุด

**ตารางที่ 4.4** คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด

| ชุดการทดลอง | ความเข้มข้นที่ใช้ | ระยะเวลา (นาที) | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) (สเกล 1-15 ) | กลิ่นรสและรสชาติ (สเกล 1-15 ) | | | | | การยอมรับรวม (สเกล 1-9 ) | สี (สเกล 1-15 ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | มันฝรั่ง | เปรี้ยว | เค็ม | หืน | ไหม้ | | |
| ชุดควบคุม (แช่ในน้ำกลั่น) | - | 6 | $7.0^{a} \pm 1.2$ | $14.3^{f} \pm 0.6$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.2^{b} \pm 0.1$ | $1.3^{b} \pm 1.2$ | $0.5^{a} \pm 0.5$ | $8.1^{e} \pm 0.9$ | $13.7^{e} \pm 1.0$ |
| การลวก | - | 3 | $7.5^{bcde} \pm 1.8$ | $13.8^{cde} \pm 0.7$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $1.6^{b} \pm 1.3$ | $0.8^{ab} \pm 0.8$ | $7.3^{cd} \pm 0.9$ | $13.0^{de} \pm 1.2$ |
| การลวก | - | 6 | $6.9^{a} \pm 2.0$ | $13.8^{cde} \pm 0.6$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $1.3^{b} \pm 1.3$ | $0.7^{ab} \pm 0.8$ | $7.4^{cd} \pm 1.0$ | $12.9^{de} \pm 1.6$ |
| กรดมาลิก | 0.025 โมลาร์ | 6 | $7.8^{abcd} \pm 1.9$ | $13.5^{c} \pm 0.5$ | $2.4^{b} \pm 0.4$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $1.7^{b} \pm 1.1$ | $1.3^{cde} \pm 1.0$ | $7.2^{cd} \pm 0.8$ | $11.8^{bc} \pm 1.1$ |
| กรดมาลิก | 0.05 โมลาร์ | 6 | $7.6^{bcd} \pm 1.3$ | $10.8^{b} \pm 0.3$ | $4.7^{c} \pm 1.2$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $1.7^{b} \pm 1.2$ | $1.4^{def} \pm 1.2$ | $6.5^{b} \pm 1.0$ | $11.8^{bc} \pm 1.3$ |
| กรดมาลิก | 0.1 โมลาร์ | 6 | $8.1^{cdef} \pm 1.5$ | $10.5^{b} \pm 0.5$ | $5.6^{d} \pm 0.9$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $1.6^{b} \pm 1.2$ | $1.8^{f} \pm 1.7$ | $6.0^{b} \pm 1.8$ | $12.4^{cd} \pm 1.6$ |
| กรดมาลิก | 0.5 โมลาร์ | 6 | $8.6^{f} \pm 2.3$ | $4.5^{a} \pm 1.2$ | $12.2^{e} \pm 0.7$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $1.7^{b} \pm 1.0$ | $1.7^{ef} \pm 1.2$ | $2.4^{a} \pm 1.6$ | $10.1^{a} \pm 1.9$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 0.05 % (w/v) | 6 | $7.9^{bcdef} \pm 0.9$ | $14.0^{ef} \pm 0.7$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.3^{c} \pm 0.1$ | $0.5^{a} \pm 0.6$ | $0.9^{abc} \pm 0.7$ | $7.1^{c} \pm 0.8$ | $11.8^{bc} \pm 1.7$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 0.5 % (w/v) | 6 | $8.0^{bcdef} \pm 1.0$ | $14.0^{ef} \pm 1.0$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.3^{c} \pm 0.1$ | $0.4^{a} \pm 0.5$ | $1.0^{abcd} \pm 0.8$ | $7.7^{de} \pm 0.6$ | $11.5^{b} \pm 1.9$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 1 % (w/v) | 6 | $8.3^{def} \pm 1.6$ | $13.8^{cde} \pm 0.6$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.5^{e} \pm 0.1$ | $0.5^{a} \pm 0.7$ | $1.1^{bcd} \pm 0.9$ | $7.1^{c} \pm 0.9$ | $11.3^{b} \pm 1.9$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 3 % (w/v) | 6 | $8.5^{ef} \pm 1.5$ | $13.7^{cde} \pm 0.6$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.5^{e} \pm 0.1$ | $0.5^{a} \pm 0.5$ | $1.1^{bcd} \pm 0.9$ | $6.1^{b} \pm 1.1$ | $9.7^{a} \pm 2.5$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.025 โมลาร์ | 6 | $7.4^{ab} \pm 0.9$ | $13.7^{cde} \pm 0.9$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.4^{d} \pm 0.2$ | $1.2^{b} \pm 1.1$ | $1.2^{bcd} \pm 1.0$ | $7.5^{cd} \pm 0.6$ | $12.0^{bc} \pm 1.4$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.05 โมลาร์ | 6 | $7.5^{abc} \pm 1.3$ | $13.9^{de} \pm 0.7$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.4^{d} \pm 0.2$ | $1.2^{b} \pm 1.2$ | $1.0^{abcd} \pm 0.9$ | $7.5^{cd} \pm 0.7$ | $12.0^{bc} \pm 1.4$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.1 โมลาร์ | 6 | $7.6^{abcd} \pm 1.1$ | $13.6^{cd} \pm 1.0$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.5^{e} \pm 0.3$ | $1.3^{b} \pm 1.2$ | $1.1^{bcd} \pm 1.0$ | $7.3^{cd} \pm 0.9$ | $11.3^{b} \pm 1.0$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.5 โมลาร์ | 6 | $7.6^{abcd} \pm 1.0$ | $13.6^{cd} \pm 1.0$ | $0^{a} \pm 0.0$ | $0.6^{f} \pm 0.2$ | $1.3^{b} \pm 1.1$ | $1.2^{bcd} \pm 1.1$ | $7.0^{c} \pm 0.9$ | $9.6^{a} \pm 1.5$ |

ตัวอักษรแตกต่างกัน (a, b, c,…)ในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.5** ค่าสีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดจากการประเมินทางประสาทสัมผัสและเครื่องวัดสี

| ชุดการทดลอง | ความเข้มข้นที่ใช้ | ระยะเวลา (นาที) | ค่าสี | |
|---|---|---|---|---|
| | | | จากการประเมินทางประสาทสัมผัส | ค่าความแตกต่างของสีรวม (ΔE) |
| ชุดควบคุม (แช่ในน้ำกลั่น) | - | 6 | $13.7^{e} \pm 1.0$ | $16.2^{bc} \pm 3.5$ |
| การลวก | - | 3 | $13.0^{de} \pm 1.2$ | $11.9^{ab} \pm 2.2$ |
| การลวก | - | 6 | $12.9^{de} \pm 1.6$ | $8.5^{a} \pm 2.0$ |
| กรดมาลิก | 0.025 โมลาร์ | 6 | $11.8^{bc} \pm 1.1$ | $24.2^{de} \pm 2.3$ |
| กรดมาลิก | 0.05 โมลาร์ | 6 | $11.8^{bc} \pm 1.6$ | $24.6^{de} \pm 2.6$ |
| กรดมาลิก | 0.1 โมลาร์ | 6 | $12.4^{cd} \pm 1.3$ | $26.7^{def} \pm 2.4$ |
| กรดมาลิก | 0.5 โมลาร์ | 6 | $10.1^{a} \pm 1.9$ | $27.1^{def} \pm 2.8$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 0.05 % (w/v) | 6 | $11.8^{bc} \pm 1.7$ | $22.7^{d} \pm 3.7$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 0.5 % (w/v) | 6 | $11.5^{b} \pm 1.9$ | $21.4^{cd} \pm 2.3$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 1 % (w/v) | 6 | $11.3^{b} \pm 1.9$ | $23.9^{d} \pm 7.6$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 3 % (w/v) | 6 | $9.7^{a} \pm 2.5$ | $31.5^{f} \pm 3.2$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.025 โมลาร์ | 6 | $12.0^{bc} \pm 1.4$ | $24.9^{def} \pm 2.3$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.05 โมลาร์ | 6 | $12.0^{bc} \pm 1.4$ | $26.1^{def} \pm 3.9$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.1 โมลาร์ | 6 | $11.3^{b} \pm 1.0$ | $26.9^{def} \pm 4.9$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.5 โมลาร์ | 6 | $9.6^{a} \pm 1.5$ | $30.9^{ef} \pm 2.9$ |

ตัวอักษรแตกต่างกัน (a, b, c…) ในแนวตั้งเดียวแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.6** ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดจากการประเมินทางประสาทสัมผัสและเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

| ชุดการทดลอง | ความเข้มข้นที่ใช้ | ระยะเวลา (นาที) | เนื้อสัมผัส | |
|---|---|---|---|---|
| | | | จากการประเมินทางประสาทสัมผัส | เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (นิวตัน) |
| ชุดควบคุม (แช่ในน้ำกลั่น) | - | 6 | $7.0^{a} \pm 1.2$ | $198.1^{a} \pm 2.7$ |
| การลวก | - | 3 | $7.5^{bcde} \pm 1.8$ | $257.2^{cd} \pm 5.8$ |
| การลวก | - | 6 | $6.9^{a} \pm 2.0$ | $250.7^{cd} \pm 6.9$ |
| กรดมาลิก | 0.025 โมลาร์ | 6 | $7.8^{abcd} \pm 1.9$ | $285.8^{e} \pm 8.2$ |
| กรดมาลิก | 0.05 โมลาร์ | 6 | $7.6^{bcd} \pm 1.3$ | $317.0^{f} \pm 14.2$ |
| กรดมาลิก | 0.1 โมลาร์ | 6 | $8.1^{cdef} \pm 1.5$ | $338.1^{f} \pm 10.4$ |
| กรดมาลิก | 0.5 โมลาร์ | 6 | $8.6^{f} \pm 2.3$ | $343.0^{f} \pm 11.4$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 0.05 % (w/v) | 6 | $7.9^{bcdef} \pm 0.9$ | $213.4^{ab} \pm 4.4$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 0.5 % (w/v) | 6 | $8.0^{bcdef} \pm 1.0$ | $219.3^{ab} \pm 6.8$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 1 % (w/v) | 6 | $8.3^{def} \pm 1.6$ | $273.2^{de} \pm 12.0$ |
| โซเดียมอัลจิเนต | 3 % (w/v) | 6 | $8.5^{ef} \pm 1.5$ | $458.5^{g} \pm 23.1$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.025 โมลาร์ | 6 | $7.4^{ab} \pm 0.9$ | $235.6^{bc} \pm 8.7$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.05 โมลาร์ | 6 | $7.5^{abc} \pm 1.3$ | $275.7^{de} \pm 11.1$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.1 โมลาร์ | 6 | $7.6^{abcd} \pm 1.1$ | $273.6^{de} \pm 8.0$ |
| โซเดียมอิริธอเบต | 0.5 โมลาร์ | 6 | $7.6^{abcd} \pm 1.0$ | $267.1^{de} \pm 9.5$ |

ตัวอักษรแตกต่างกัน (a, b, c…) ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)