บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

<u>วอเตอร์แอคติวิตี(water activity)</u>(2)

ในอาหารมีน้ำอยู่ 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นน้ำที่ยึดติดแน่นกับโมเลกุลของอาหาร เรียกว่า bound water จุลินทรีย์ใช้น้ำส่วนนี้ได้ค่อนข้างยาก อีกส่วนหนึ่งคือน้ำอิสระที่อยู่บริเวณรอบๆ อาหาร เป็นน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อปฏิกิริยาเคมีต่างๆที่เกิดขึ้นในอาหารและการเจริญของจุลินทรีย์ เรียกน้ำส่วนนี้ว่า available water หรือ free water อาหารที่มีปริมาณน้ำมากจัดอยู่ในประเภทที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีสูงและใกล้เคียง 1.0 ได้แก่อาหารสดทั้งหลาย เช่น เนื้อสัตว์ ปลา ไข่ไก่ ผักสด และเครื่องดื่ม เป็นต้น อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำกว่า 0.5 ได้แก่ อาหารแห้ง เช่น เมล็ดธัญพืช นมผง ชา กาแฟ เป็นต้น ส่วนอาหารที่จัดอยู่ในจำพวก intermediate moisture food(IMF) นั้นจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีอยู่ระหว่างอาหารสดและอาหารแห้ง ได้แก่ แยม ลูกกวาด และอาหารสัตว์ เป็นต้น

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี คือ อัตราส่วนของความดันไอน้ำของสารตัวอย่างกับความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิเดียวกัน เขียนในรูปของสมการได้ดังนี้

$$Aw = \frac{P}{Po} \qquad (1)$$

ค่าวอเตอร์แอคติวิตีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 และจากนิยามของเปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์(%relative humidity, % RH) สามารถเขียนในรูปของสมการได้ดังนี้

$$\%RH = \frac{P(H_2O)}{Po} 100 \qquad (2)$$

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพราะฉนั้นค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอากาศจะมีค่าเท่ากับ

$$Aw = \frac{P(H_2O)}{Po} \qquad (3)$$

จากสมการที่ 2 และ 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกันมาก ดังนั้นถ้าทราบค่าเปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศก็สามารถหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอากาศได้ดังนี้

$$Aw = \frac{\%ERH}{100} \qquad (4)$$

<u>บทบาทของวอเตอร์แอคติวิตีในอาหาร</u>

1. <u>การเปลี่ยนแปลงทางเคมี</u>

ที่พบมากคือปฏิกิริยาของเอนไซม์การเกิดสารสีน้ำตาล และปฏิกิริยาออกซิเดชันพบว่าอาหารที่มีวอเตอร์แอคติวิตีต่ำกว่า 0.3 ปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดจากเอนไซม์จะเกิดขึ้นน้อยมากหรือไม่เกิดขึ้นเลย และเมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอาหารเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นด้วยจนถึงช่วงที่เกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุด คือ ค่าวอเตอร์แอคติวิตีตั้งแต่ 0.6 ถึง 0.8 แต่ถ้าอาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเพิ่มขึ้นอีกอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะลดลงตามลำดับ สำหรับผลที่มีต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันจะแตกต่างจากปฏิกิริยาอื่น กล่าวคือ อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำมากๆปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นได้ดี และเมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตีเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาจะลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งถึงช่วงที่วอเตอร์แอคติวิตีมีค่าตั้งแต่ 0.3 ถึง 0.5 หรือในช่วงอาหาร IMF ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นค่อนข้างช้า ค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่ควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปแต่อัตราการเกิดมีแนวโน้มไปในทำนองเดียวกัน

2. <u>การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร</u>

วอเตอร์แอคติวิตีมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารทั้งด้านลักษณะเนื้อสัมผัส สี และคุณค่าทางโภชนาการ โดยทั่วไปการลดปริมาณน้ำในอาหารมักเป็นผลทำให้

อาหารมีลักษณะแห้งและกรอบ แต่อย่างไรก็ตามลักษณะ เนื้อสัมผัสของอาหารยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น อัตราส่วนของโปรตีนต่อไขมันหรือชนิดของโปรตีนอีกด้วย สำหรับอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำมากมักมีลักษณะกรอบเปราะและแตกหักได้ง่าย ไม่เหมาะในการขนส่ง จึงได้มีการพัฒนาการผลิตอาหารให้มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำแต่มีลักษณะนุ่ม และฉ่ำชื่น โดยการเติมสารบางชนิดลงในอาหาร เช่นกลีเซอรอล(glycerol) เป็นต้น ผลของวอเตอร์แอคติวิตีที่มีต่อสีของอาหารที่สำคัญคือการเกิดสารสีน้ำตาล ซึ่งได้กล่าวแล้ว นอกนั้นมีรายงานอยู่เพียงเล็กน้อย เช่น มีผลต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผัก และการเกิดสีชมพูในปลาซาลมอน เป็นต้น สำหรับผลของวอเตอร์แอคติวิตีที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหารส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับวิตามินซี พบว่าอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำๆ วิตามินนี้จะอยู่ในสภาพที่คงตัวดี อัตราการสลายตัวของวิตามินซีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อวอเตอร์แอคติวิตีเพิ่มขึ้น และการเกิดสารสีน้ำตาลของอาหารในช่วงที่วอเตอร์แอคติวิตีต่างๆนั้นก็มีส่วนทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารนั้นลดลง

3. <u>การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา</u>

โดยที่วอเตอร์แอคติวิตีทำหน้าที่ควบคุมการเจริญและการอยู่รอดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าวอเตอร์แอคติวิตีเป็นปัจจัยที่สำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บ และเป็นตัวชี้ถึงความปลอดภัยในการบริโภคอาหารนั้น โดยทั่วไปจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดีที่สุดในอาหารที่มีระดับวอเตอร์แอคติวิตีที่พอเหมาะซึ่งอยู่ในช่วง 0.995 ถึง 0.980 เมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตีลดลงจำนวนจุลินทรีย์ในอาหารจะลดลงตามไปด้วย ถึงแม้ว่าแบคทีเรียยีสต์ และราส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับอาหารเจริญได้ดีที่วอเตอร์แอคติวิตีสูงกว่า 0.9 แต่ก็ยังมีจุลินทรีย์บางชนิดที่มีความสำคัญในทางอุตสาหกรรมอาหารที่สามารถเจริญได้ในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีค่อนข้างต่ำ เช่น halophilic bacteria osmophilic yeast และ xerophilic mold เป็นต้น

<u>การวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี</u>

ค่าวอเตอร์แอคติวิตีสามารถที่จะทำการวัดได้หลายวิธี แบ่งออกได้ดังนี้

1. <u>การหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีโดยวิธีวัดค่าลดลงของจุดเยือกแข็ง(2)</u>

วิธีนี้เหมาะสำหรับการหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีของสารละลายที่สูงกว่า 0.8 ขึ้นไปและต้องใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.1°C อาศัยหลักของ Raoult ซึ่งกล่าวว่าการลดลงของจุดเยือกแข็งของสารละลายจะสัมพันธ์โดยตรงกับการลดลงของความดัน

ไอน้ำที่อยู่เหนือสารละลาย เมื่อเทียบกับความดันไอน้ำที่อยู่เหนือน้ำบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ความดันไอน้ำหาได้โดยการวัดค่าของจุดเยือกแข็งที่ลดลงแล้วอ่านค่าความดันไอน้ำจากตารางในหนังสือคู่มือเคมีและฟิสิกส์(3) เมื่อหารด้วยค่าความดันไอของน้ำบริสุทธิ์จะได้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี หรืออาจคำนวณได้โดยตรงจากสมการดังนี้

$$Aw = \frac{n_1}{n_1+n_2} \qquad (5)$$

ค่าของจุดเยือกแข็งที่ลดลงสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$n_2 = \frac{G\Delta T_f}{1000K_f} \qquad (6)$$

2. <u>การหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีโดยการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล(ERH, equilibrium relative humidity)</u>

อาจแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

2.1 <u>วิธีที่ใช้เครื่องมืองำยๆ</u> มีหลายวิธี เช่น

2.1.1 Salt-impregnation filter paper(2) อาศัยหลักของการละลายของเกลือที่จะละลายเมื่อระดับความชื้นในอากาศรอบตัวสูงถึงจุดอิ่มตัวของมันเอง

ตัดกระดาษกรองเป็นแถบยาวแช่ในสารละลายอิ่มตัวของเกลือชนิดต่างๆ ตากให้แห้งแล้วนำมาติดด้านในของจานเลี้ยงเชื้อ(petri dish) ใส่อาหารที่ต้องการหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีลงไปแล้วปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 °C 20 ชั่วโมง ถ้ากระดาษกรองดูดความชื้น แสดงว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอาหารสูงกว่าของเกลือที่กระดาษกรอง ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอาหารจะมีค่าอยู่ระหว่างค่าสูงสุดเมื่อกระดาษกรองเปียกกับค่าต่ำสุดเมื่อกระดาษกรองแห้ง

2.1.2 Humidity-induced color changes(2) วิธีนี้อาศัยการเปลี่ยนสีของโคบอลต์ไธโอไซยาเนต(cobalt thiocyanate)ตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์สมดุล นำตัวอย่างอาหารและกระดาษกรองที่ชุ่มด้วยสารละลายเกลือดังกล่าวและสมดุลกับบรรยากาศเหนือตัวอย่างอาหารใส่รวมกันในภาชนะที่ปิดมิดชิดให้เหลือเนื้อที่เหนืออาหารน้อยที่สุด ทิ้งไว้ให้เกิดการเปลี่ยนสีของกระดาษกรอง รอจนกระดาษกรองหยุดเปลี่ยนสี ซึ่งถือว่าระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล นำกระดาษกรองไปเทียบกับสีมาตรฐานที่ทราบค่าวอเตอร์แอคติวิตี วิธีนี้สามารถใช้หาค่าวอเตอร์แอคติวิตีได้ในช่วง 0.3 ถึง 1.0 โดยใช้เวลาเพียง 2 ชั่วโมง

2.1.3 Water sorption isotherm(2) โดยใช้วอเตอร์ซอพชันไอโซเทอร์ม(water sorption isotherm)มาตรฐานซึ่งได้มาจากค่าวอเตอร์แอคติวิตีของสารที่ทราบค่าแน่นอน นำตัวอย่างอาหารใส่ในเดสซิเคเตอร์(desiccator)ที่บรรจุโปรตีนแห้งหรือไมโครคริสตัลไลน์เซลลูโลส(microcrystalline cellulose)ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งเข้าสู่ภาวะสมดุล ปริมาณน้ำที่ดูดซับโดยโปรตีนหรือเซลลูโลสจะขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอคติวิตีเริ่มแรกของอาหารและสามารถอ่านจากวอเตอร์ซอพชันไอโซเทอร์มมาตรฐานของโปรตีนหรือเซลลูโลสที่ใช้ วิธีนี้ใช้ได้ดีกับอาหารประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อ นม ขนมปัง และอาหารสัตว์

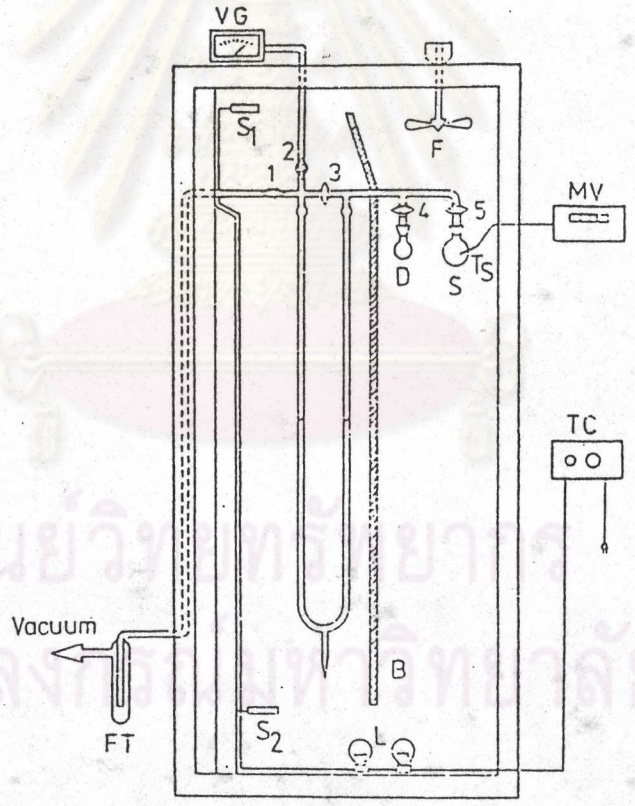
2.1.4 Graphical interpolation(2) นำอาหารที่ต้องการทราบค่าวอเตอร์แอคติวิตีไปวางไว้ในบรรยากาศที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ด้วยสารละลายเกลือที่อิ่มตัวหรือกรดกำมะถัน ปล่อยให้เข้าสู่ภาวะสมดุล อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีสูงกว่าสารละลายจะสูญเสียความชื้น นำน้ำหนักของอาหารที่เปลี่ยนแปลงมาเขียนกราฟกับความชื้นสัมพัทธ์ ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอาหารได้จากค่าความชื้นสัมพัทธ์ตรงจุดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่หาได้จากกราฟหารด้วย 100

2.2 <u>การใช้เครื่องมือที่สามารถวัดความดันไอน้ำในตัวอย่างอาหาร</u>

ค่าความดันไอที่วัดได้สามารถนำมาคำนวณค่าวอเตอร์แอคติวิตีได้โดยตรงการใช้เครื่องมือที่ซับซ้อนจะทำให้สามารถหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น เช่นการทดลองหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีของ Lewicki(4) โดยใช้มาโนมิเตอร์แบบน้ำมันซึ่งมีอุปกรณ์ดังรูปที่ 2.1 จะทำให้ทราบค่าความดันไอของตัวอย่างจากการเปลี่ยนระดับน้ำมันในหลอดแก้ว และสามารถคำนวณค่าวอเตอร์แอคติวิตีได้จากสมการ

$$Aw = \frac{(\Delta H_1 - \Delta H_2)}{Po} \qquad (7)$$

ค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่ได้จะยังมีข้อผิดพลาดอยู่ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาตรของกาซภายในระบบที่ใช้สารดูดความชื้นเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากกาซที่ไม่ใช่ไอน้ำซึ่งจะมีผลต่อค่าความดันรวมที่วัดได้ ไอน้ำในระบบจะถูกทำให้หมดไปด้วยการเปิดวาล์วของขวดที่บรรจุสารดูดความชื้นหลังจากที่มีการวัดค่าความดันไอรวมแล้ว จากนั้นจึงทำการวัดค่าความดันอีกครั้งค่าความดันไอที่วัดได้ครั้งหลังนี้จะเป็นค่าความดันไอของกาซที่ไม่ใช่ไอน้ำและไม่ถูกดูดซับด้วยสารดูดความชื้น จากนั้นนำค่าความดันไอของกาซที่ไม่ถูกดูดซับด้วยสารดูดความชื้นไปหักออกจากค่าความดันไอรวมก็จะได้ค่าความดันไอน้ำ

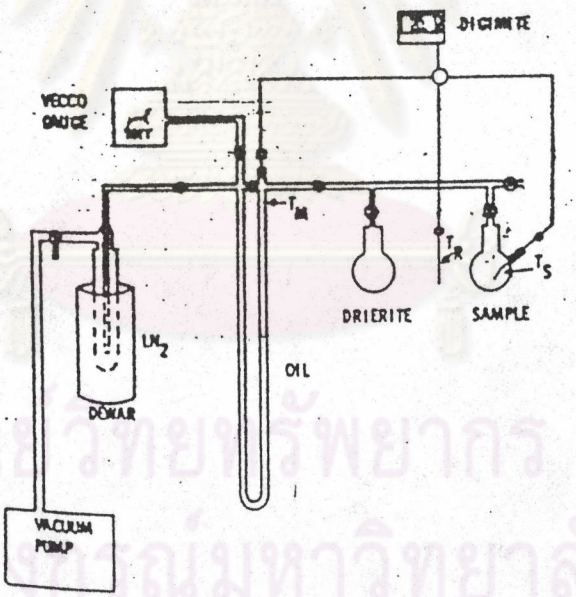


รูปที่ 2.1 เครื่องมือของ Lewicki ประกอบด้วย S คือ ขวดบรรจุตัวอย่าง Ts คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของตัวอย่าง D คือ ขวดบรรจุสารดูดความชื้น และ L คือ เครื่องกำเนิดความร้อน

จากการทดลองของ Nunes(5) ซึ่งใช้เครื่องมือดังรูปที่ 2.2 คำนวณหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีจากค่าความดันไอน้ำที่ได้นี้โดยใช้สมการ

$$Aw = \frac{(h_1 - Ch_{2u})}{Po} \qquad (9)$$

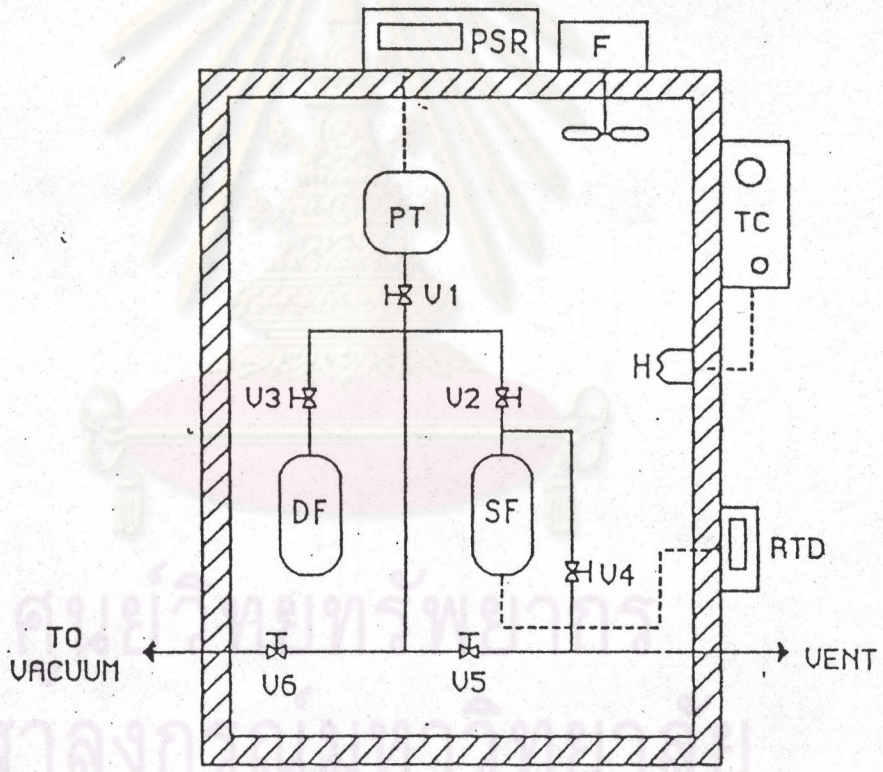
ถึงแม้ว่าจะมีการใช้สารดูดความชื้นในการแก้ปัญหาที่เกิดจากกาซที่ไม่ถูกดูดซับด้วยสารดูดความชื้นแต่ปัญหาที่เกิดจากการเพิ่มปริมาตรยังมิได้ถูกทำให้หมดไป และยังมีปัญหาที่เกิดจากความดันไอที่เหลืออยู่ภายในขวดที่บรรจุสารดูดความชื้นและความดันที่เกิดจากตัวสารดูดความชื้นเอง ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดของค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่คำนวณได้จากสมการที่ไม่ได้รับการปรับปรุงให้สามารถแก้ปัญหานี้



รูปที่ 2.2 เครื่องมือของ Nunes T_M คือ อุณหภูมิภายในมานอมิเตอร์ T_R คือ อุณหภูมิห้อง และ T_S คือ อุณหภูมิของตัวอย่าง

Benado และ Rizvi(1) ได้ทำการทดลองในปี ค.ศ.1987 โดยใช้คาพาซิแตนส์มาโนมิเตอร์(capacitance manometer)ในการหาค่าวอเตอร์แอคติวิตี แผนภาพของเครื่องมือที่ใช้แสดงได้ดังรูปที่ 2.3 การคำนวณหาค่าวอเตอร์แอคติวิตีสามารถทำได้โดยอาศัยสมการที่ถูกสร้างขึ้นจากการจำลองสภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้

$$A_w = \frac{P_1 - P_{11}}{P_{sat}} = \frac{P_1 - (P_2 - P^*)(1+R) + P_{do} R}{P_{sat}} \qquad (10)$$



รูปที่ 2.3 เครื่องมือของ Benado และ Rizvi PT คืออุปกรณ์วัดความดัน(pressuere transducer) PSR คืออุปกรณ์แสดงผล TC คือตัวควบคุมอุณหภูมิ H คือตัวกำเนิดความร้อน RTD คือเทอร์โมมิเตอร์ F คือพัดลม V_x(x = 1-6) คือวาล์ว SF คือขวดบรรจุสารตัวอย่าง DF คือขวดบรรจุสารดูดซับความชื้น

ผลของการทดลองปรากฏดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าสมการของ Benado และ Rizvi(1) และสมการที่มีการปรับปรุงบางส่วนของ Nunes(5) สามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากความดันไอของสารที่ไม่ถูกดูดซับด้วยสารดูดความชื้น(P_{1i})ได้ แต่สมการของ Nunes จะให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของน้ำบริสุทธิ์ที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด เมื่อความดันไอที่เกิดจากสารดูดความชื้น(P_{ao})มีค่าน้อย สมการที่ 10 ของ Benado และ Rizvi จะให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงทุกๆค่าความดันที่เกิดจากสารดูดความชื้น ความแตกต่างของการใช้สมการที่ 10 แสดงดังตารางที่ 2.2 โดยที่การคำนวณมีการนำค่าความดันเริ่มต้นในระบบมาเกี่ยวข้อง ค่าที่ได้จะมีความถูกต้องมากที่สุด และแม้ว่าจะประมาณค่าความดันเริ่มต้นในระบบเป็นศูนย์ สมการที่ 10 ก็ยังสามารถให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่มีความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าสมการของ Nunes(5)

ตารางที่ 2.1 ผลของความดันของกาซที่ไม่ถูกดูดซับด้วยสารดูดความชื้นที่มีต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่คำนวณได้โดยวิธีต่างๆ

	P_{1i} (Torr)				
P_{ao} (Torr)	0.0	4.0	8.0	Partial correction[a]	Eq.(10)
0.0	0.995	1.273	1.480	0.998	0.995
0.2	0.982	1.225	1.846	0.960	0.995
0.4	0.970	1.213	1.456	0.932	0.995
0.6	0.958	1.200	1.444	0.905	0.995
0.8	0.946	1.189	1.431	0.877	0.995
1.0	0.933	1.177	1.420	0.850	0.995

[a] Equation of Nunes(5)

ตารางที่ 2.2 ความแปรปรวนในการวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตีของน้ำบริสุทธิ์

	Uncorrect equation	Partial correction[a]	Eq.(10)	Eq.(10) (P* = 0)
Average Aw	1.206	0.983	0.999	0.992
Std Dev	0.221	0.011	0.005	0.009
Std Err	0.064	0.003	0.001	0.002

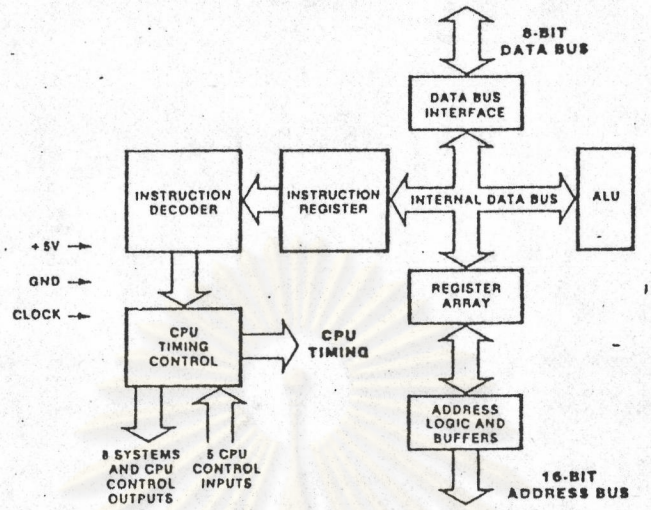
[a] Equation of Nunes(5)

<u>รายละเอียดอุปกรณ์ที่นำมาใช้</u>

เครื่องมือที่ออกแบบประกอบด้วยอุปกรณ์ที่นับว่าเป็นหัวใจในการทำงานของเครื่องซึ่งได้แก่

1. <u>ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z80 A</u>(6,7)

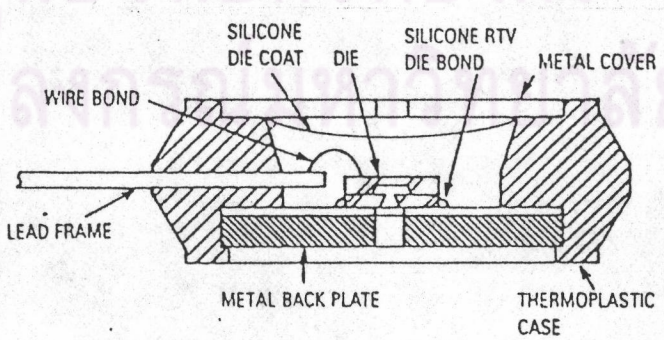
เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิท(BIT,binary digit) มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในด้านการประมวลผลและงานควบคุม มีอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้งานร่วมกันได้มากจึงง่ายในการออกแบบวงจรใช้งานให้ได้ตามวัตถุประสงค์ การเขียนโปรแกรมควบคุมสามารถทำได้ง่ายจากชุดคำสั่งที่มีอยู่ ภายในประกอบด้วยกลุ่มของรีจิสเตอร์(register)ที่จะทำหน้าที่ต่างๆกัน ALU(arithmatic logic unit)เป็นหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และทางตรรก(logic)ของตัวเลขขนาด 8 บิท ส่วนควบคุม(control unit)ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะของการอ่านและเขียนข้อมูลเพื่อให้เกิดการซิงโครไนซ์(synchronization)กับอุปกรณ์ภายนอก โครงสร้างภายในของ Z80 A แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของ Z80 A

2. <u>อุปกรณ์วัดความดัน</u>(8)

เป็นผลจากความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ บริษัทโมโตโรลาได้พัฒนาอุปกรณ์ชิ้นนี้ขึ้นด้วยเทคโนโลยีของวงจรรวม(integrated circuit, IC) และโครงสร้างของอุปกรณ์วัดความดัน ทำให้มีความสมบูรณ์ในตัวเองไม่ต้องมีการปรับแต่ง มีสมรรถนะในการทำงานที่ดีและเชื่อถือได้สูง(high reliability) ด้วยหลักการของเสตรนเกจทำให้ได้แรงดันเอาท์พุทที่เป็นเชิงเส้น มีความไวสูง และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน การใช้แสงเลเซอร์ในการปรับแต่งและชดเชยในการผลิตทำให้มีความเที่ยงตรงตลอดช่วงอุณหภูมิใช้งานที่กว้างจาก 0 ถึง 80°C

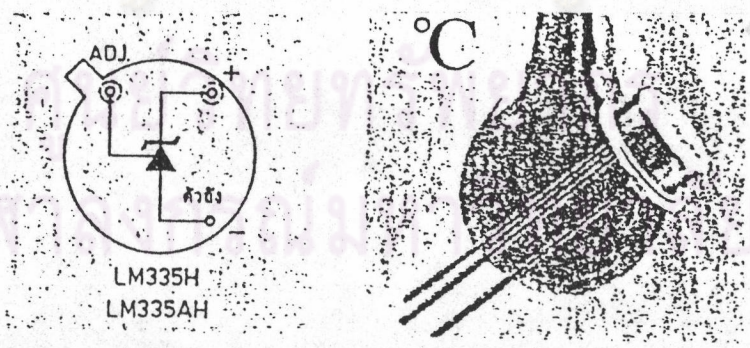


รูปที่ 2.5 โครงสร้างของอุปกรณ์วัดความดัน

ลักษณะของอุปกรณ์วัดความดัน(ดังแสดงในรูปที่ 2.5) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำจากซิลิกอนซึ่งจะถูกทำให้เป็นแผ่นบางๆ(diaphram) และจะถูกปกป้องด้วยซิลิโคนทำให้ไม่มีการสัมผัสโดยตรงกับสารที่ต้องการวัดความดัน ทำให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อน ตัวถังทำจากสารพลาสติกทนความร้อนทำให้สามารถใช้งานได้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง บางแบบมีการชดเชยอุณหภูมิภายในตัวเอง การใช้งานของอุปกรณ์วัดความดันจะมีส่วนประกอบร่วมซึ่งสามารถเลือกให้เหมาะสมกับงานได้ เช่นการวัดความดันสัมบูรณ์ ความดันสุญญากาศ และความดันแตกต่าง เป็นต้น ในการทดลองนี้เลือกใช้อุปกรณ์วัดความดัน 2 เบอร์ คือ เบอร์ MPX2010 และเบอร์ MPX200 ซึ่งมีสมบัติด้านต่างๆดังแสดงในภาคผนวก ก.1

3. <u>อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ(temperature transducer)</u>(9)

เป็นอินทิเกรทเซอร์คิตเบอร์ LM335H ออกแบบมาเป็นวงจรสำหรับตรวจวัดอุณหภูมิในช่วง 0 ถึง 100°C ที่เลือกมาใช้เป็นตัวถังโลหะเพื่อให้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ LM335 เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก การทำงานเที่ยงตรงเชื่อถือได้ แรงดันเอาท์พุทจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยมีค่าเท่ากับ 10 mV ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมา 1°C ตลอดย่านอุณหภูมิที่ออกแบบมาให้ใช้งาน และจากการที่เอาท์พุทเป็นเชิงเส้นจะทำให้การปรับการทำงานให้ถูกต้องทำได้ง่ายกว่าตัวตรวจวัดที่ไม่เป็นเชิงเส้น เช่น เทอร์มิสเตอร์(thermister) เป็นต้น ลักษณะของ LM335H แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะของ LM335H และการต่อขาในตัวถังโลหะแบบ TO-46

4. <u>วาล์ว(valve)</u>

ในการทดลองนี้เลือกใช้วาล์วเบอร์ ADK11-10 ซึ่งเป็นวาล์วที่ใช้งานในระบบที่เกี่ยวกับสุญญากาศ สามารถทนแรงดันสุญญากาศได้ 10 torr ช่องเปิดของวาล์วมีขนาด 12 mm ซีล(seal)ทำด้วย nitrile ทำให้สามารถนำใช้งานได้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง วาล์วชนิดนี้ควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้าโดยใช้ไฟสลับขนาด 220 V สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า 10 watt รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย