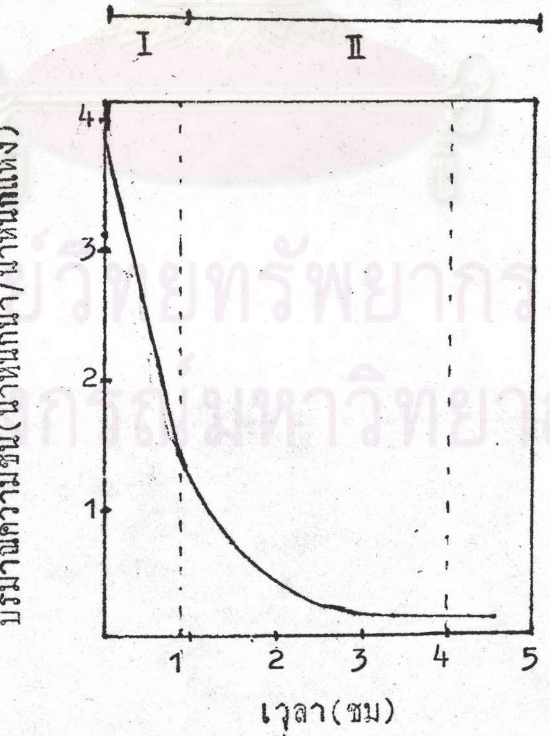
บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การทำแห้ง (Dehydration) (9)

การทำแห้งเริ่มต้นมาจากการใช้แสงแดด ซึ่งต่อมาได้พัฒนาการเป็นเครื่องทำแห้งต่าง ๆ ความร้อนจะทำให้ความดันไอของน้ำเพิ่มขึ้น จนกระทั่งน้ำระเหยจากผิวของอาหารนั้น เมื่อน้ำที่ผิวระเหยไป น้ำที่อยู่ภายในจะเคลื่อนมาแทนที่ (diffusion) ความร้อนที่ใช้ในการทำแห้ง จะต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิที่ผิว ขณะเดียวกันก็จะไปเพิ่มความดันไอของน้ำ ดังนั้นสิ่งสำคัญ คือ ความแตกต่างระหว่างความสามารถในการรับน้ำของบรรยากาศและการระเหยของน้ำที่ผิว

ถ้าเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่สูญเสียไปกับเวลาอบแห้ง จะได้กราฟดังรูป 2.1 ซึ่งลักษณะของการอบแห้งทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ระยะ(10) คือ



รูป 2.1 รูปแสดงระยะอัตราคงที่ (I) และระยะอัตราลดลง (II) ระหว่างการทำแห้ง (9)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.1 ระยะอัตราคงที่ (The constant rate period)

เป็นระยะที่แสดงถึงอัตราการแห้งค่อนข้างคงที่ และไม่ขึ้นต่อปริมาณน้ำในอาหาร จึงมีลักษณะคล้ายกับการระเหยของความชื้นซึ่งเป็นน้ำอิสระที่พื้นผิว (free water content) การลดความชื้นในระยะนี้ จะเกิดเป็นช่วงเวลาสั้นมาก ขนาดของอัตราการลดความชื้นในระยะนี้ ขึ้นกับ

2.1.1.1 พื้นที่ผิวของวัสดุ

2.1.1.2 ความแตกต่างของความชื้นระหว่างบรรยากาศภายนอกกับผิวของวัสดุเปียก

2.1.1.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล

2.1.1.4 ความเร็วของอากาศที่ผ่านเข้าทำการลดความชื้น

2.1.2 ระยะอัตราลดลง (The falling rate period)

เป็นระยะต่อจากระยะอัตราคงที่ ช่วงต่อระหว่างระยะจะเกิดความชื้นวิกฤต (critical moisture content) ขึ้น ซึ่งเป็นจุดที่เมื่อเราลดความชื้นไปเรื่อย ๆ อัตราการส่งความชื้นออกสู่ผิวจะต่ำกว่าอัตราการส่งความชื้นออกสู่บรรยากาศภายนอก ระยะอัตราลดลงนี้เป็นระยะที่สำคัญมาก เพราะการลดความชื้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงนี้ การลดความชื้นในระยะนี้ จะถูกควบคุมโดยสภาวะแวดล้อมของอาหาร การเคลื่อนของความชื้นภายในมาสู่ผิวโดยการแพร่ และการนำความชื้นออกไปจากผิว

น้ำในอาหาร ถือว่าเป็นตัวทำละลายของสารต่าง ๆ หลายชนิดในอาหาร ดังนั้นการทำให้แห้งจึงเท่ากับเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายขององค์ประกอบในอาหาร ถ้าเพิ่มความเข้มข้นให้มากกว่าการลดปริมาณน้ำ ถือเป็นการถนอมอาหาร เช่น การเติมเกลือพร้อมกับการทำแห้งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เมื่อทำให้องค์ประกอบของอาหารมีความเข้มข้น (food solution) ถึงจุดที่สามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยการลด A_w ก็ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมี.

และการแปรสภาพ (chemical and physical changes) นอกจากนี้ การเพิ่มความเข้มข้นจะต้องสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องจากเอนไซม์ หรือไม่ใช่เอนไซม์ได้ (enzymatic and non-enzymatic change) โดยเฉพาะอย่างยิ่งรสชาติและลักษณะปรากฏ

2.2 วอเตอร์แอคติวิตี (Water activity, A_w)

น้ำเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่ในอาหารเกือบทุกประเภท (ยกเว้นอาหารที่แห้งมาก ๆ เช่น เมล็ดข้าวสาร หรืออาหารที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ) และเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมเสถียรภาพของอาหาร ซึ่งรวมทั้งเห็ดหอมด้วย เช่น ถ้าเห็ดหอมแห้งมีความชื้นสูงมาก ๆ ก็จะเกิดการเน่าเสีย เนื่องจากเชื้อราหรือแบคทีเรียได้ หรืออาจเกิดสีน้ำตาลขึ้นเป็นต้น น้ำที่กล่าวถึงนี้ ไม่ได้หมายถึงปริมาณน้ำสัมบูรณ์ (absolute moisture content) แต่หมายถึงน้ำที่สามารถนำเอาไปใช้ได้ (available moisture) หรือวอเตอร์แอคติวิตี (A_w) (11) ความเสียหายต่าง ๆ ของอาหารที่ค่า A_w ต่าง ๆ กัน ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ

โดยที่ $A_w = P/P_o$ (12)

$= \%\ ERH/100$

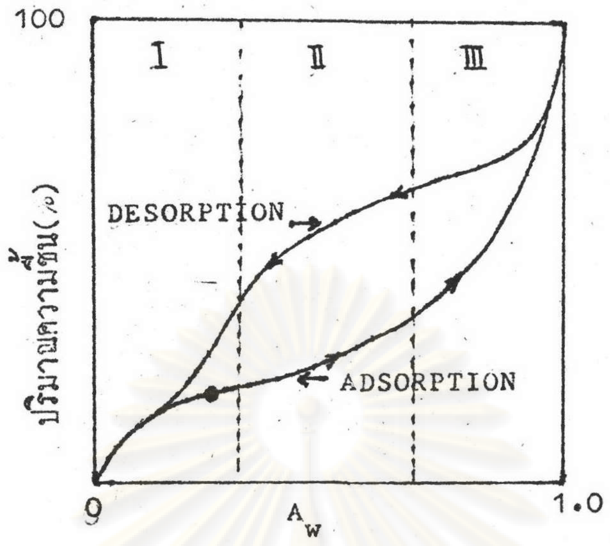
P : ความดันไอน้ำของอาหาร

P_o : ความดันไอน้ำของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

ERH : ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A_w ของผลิตภัณฑ์อาหาร จะขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมี, สภาวะขององค์ประกอบปริมาณและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ หากเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์ที่ค่า A_w หนึ่ง กับค่า A_w นั้น ณ อุณหภูมิคงที่หนึ่ง จะได้กราฟที่เรียกว่ามอยส์เจอร์ซอฟชันไอโซเทอร์ม (moisture sorption isotherm) โดยทั่วไปจะมีรูปร่างคล้ายตัวเอส (S-shape) ประกอบด้วยเส้นของการสูญเสียน้ำ (desorption) และการดูดซับน้ำ (adsorption) ของผลิตภัณฑ์ ดังรูป 2.2



รูป 2.2 รูปแสดงซอพชันไอโซเทอร์มทั่วไป (General Sorption isotherm) (6)(13)(14)

2.3 วิธีการหา moisture sorption isotherm

2.3.1 โดยการนำตัวอย่างอาหารที่ต้องการหา moisture sorption isotherm ใส่ลงในภาชนะปิด ซึ่งมีสารละลายอิ่มตัวของเกลือต่าง ๆ ที่ทราบค่า %ERH (ภาคผนวก ฉ) ทำให้บรรยากาศในภาชนะมี %ERH ต่างกันแล้วแต่ชนิดของสารละลาย ปล่อยตัวอย่างอาหารไว้ในภาชนะนั้นจนกระทั่งภายในภาชนะนั้นถึงภาวะสมดุลของความชื้น จึงนำเอาตัวอย่างอาหารนั้นไปหาความชื้น ก็จะได้ค่าความชื้นและค่า %ERH ค่าต่าง ๆ

2.3.2 โดยวิธีของ Taylor โดยการวัดความดันไอของน้ำขณะเกิดสภาวะสมดุลกับอาหารที่มีความชื้นที่ต้องการจะวัดด้วยแมนอมิเตอร์ (manometer) ที่ไวมาก (9)

2.3.3 โดยใช้เครื่องมือวัด % ERH แล้วนำตัวอย่างนั้นไปหาความชื้น

2.4 Bound water (12)(15)

Bound water คือ ส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์ สามารถทำให้ระเหยได้โดยใช้ความร้อนประมาณ 100° – 110° ซ ส่วนน้ำที่สามารถระเหยออกได้โดยใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความร้อนประมาณ 105° – 110° ซ เรียกว่า ปริมาณน้ำทั้งหมด (total water) ดังนั้น total water content = bound water content + free water content

Bound water จะสัมพันธ์กับลักษณะของโมเลกุล (molecular group) แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (11) คือ

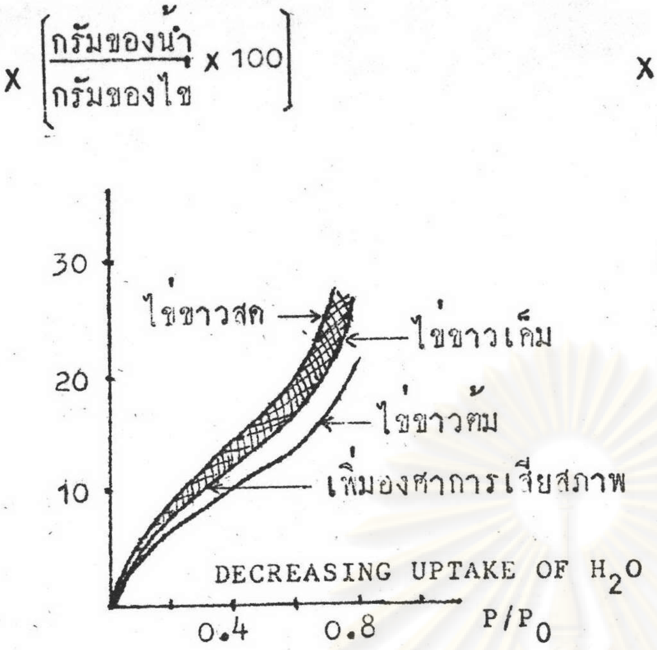
2.4.1 Monolayer, frozen or iceberg, hydrate localized, polar site bound, oriented : โมเลกุลของน้ำจับกับกลุ่มอิออนิค (ionic group) เช่น กลุ่มคาร์บอนิล (carbonyl group) กลุ่มอะมิโน (amino group)

2.4.2 Multilayer, chemisorbed, intermediate โมเลกุลของน้ำเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond)กับกลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl group) และกลุ่มเอมิด (amide group)

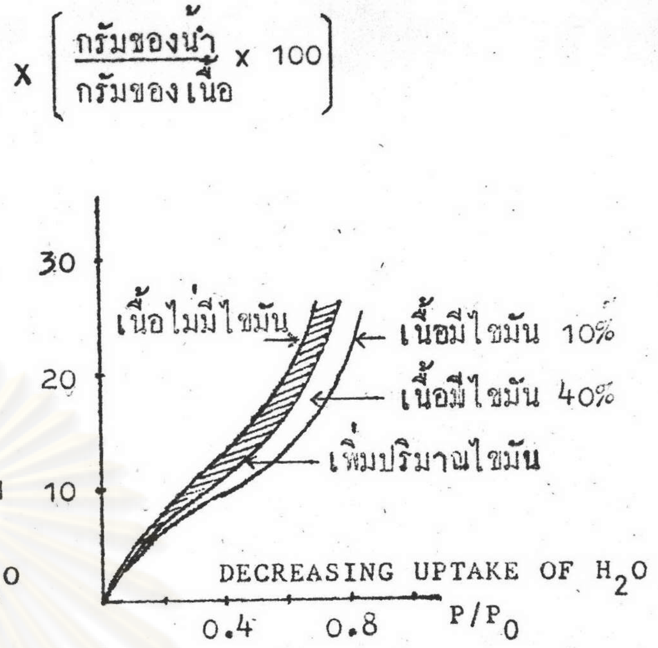
2.4.3 Mobile, free, capillary, solution : เป็นน้ำอิสระไม่มีพันธะ (unbounded, free water)

โดยทั่วไป water binding ของผลิตภัณฑ์จะลดลงเมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ (pretreatment) เนื่องจากจำนวน active sites ที่สามารถจับกับน้ำลดลง เช่น การให้ความร้อน, การเปลี่ยน pH เป็นต้น จะทำให้เส้น sorption isotherm เปลี่ยนไปหลังอาหารนั้นมีวัสดุที่เป็นตัวดูดน้ำน้อย ๆ เคลือบอยู่ เช่นมีไขมันหุ้มอยู่ จะเกิดปรากฏการณ์ ดังรูป 2.3 ก, 2.3 ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 2.3 ก Adsorption isotherm ของไข่ขาว (14)



รูป 2.3 ข Adsorption isotherm ของเนื้อวัว (14)

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่า moisture sorption isotherm แบ่งออกได้เป็นหลายส่วน ขึ้นอยู่กับสถานะของน้ำที่มีอยู่ คือ

Local isotherm I(LI-I) จะเป็น sorption ของ bound water ประเภท monomolecular film

Local isothermII(LI-II)จะเป็นsorption ของ bound water ประเภท multilayer

Local isothermIII(LI-III) จะเป็น condensation ของน้ำใน pore ของอาหารเป็นbound water ประเภท mobile,free และ capillary

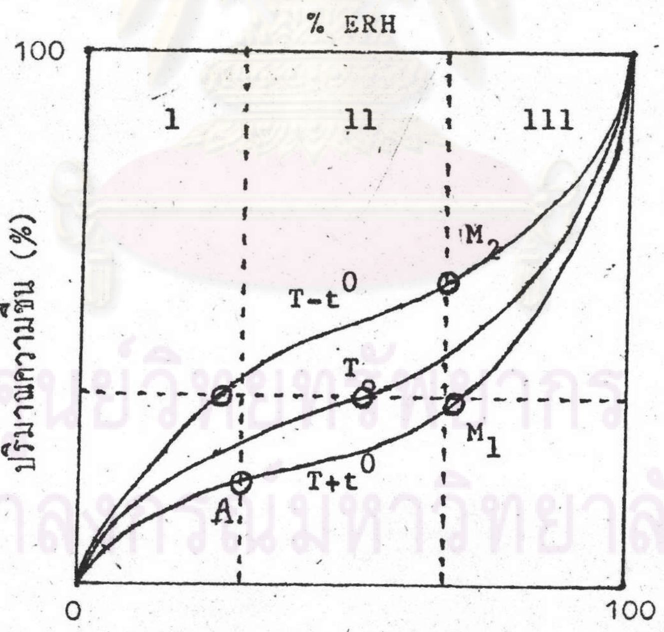
เราไม่สามารถจะกำหนดเขตแบ่งเป็นช่วงได้อย่างแน่นอน เพราะบางครั้งอาจมีช่วงที่ซ้อนทับกัน ดังนั้นโมเดล (model) หนึ่ง ๆ จะไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ทุกกรณี

2.5 Moisture Sorption Hysteresis (7)(11)

จากรูป 2.4 จะเห็นว่า ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขณะเกิดการสูญเสียน้ำ (M_2) จะมีค่ามากกว่าค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์เดียวกันเมื่อเกิดการดูดซับน้ำ (M_1) ทั้งที่ขณะที่วัดมีค่า %ERH เท่ากัน ปรากฏการณ์เช่นนี้ เรียกว่า ฮิสเทอเรซิส (Hysteresis) โดยเชื่อกันว่า การหดตัวของโมเลกุล (Molecular shrinkage) ของผลิตภัณฑ์ขณะมีการสูญเสียน้ำ จะลดความสามารถของ sorptive sites บนผิวของ absorbent ทำให้เกิด metastable state

พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารจะมีเสถียรภาพดีที่สุด เมื่อมี hysteresisน้อย

ผลของการเพิ่มอุณหภูมิ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหาร จะทำให้เส้นกราฟขยับลงมาเป็นเส้น $T + t^{o}$ โดยที่เส้น T_o เป็นเส้นที่เกิดเมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะปรกติ ส่วนการลดอุณหภูมิจะทำให้ได้เป็นเส้นกราฟ $T - t^{o}$ ดังแสดงในรูป 2.4



รูป 2.4 รูปแสดงผลของอุณหภูมิต่อมอยส์เจอร์ซอพชันไอโซเทอร์ม (11)

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะเห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จะทำให้ค่าความชื้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เปลี่ยนแปลง

สำหรับกรณีของปฏิกิริยาซึ่งเกิดจากเอนไซม์นั้น เอนไซม์ดังกล่าวอาจเกิดจากเอนไซม์ของอาหารนั่นเอง หรืออาจเป็นเอนไซม์ที่เกิดจากการที่จุลินทรีย์ขับออกมาก่อนที่จะผ่านกระบวนการทำแห้ง ปฏิกิริยาอันเนื่องมาจากเอนไซม์จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในช่วงที่มีค่าความชื้นสูงกว่า monomolecular adsorption (จุด A ในรูป 2.2) และจะดำเนินอยู่ในช่วง LI - II น้ำในผลิตภัณฑ์จะเป็นทั้งตัวกลาง (medium) ในการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากเอนไซม์ และเป็นพาหะ (vehicle) ในการหา substrate ของปฏิกิริยา หรืออาจร่วมเป็นสารตั้งต้น (reactant) ในปฏิกิริยาบางอย่าง เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ (hydrolysis) นอกจากน้ำแล้ว ยังมีปัจจัยสำคัญอื่น ๆ อีก คือ น้ำหนักโมเลกุลและความสามารถในการเคลื่อนที่ของ substrate (mobility of substrate) (12)

2.6 ทฤษฎีของไอโซเทอม

ทฤษฎีที่นิยมใช้ คือ BET Isotherm Theory (Brunaner - Emettes-Teller Adsorption Theory) โดยตั้งข้อสมมติ ดังนี้ (13)(14)

2.6.1 heat of sorption (Q_1) ที่พื้นที่ผิวแรก (first layer or monolayer) มีค่าคงที่เท่ากับ heat of vaporization (total H_v) รวมกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง(constant heat) ซึ่งขึ้นอยู่กับ site interaction , Q_s (heat of site interaction)

2.6.2 Q_1 ของพื้นผิวทั้งหมดเหนือ monolayer มีค่าเท่ากับ H_v

2.6.3 Sorption เกิดขึ้นได้เฉพาะแห่งเท่านั้น (specific sites)

สมการ BET มีดังนี้

$$A_w/(1 - A_w)V = 1/V_mC + A_w(C - 1)/V_mC$$

โดยที่ A_w : water activity

V : ปริมาณน้ำที่ดูดซับ(น้ำหนักน้ำเป็นกรัม/น้ำหนักตัวอย่างแห้งเป็นกรัม)

V_m : ค่าความชื้นที่ผิวเนื้อเยื่อชั้นเดียว

C : Kexp (Q_s/RT)

K : $\frac{\text{accommodation coefficient}}{\text{frequency facter}} \sim 1$

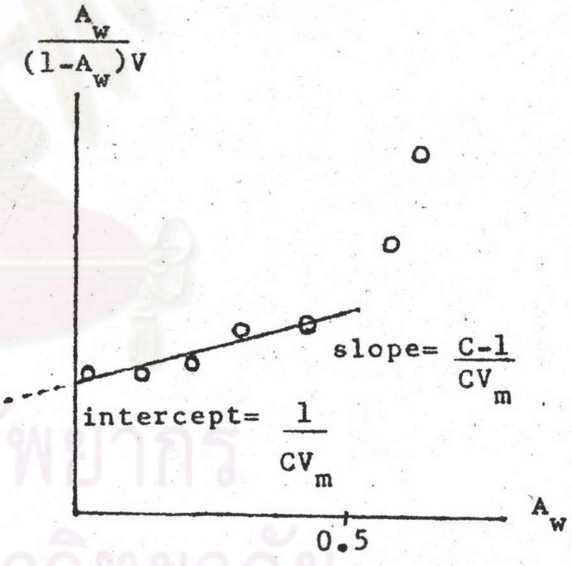
Q_s : ค่าความร้อนของการดูดติด (Heat of adsorption on homogeneous sites

R : ค่าคงที่ก๊าซ

T : อุณหภูมิ (องศาสัมบูรณ์, เคลวิน)

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $A_w/(1 - A_w)V$ กับ A_w จะได้กราฟเส้นตรง ดังรูป 2.5 ค่าความชัน และจุดตัดแกนที่ได้จากกราฟ สามารถนำมาคำนวณหาค่าของ monolayer coverage ได้

BET Isotherm ใช้ได้ผลดีเฉพาะที่มีค่า A_w 0.1 – 0.5 และใช้ไม่ได้กับอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ๆ มีประโยชน์มากในการสังเกตหาค่า monolayer ซึ่งสามารถเกี่ยวโยงไปถึง heat of adorption ได้



รูป 2.5 BET monolayer plot (13)

2.7 งานวิจัยที่ผ่านมา

Konservnaya (16) ได้ทำการทดลองอบแห้งเห็ดอานม้า (Gyromitra genus และ Hellvellauae family) ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (convection drier) ที่อุณหภูมิ 50°, 75° และ 100° ซ ความเร็วลมร้อน 0.5 ม./วินาที เปรียบเทียบกับการผึ่งให้แห้งในอากาศที่อุณหภูมิ 16°, 23° ซ พบว่าเห็ดที่ผ่านการอบที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

50 ° หรือ 70 ° ซ จะมีสภาพคล้ายกับเห็ดแห้งที่ได้จากการผึ่งลม ส่วนเห็ดที่ผ่านการอบที่ 100 ° ซ จะเกิดสีน้ำตาลขึ้น เนื่องจากน้ำตาลซึ่งเป็นองค์ประกอบในเห็ด (น้ำตาลในเห็ดหอม เช่น **D - arabitol, D - manitol, trehalose**(5)) เกิด **caramelized** และเกิดสี **melanoidins** ผลจากการทดลองนี้ เขาจึงแนะนำว่า ควรอบแห้งเห็ดที่อุณหภูมิ 50 ° ซ

ในประเทศไทย ได้มีการศึกษาการแปรรูปเห็ดหอมและเห็ดเป๋าฮื้อ เป็นเห็ดแห้งด้วยการตากแดดและอบ โดยนำมาคัดขนาด วัดขนาด ตัดแต่ง ชั่งน้ำหนัก ล้าง แล้วนำไปลวกน้ำร้อน แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์, โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์, กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค, โซเดียมไฮโปคลอไรท์ พบว่า วิธีที่เหมาะสมก่อนการทำแห้งมี 2 วิธี คือ วิธีแรกแช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 400 ส่วนในล้านส่วนเป็นเวลา 10 นาที และสารละลายโปแตสเซียมเมต้าไบซัลไฟท์ 300 ส่วนในล้านส่วน 5 นาที วิธีที่สองแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 400 ส่วนในล้านส่วนเป็นเวลา 10 นาที และสารละลายโปแตสเซียมเมต้าไบซัลไฟท์ 100 ส่วนในล้านส่วน 5 นาที จากนั้นนำไปตากแดดและอบที่ 42 ° ซ จนความชื้นประมาณ 7 - 11 % พบว่า การตากแดดจะทำให้เห็ดแห้งมีสีคล้ำ ไม่เหมาะที่จะทำทั้งดอก ส่วนเห็ดหอมที่มีขนาดเล็กหรือรูปร่างไม่ตรงตามต้องการควรหั่นบางตากแห้ง ซึ่งเห็ดแห้งทั้งดอกและที่หั่นเป็นชิ้นมีคุณภาพทัดเทียมกัน เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายควรใช้ลักษณะหั่นเป็นชิ้น เพราะใช้สารเคมีปริมาณน้อยกว่า ส่วนเห็ดหอมแห้งทั้งดอกควรใช้วิธีการอบ (17)

กลุ่มงานจุลชีววิทยาประยุกต์ กรมวิชาการเกษตร (18) ได้ทดลองนำเห็ดหอมสดตากแดดนาน 3 วัน จะได้เห็ดสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลไหม้ เมื่อนำไปอบต่อที่ 60 ° ซ 4 ชั่วโมง ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงอีกเล็กน้อย เห็ดแห้งซึ่งได้จากการนำเห็ดสดมาตากแดดทันที จะมีกลิ่น, สี, รสชาติและคืนรูป ดีกว่าเห็ดแห้งซึ่งทำจากเห็ดสดซึ่งนำไปแช่น้ำสกัดไม้กฤษณา 0.5 % หรือ แช่ในน้ำสารส้ม 5% หรือแช่น้ำส้มสายชู 2% ก่อนนำไปตากแดด จะได้เห็ดแห้งที่มีความชื้นมากกว่า 13% เมื่อเก็บในถุงพลาสติกที่ปิดแน่น จะเก็บนาน 7 เดือน จึงมีคราบฝ้าขาว แต่ไม่ได้เกิดจากจุลินทรีย์

การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้ง จะได้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลขนาดดีพอควร การ

013796

คืนตัวดี ผู้บริโภคยอมรับ อุณหภูมิเริ่มต้นในการอบแห้ง คือ 30°ซ แล้วเพิ่มอุณหภูมิชั่วโมงละ 1° – 2°ซ จนกระทั่งอุณหภูมิ 50° ซ ทิ้งไว้ 12–13 ชั่วโมง จึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°ซ อบอยู่เป็นระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง โดยช่วง 1 ชั่วโมงสุดท้ายนี้เป็นการช่วยเพิ่มรสชาติ, สีครีบใต้หมวก และช่วยให้หลังหมวกเห็ดปริเป็นลาย (19)

นอกจากนี้ ยังมีผู้ศึกษาและพบว่าสีของเห็ดแห้งจะไม่คล้ำมาก ถ้าผ่านสารละลายบางอย่างเป็นการผ่านกระบวนการก่อนทำแห้ง (**pretreatment**) เช่น เมธิลพาราเบน (**methyl paraben**), โปแตสเซียมซอร์เบท (**potassium sorbate**), โซเดียมเบนโซเอท (**sodium benzoate**), กรดซอร์บิค (**sorbic acid**) ผสมกับโซเดียมไบซัลไฟท์ (**sodium bisulfite**) (20), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (21)

สำหรับการศึกษาด้านมอยส์เจอร์ซอพชันไอโซเทอม **Kurkela** (22) ได้ศึกษาซอพชันไอโซเทอร์มของ**Northern Milk caps mushroom** (<u>**Lactarius**</u> <u>**trivialis**</u>) (พวกเห็ดฟาน) พบว่า **BET monolayer value** อยู่ระหว่าง 4.8 – 5.6 กรัมของน้ำ/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

จากการทดสอบการยอมรับเห็ดหอมแห้งจากผู้บริโภค (23) พบว่า คะแนนการยอมรับจะแปรไปตามความหนาของหมวก ซึ่งเกี่ยวโยงไปถึงเนื้อสัมผัสและความชุ่มน้ำ (**texture and juiciness**) พบว่า การลวก (**blanching**) เห็ด ก่อนนำไปทำแห้ง จะให้เห็ดแห้งที่ได้มีการคืนตัวที่ไม่ค่อยดี และเมื่อคืนตัวแล้ว จะให้เนื้อสัมผัส, รสชาติและคะแนนการยอมรับอื่น ๆ ไม่ค่อยดีด้วย

ดังนั้น หากทราบค่ามอยส์เจอร์ซอพชันไอโซเทอร์มของเห็ดหอมที่ถูกต้องและสมบูรณ์ได้ ก็จะช่วยให้มีการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น รวมทั้งยังสามารถจัดสภาวะการเก็บที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย