# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชา

### 2.1.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

ชา มีชื่อสามัญว่า Tea ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* (L) O. Kuntze ลำต้นรูปกรวย สูงประมาณ 30 ฟุตเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวเรียงตัวแบบสลับ มีหนึ่งใบในหนึ่งข้อ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ปลายใบ แหลม ด้านบนใบมัน ใต้ใบมีขนอ่อนปกคลุม ยาว 7-30 เซนติเมตร ชาจีนจะมีใบแคบ สีเขียวแก่ส่วนชาอัสสัมมีใบขนาดใหญ่กว่า มีดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีเกสรตัวผู้จำนวนมาก และเกสรตัวเมียมี 3-5 ช่อง กลีบดอกประดับสีขาวจำนวน 5-8 กลีบ และมีกลีบเลี้ยงสีเขียวจำนวน 5-6 กลีบ กลิ่นหอมเล็กน้อย มีผลเป็นแคปซูล มี 3 ช่อง ลักษณะเปลือกหุ้มผลหนา สีน้ำตาลปนเขียว ผลแก่มีอายุ 9-12 เดือน ภายในผลมีเมล็ด 1-3 เมล็ดต่อช่องแคปซูล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของผลด้วย ส่วนเมล็ดจะรูปร่างกลม สามารถงอกได้ 2-3 สัปดาห์หลังเพาะในกระบะที่มีทรายหรือถ่านแกลบเป็นวัสดุเพาะ วิธีการนี้ใช้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ชาเท่านั้น แต่การปลูกชาโดยทั่วไปมักใช้วิธีปักชำด้วยกิ่ง ต้นที่เพาะจากเมล็ดเป็นระบบรากแก้วหยั่งลึก 1.5-3 เมตร มีระบบรากฝอยหาอาหาร ส่วนกิ่งปักชำเป็นระบบรากฝอย (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

**รูป 2.1** ใบชา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.1.2 การปลูก การดูแล และการเก็บเกี่ยวชา**

การเลือกพื้นที่ปลูกชาในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นแหล่งปลูกตามภูเขาทางตอนเหนือของประเทศ ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร มีความชื้นในอากาศสูง และอุณหภูมิต่ำ ส่วนการเตรียมพื้นที่ปลูกเป็นการปรับแต่งพื้นที่ให้เหมาะสมในการปลูกสร้างสวนชา ต้องคำนึงถึงสภาพความต้องการของพืชและความสะดวกในการจัดการดูแลรักษาสวน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) การเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกสร้างสวนชาใหม่ เมื่อเลือกพื้นที่ได้แล้ว ต้องเตรียมพื้นที่โดยการแผ้วถางวัชพืช และไม้ยืนต้นที่มีขนาดเล็กออก ส่วนไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่มีระบบรากลึกและแข็งแรงควรเก็บเอาไว้สำหรับเป็นไม้บังร่มชาในช่วงฤดูร้อน และระบบรากจะช่วยป้องกันการพังทลายของดินในช่วงที่รากของต้นชายังไม่แข็งแรง และในการเตรียมพื้นที่ใหม่ ควรทำขั้นบันได ซึ่งอาจทำก่อนการกำหนดหลุมปลูก หรือหลังจากปลูกชาแล้ว หากทำก่อนกำหนดหลุมปลูกต้องกำหนดในแนวขวางของพื้นที่ เมื่อได้ระยะแล้วจึงขุดเป็นขั้นบันได ความกว้างอย่างน้อย 180 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างขั้นบันไดขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่

2) การเตรียมพื้นที่สำหรับปรับปรุงสวนชาเก่า ส่วนใหญ่มักเป็นการปลูกแซม ซึ่งควรคำนึงถึงต้นชาที่มีอยู่เดิมควรเก็บไว้หรือไม่ เนื่องจากอาจเป็นแหล่งสะสมโรค ส่วนการปลูกชาใหม่แซมในสวนชาเก่า หลุมปลูกควรขุดให้กว้าง เพื่อป้องกันการแย่งอาหาร ในขณะที่ต้นชาใหม่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ และควรปลูกแซมให้เป็นแถว เพื่อสามารถตัดแต่งหรือเก็บเกี่ยวได้ง่าย

สำหรับพื้นที่ที่ปลูกที่เป็นพื้นราบ โดยทั่วไประยะปลูกที่เหมาะสม ง่ายต่อการดูรักษา และสามารถให้ผลผลิตได้เร็วคือ ระยะห่างระหว่างแถวเท่ากับ 180 เซนติเมตรขึ้นไป และระยะห่างระหว่างต้นเท่ากับ 30 - 40 เซนติเมตร หรืออาจปลูกเป็นแถวคู่สลับพันปลา ระยะห่างระหว่างต้นแบบแถวคู่เท่ากับ 40 - 45 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถวแต่ละคู่เท่ากับ 30 - 50 เซนติเมตร ซึ่งระยะห่างเท่ากับ 180 เซนติเมตรขึ้นไปนั้น จะให้ผลผลิตได้เร็วกว่า แต่ใช้จำนวนต้นกล้ามากกว่า ส่วนพื้นที่ปลูกที่เป็นไหล่เขาที่มีการทำขั้นบันไดนั้น ระยะห่างระหว่างต้น สามารถใช้ระยะเดียวกันได้ แต่ระยะระหว่างแถวขึ้นอยู่กับระยะห่างของขั้นบันไดเป็นหลัก ปกติมักใช้ระยะห่างของขั้นบันไดประมาณ 2 เมตร ถ้าหากเป็นการปลูกเป็นแถวคู่ขนาดของขั้นบันไดจะต้องกว้างอย่างน้อย 230 เซนติเมตร ดังนั้นการเตรียมหลุมปลูกจึงสามารถใช้วิธีการขุดหลุมเป็นร่องยาวตามแถวปลูก ความกว้างของร่องประมาณ 30 - 45 เซนติเมตร ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร การเตรียมหลุมปลูกควรดำเนินการในช่วงฤดูแล้ง เพื่อการย้ายปลูกในฤดูฝนถัดไป ซึ่งหลังจากย้ายปลูกระบบรากของต้นกล้ายังไม่แข็งแรง การปล่อยให้ต้นกล้าได้รับแสงแดดจัดโดยตรง อาจทำให้ต้นกล้าตาย เนื่องจากการสูญเสียน้ำได้ง่าย ฉนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ จึงควรปลูกไม้บังร่มชนิดที่เป็นไม้ล้มลุก โตได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เร็วก่อนการย้ายปลูกประมาณ 1-2 เดือน พืชบังร่มที่เหมาะสมในระยะแรก เช่น ข้าวฟ่าง ข้าวโพด ถั่วมะแฮะ เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

ต้นชามักเจริญได้ดีในดินร่วนที่มีการระบายน้ำที่ดี มีอินทรีย์วัตถุ และธาตุไนโตรเจนสูง มีความเป็นกรดเล็กน้อย (pH 4.5 - 6) ความลาดชันไม่เกิน 45 องศา และคุณภาพของชานั้นจะขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศ และความสูงของพื้นที่ปลูกด้วย โดยชาที่ปลูกในที่สูงจะมีกลิ่น และรสชาติที่ดีกว่าชาที่ปลูกในพื้นที่ต่ำกว่า และการปลูกในฤดูกาลต่างกัน จะให้รสชาติแตกต่างกันด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) ส่วนความต้องการปริมาณน้ำฝนนั้น ต้นชาต้องการปริมาณ 1,140 -1,270 มิลลิเมตรต่อปี หากขาดน้ำอาจทำให้ต้นชาหยุดการเจริญเติบโต ไม่แตกยอด เพราะฉะนั้นแหล่งปลูกควรมีน้ำอย่างเพียงพอ ต้นชาเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ตลอดปี จะทำให้ชาสร้างยอดใหม่ได้ตลอดทั้งปีด้วย และจะต้องเป็นพื้นที่ที่สามารถรับแสงแดดได้ตลอดทั้งวันโดยไม่มีต้นไม้อื่นบดบัง ยกเว้นในระยะเริ่มปลูกควรบังร่มให้ต้นอ่อน ซึ่งการรับแสงแดดของต้นชาจะต้องได้รับอย่างทั่วถึงโดยเฉพาะช่วงเช้า เพื่อให้สามารถปรุงอาหารได้ และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตามกำหนด และไม่ควรให้ต้นชาได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่าย เพราะหากเป็นโรคบางชนิด เช่น โรคสาหร่ายแดง จะทำให้ขยายตัวในวงกว้างได้อย่างรวดเร็ว (กรมวิชาการเกษตร, 2552) เมื่อปลูกต้นชาอายุได้ 4-5 ปี จึงจะสามารถเลือกเก็บใบชาได้ โดยจะเลือกเก็บเฉพาะยอดอ่อนและใบอ่อน โดยเด็ดยอดแล้ว ใบชาใหม่ก็จะแตกยอดในเวลาอีกไม่นาน และต้นชาจะต้องทำการตัดแต่งกิ่งเล็กทุกครั้งหลังจากเก็บชา และการตัดแต่งกิ่งใหญ่จะทำปีละ 1 ครั้ง ทุกช่วงปลายปี (สายลม, 2552)

การใส่ปุ๋ยจะใส่ปุ๋ยคอกทุกปีๆ ละ 2 ตันต่อไร่ โดยในช่วงที่เหมาะสำหรับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คือ ช่วงก่อนการตัดแต่งทรงพุ่มประจำปี เมื่อมีการให้ปุ๋ยอินทรีย์ในช่วงดังกล่าวควรทำการคลุมโคนต้นเพื่อรักษาความชื้นและช่วยเพิ่มอุณหภูมิในดินให้ระบบรากมีการเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูหนาวด้วย ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีควรใช้ปุ๋ยผสมสูตร 80-24-26 โดยในปีแรกใส่ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปีที่ 2 ใส่ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ปีที่ 3 ใส่ในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากปีที่ 4 เป็นต้นไปใส่ 80 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงต้นและปลายฤดูฝน และทุกปีควรใส่ปุ๋ยคอกอย่างน้อยปีละ 2 ตันในช่วงปลายฤดูฝน (ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, 2552)

การเก็บยอดชาโดยทั่วไปมี 3 วิธี (กรมวิชาการเกษตร, 2552) คือ

**1) การเก็บยอดชาโดยการใช้มือเด็ด** วิธีการนี้นิยมใช้ในสวนชาขนาดเล็ก หรือสวนชาที่ปลูกตามไหล่เขา ซึ่งไม่สะดวกต่อการใช้เครื่องจักร หรือสวนชาที่ต้องการผลิตชาคุณภาพสูงและมีราคาแพง การเก็บยอดชาโดยวิธีนี้ทำให้สามารถเลือกขนาดของยอดชาได้ แต่เป็นวิธีการที่สิ้นเปลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน และหากแรงงานที่จ้างมีคุณภาพต่ำ ขาดความรู้ในการเก็บ หรือเก็บยอดโดยไม่ระมัดระวัง อาจทำให้ยอดชาสดที่ได้มีคุณภาพต่ำไปด้วย แต่ถ้าหากเป็นแรงงานที่มีความรู้ความชำนาญ อัตราค่าจ้างก็จะสูง ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตให้สูงด้วยเช่นกัน นอกจากนี้การเก็บยอดชาด้วยมือ ทำให้ความสูงของทรงพุ่มชาหลังการเก็บยอดไม่สม่ำเสมอ ยากแก่การเก็บยอดในครั้งต่อไป แต่อย่างไรก็ดี การเก็บยอดชาด้วยวิธีนี้สามารถเลือกยอดชาที่มีคุณภาพดีเพื่อนำไปผลิตชาคุณภาพดีได้ โดยแรงงานที่มีคุณภาพนั้น สามารถเก็บได้ถึง 15 กิโลกรัมต่อวัน

**2) การเก็บยอดชาโดยการใช้กรรไกรตัด** วิธีการนี้นิยมใช้ในสวนชาขนาดเล็ก หรือสวนชาที่ปลูกตามไหล่เขาซึ่งไม่สะดวกต่อการใช้เครื่องจักรเช่นเดียวกับการเก็บยอดชาโดยการใช้มือเด็ด แต่สามารถเก็บได้มากกว่า แต่ก็ไม่สามารถเลือกขนาดของยอดชาได้ โดยเฉลี่ยสามารถเก็บได้ประมาณ 60-100 กิโลกรัมต่อวัน

**3) การเก็บยอดชาโดยใช้เครื่องจักร** วิธีการเก็บยอดชาด้วยเครื่องจักรเหมาะสำหรับสวนที่มีขนาดใหญ่ หรือสวนที่ปลูกชาในพื้นที่ที่สามารถใช้เครื่องทุ่นแรงได้ การเก็บยอดชาด้วยเครื่องจักรจะไม่สามารถเลือกขนาดของยอดชาได้ ดังนั้นการเก็บยอดชาด้วยวิธีนี้ จึงต้องกำหนดเวลาการเก็บด้วยการตัดแต่ง ดังเช่น ในประเทศญี่ปุ่น หลังจากทำการตัดแต่งในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน ชาจะพักตัว และเริ่มแตกยอดใหม่ประมาณเดือนมีนาคม ยอดใหม่นี้จะเก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม แต่อย่างไรก็ดี การเก็บชาด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องมีช่วงเวลาในการจัดการสวนชา เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่เหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นชาชั้นดีชนิดต่างๆ

### 2.1.3 สายพันธุ์ชาในประเทศไทย

แหล่งปลูกชาที่สำคัญ อยู่ทางตอนเหนือของประเทศ โดยสายพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 2 สายพันธุ์ (สถาบันชา, 2552) ได้แก่

1) **ชาจีน** (Chinese tea) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Camellia sinensis* Var. sinensis พบมากในจังหวัดเชียงราย ซึ่งชาจีนยังแบ่งออกเป็นพันธุ์ต่างๆ อีกมากมาย โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์อูหลงก้านอ่อน พันธุ์อูหลงเบอร์ 12 พันธุ์ชิงชิงอูหลง พันธุ์ถิกวนอิม และพันธุ์สี่ฤดู โดยปัจจุบันได้มีการทดลองนำเอาชาจีนพันธุ์ใหม่ๆ เข้ามาปลูกในเขตพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงราย ซึ่งส่วนใหญ่จะนำเอากล้าพันธุ์มาจากประเทศไต้หวัน เพราะสามารถเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กับสภาพพื้นที่ในจังหวัดเชียงรายได้ และชาสายพันธุ์จีนเหล่านี้ต้องการการดูแลในขณะปลูกอย่างพิถีพิถัน จึงต้องมีการจัดการสวนชาอย่างเป็นระบบ

2) **ชาอัสสัม** (Assamese tea) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Camellia sinensis* Var.assamica มีแหล่งกำเนิดมาจากประเทศอินเดีย โดยจะมีลักษณะใบที่ใหญ่กว่าใบชาจีน และเป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีตามป่าที่มีร่มไม้ และแสงแดดผ่านได้พอประมาณ ชาสายพันธุ์นี้มีการนำมาปลูกแรกเริ่มโดยชาวไทยภูเขาในเขตบนดอยต่างๆ ของจังหวัดเชียงราย ซึ่งนอกจากจะนำมาคั่วเพื่อชงดื่มแล้ว ยังสามารถนำเอาใบแก่ของชามาทำเป็นเมี่ยงได้ด้วย โดยการนำเอาใบชามาหมักด้วยจุลินทรีย์ธรรมชาติ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะคล้ายๆ กับอาหารหมักดอง และมีรสชาติฝาด นิยมเคี้ยวดูดน้ำแล้วคายทิ้ง เป็นของรับประทานเล่นของคนในจังหวัดในภาคเหนือ เนื่องจากทำให้ร่างกายรู้สึกสดชื่น

**2.1.4 ชนิดของชา**

ชนิดของชาแบ่งตามกระบวนการผลิต แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (พนม, 2552)

1) ชาหมัก (Fermented tea) เป็นชาที่มีการหมักอย่างสมบูรณ์ ได้แก่ ชาดำ (Black tea)

2) ชากึ่งหมัก (Semi-fermented tea) เป็นชากึ่งหมัก ได้แก่ ชาอูหลง (Oolong tea) และชาขาว (White tea)

3) ชาไม่หมัก (Non-fermented tea) เป็นชาที่ไม่มีกระบวนการหมักตลอดกระบวนการผลิต ได้แก่ ชาเขียว (Green tea) ชาเหลือง (Yellow tea) และชาเขียวเข้ม (Dark green tea)

**2.1.5 กระบวนการผลิตชาเขียว**

ชาเขียว คือ ชาที่ได้จากกระบวนการผลิตที่ไม่มีการหมัก ชาเขียวสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ตามวิธีการให้ความร้อน ดังนี้

1) **ชาเขียวอบไอน้ำ** เป็นชาที่หยุดกระบวนการทางเคมีในใบชาด้วยการอบไอน้ำในช่วงเวลาสั้นๆ คือ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0.7 นาที

2) **ชาเขียวคั่ว** เป็นชาเขียวที่หยุดกระบวนการทางเคมีในใบชาด้วยการคั่วในกระทะร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 300 – 350 องศาเซลเซียส

การให้ความร้อนมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxidase ที่จะเกิดขึ้นกับสาร polyphenols ในใบชาสด ทำให้สาร polyphenols ชนิด catechins ยังคงอยู่ในปริมาณสูงและไม่สามารถเปลี่ยนเป็นสารอื่นได้ ซึ่งขั้นตอนหลักในการผลิตชาเขียวทั้ง 2 ประเภท จะเริ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากนำเอาใบชาสดมาอบด้วยไอน้ำร้อนหรือการคั่วอย่างรวดเร็ว จากนั้นนำไปนวดอบไอร้อนให้เซลล์แตก แล้วอบต่อให้แห้ง เพื่อให้ความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 4 แล้วจึงนำมาคัดเกรดชาเขียว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นชาแห้งที่มีลักษณะใบม้วนเป็นเส้นชา ซึ่งเมื่อผ่านการลวก หรือการชงชาด้วยน้ำร้อนจะได้น้ำชาที่มีสีเหลืองทองเข้ม รสชาดเข้มข้น ฝาดขมเล็กน้อย และใบชาจะคลายตัวออกมาเป็นรูปใบที่เป็นกากชา ซึ่งมีลักษณะเป็นสองใบกับหนึ่งยอด และโดยทั่วไปการผลิตชาเขียวนิยมใช้ชาพันธุ์อัสสัมหรือชาพันธุ์อูหลงเบอร์ 12 มาผลิต และชาเขียวที่ได้จากชาพันธุ์อูหลงเบอร์ 12 จะมีราคาสูงกว่าสายพันธุ์อัสสัม ส่วนรสชาติและกลิ่นจะมีความแตกต่างกัน (สถาบันชา, 2552)

**2.2 การผลิตชาในประเทศไทย**

ผลิตภัณฑ์ชาในประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ผลิตภัณฑ์ คือ ชาเขียว ชาอูหลง และชาดำ โดยได้นำเอาเทคโนโลยีของไต้หวันมาใช้ในการผลิตชาเขียวและชาอูหลง ส่วนชาดำใช้เทคโนโลยีของประเทศอินเดีย โดยใบชาสดเฉลี่ย 4.6 ตันสามารถผลิตชาแห้งได้ 1 ตัน คิดเป็นผลผลิตร้อยละ 21 ของใบชาสด มีของเสียจากกระบวนการผลิตประมาณร้อยละ 2 ได้แก่ ผงชา และก้านชา ซึ่งสามารถขายเป็นชาคุณภาพต่ำได้ พื้นที่ปลูกชาในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2550 มีทั้งสิ้น 118,101 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ปลูกชาอัสสัมร้อยละ 84.4 (98,544 ไร่) และชาจีนร้อยละ 16.6 (19,557 ไร่) ซึ่งสามารถผลิตใบชาสดทั้งสิ้น 81,074 ตัน โดยร้อยละ 77 ของใบชาสด นำไปผลิตเป็นชาแห้ง ใช้ชาอัสสัมร้อยละ 96 ใช้ชาจีนร้อยละ 4 ส่วนใบชาสดที่เหลืออีกร้อยละ 23 นั้นจะนำไปผลิตเมี่ยง ซึ่งใช้เฉพาะชาอัสสัม (สายลม, 2552)

เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของจังหวัดเชียงรายเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกชา จึงมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในประเทศ และสามารถผลิตชาที่มีคุณภาพดี จึงนับเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพของจังหวัดเชียงราย และชาเป็นสินค้าที่มีราคาสูง สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการ ด้วยเหตุนี้จังหวัดเชียงรายจึงได้มีนโยบายเพื่อผลักดันให้เป็นเมืองแห่งชา (Tea City) และได้เป็นจังหวัดนำร่องเรื่อง การส่งเสริมและสนับสนุนการรวมกลุ่มของผู้ผลิตชา ซึ่งมุ่งพัฒนาด้านการผลิต การแปรรูป และการตลาด มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนการผลิตจากการใช้เคมีให้เป็นชาอินทรีย์ (organic tea) ทั้งหมด ในปี พ.ศ. 2556 (โครงการเชียงรายเมืองแห่งชา, 2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 2.1** ข้อมูลการปลูกและการผลิตชาในปี พ.ศ. 2550

| จังหวัด | พื้นที่ปลูกชา (ไร่) | ผลผลิตใบชาสด (กก./ปี) | ผลผลิตใบชาแห้ง (กก./ปี) |
|---|---|---|---|
| เชียงราย | 58,532 | 30,823,320 | 7,186,440 |
| เชียงใหม่ | 41,641 | 26,942,120 | 5,388,424 |
| แม่ฮ่องสอน | 2,929 | 407,800 | 81,560 |
| ลำปาง | 4,753 | 1,373,617 | 274,723 |
| น่าน | 8,019 | 2,306,736 | 461,347 |
| แพร่ | 2,072 | 598,490 | 119,698 |
| ตาก | 60 | 0 | 0 |
| อุดรธานี | 80 | 0 | 0 |
| นราธิวาส | 15 | 0 | 0 |
| รวม/เฉลี่ย | 118,101 | 62,452,083 | 13,512,193 |

**ที่มา:** โครงการเชียงรายเมืองแห่งชา (2552)

## 2.3 สารสำคัญในชา

สารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพของชามีรายงานไว้ดังนี้ (สถาบันชา, 2552)

**1) Caffeine**

ปริมาณของ caffeine ในชา 1 ถ้วย จะมีอยู่ประมาณ 50 มิลลิกรัม ขึ้นอยู่กับความเข้มของการชง และระยะเวลาที่ทิ้งไว้จะมีผลต่อร่างกาย คือ ช่วยขับปัสสาวะ กระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ และระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้รู้สึกตื่นตัว ช่วยบรรเทาความเหน็ดเหนื่อยอ่อนล้า ช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อเรียบ และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคพาร์กินสัน นอกจากนั้น caffeine สามารถยับยั้ง phosphodiesterase ช่วยกระตุ้นการสร้างความร้อนของร่างกาย ซึ่งส่งผลให้เกิดการเผาผลาญพลังงาน และช่วยการจัดการเผาผลาญไขมันในคนที่เป็นโรคอ้วน

**2) Theophylline**

ปริมาณของ Theophylline ในชาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของใบชา ซึ่งโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการหมัก โดยชาเขียวจะมีสารนี้อยู่ประมาณสองในสามของชาอูหลง นอกจากนี้แล้วระยะเวลาในการชงจะมีผลต่อปริมาณ Theophylline ที่ละลายอยู่ในน้ำชา กล่าวคือ การแช่ใบชาในน้ำร้อน 5 นาที จะมีปริมาณสารนี้เป็นสองเท่าของการแช่ใบชานาน 2.5 นาที สำหรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถุงชงชาที่ผลิตจากใบชาที่แตกหัก จะทำให้ Theophylline ละลายได้เร็วขึ้น Theophylline ช่วยป้องกันโรคหืดหอบ ช่วยลดอาการหลอดลมอักเสบ และมีสมบัติในการกระตุ้นการไหลเวียนโลหิต

**3) Polyphenols**

ปริมาณ polyphenols ในชามีถึงร้อยละ 30-42 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่ง polyphenols ในชาเขียวซึ่งเป็น derivatives ของ catechins และ gallic acid โดย polyphenols ทำให้เกิดรสขมในชา ได้มีนักวิจัย ทดลองแยกสารนี้ด้วย paper chromatography พบว่ามี (-)-Epigallocatechin-3-gallate (EGCG), (-)-Epigallocatechin (EGC), (-)-Epicatechin-3-gallate (ECG), และ Epicatechin(CG) และพบปริมาณ EGCG สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ EGC , ECG และ EC ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบ catechins ตัวอื่นๆ ด้วย ได้แก่ (+)-Gallocatechin (GC), (-)-gallocatechin gallate (GCG), (-)-catechin gallate (CG) และ (+)-catechin(C) แต่พบในปริมาณที่น้อย โดยชาหนึ่งถ้วยจะมี polyphenols ประมาณ 300-400 มิลลิกรัม สารนี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพ กล่าวคือ ต้านการเกิดอนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง ลดระดับของคลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด

Tang และคณะ (2002) ได้ศึกษาสารสำคัญในชาเขียวซึ่งจะใช้เป็น antioxidant เพื่อป้องกันการเกิด oxidation ของไขมันในเนื้อส่วนขาและอกไก่แช่แข็ง โดยมีการทดลองใช้ catechin ที่ความเข้มข้น 50, 100, 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้น catechin ทุกระดับที่ใช้นั้น ทำให้การเก็บรักษาไก่แช่แข็งได้นานกว่าที่ไม่ได้ใช้ catechin

catachin ได้นำไปเริ่มใช้กับสัตว์ทดลอง เพื่อที่จะนำผลการทดลองที่ได้นั้น มาประยุกต์ใช้กับมนุษย์ โดยได้มีการศึกษาการให้ catechin ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนกับหนูที่กำลังตั้งครรภ์ โดยให้ในปริมาณ 0, 200, 600 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ในวันที่ 6-17 ของการตั้งครรภ์ พบว่า ปริมาณ catechin ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่แม่หนูได้รับปริมาณ 600 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวันนั้น มีผลทำให้ลูกหนูในครรภ์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 5.1% และ 7.7% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแม่หนูชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารนี้ (Morita *et al* , 2009) ในสัตว์ทดลองอื่นได้มีการศึกษาคุณสมบัติของสาร Polyphenols และ EGCG ในชาเขียว ใช้เพื่อหยุดการเจริญของเซลล์มะเร็งในสัตว์ทดลอง อีกทั้งยังทดลองกับเซลล์มะเร็งในหลอดทดลองด้วย ซึ่งผลการทดลองพบว่าผลที่ได้ทั้งในสัตว์ทดลองและในหลอดทดลองเป็นที่น่าพอใจมาก ซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งในระยะสุดท้ายได้ (Khan and Mukhtar, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของ Zaveri (2006) ซึ่งรายงานว่า การดื่มชาเขียวเป็นประจำทุกวันจะลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง อีกทั้งยังลดความเสี่ยงของโรคอื่นๆ ด้วย เช่น โรคเกี่ยวกับสมอง คลอเรสเตอรอลสูง โรคพาร์กินสัน และโรคอัลไซเมอร์ ซึ่งสารสำคัญดังกล่าว คือ catechin และ EGCG

สำหรับในประเทศไทยนั้น สถาบันการแพทย์แผนไทย ได้ศึกษาสารสกัดจากใบชาเขียว 2 ชนิด คือ green tea polyphenols (GTPs) และผงน้ำชาเขียว นำไปทดสอบหาปริมาณสารสำคัญกลุ่ม polyphenols ด้วยเครื่อง HPLC พบว่า GTPs มีสาร polyphenols ในปริมาณสูง ขณะที่ผงน้ำชาเขียวมีสารสำคัญนี้เพียงหนึ่งในสี่ของ GTPs และได้ทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วย โดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH assay พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดจากชาเขียวทั้งสองชนิดที่สามารถลดปริมาณ DPPH ได้ครึ่งหนึ่งมีค่าต่ำมาก คือ ต่ำกว่า 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับเดียวกับสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมาตรฐานคือ วิตามินซี และ butylated hydroxytoluene (BHT) และได้ทดลองการวิเคราะห์หาปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) ที่หลั่งออกมาหลังจากใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเซลล์เม็ดเลือดแดงแกะ ในผงน้ำชาเขียวความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าผงน้ำชาเขียวที่ความเข้มข้น 60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถลดระดับ MDA ลงได้ครึ่งหนึ่ง ซึ่งถือว่าต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินซีที่ต้องใช้ความเข้มข้นสูงถึง 1,600 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (รุ้งตะวัน และคณะ, 2543)

**4) Saponins**

Saponins พบมากในเมล็ดชา ถูกนำมาใช้เป็น emulsifier ในปัจจุบันมีความสนใจที่จะนำ Saponins จากเมล็ดและใบชามาใช้ในทางเภสัชกรรม เนื่องจากพบว่า Saponins มีคุณสมบัติต้านโรคไข้หวัดใหญ่ ต้านการอักเสบ ต้านจุลินทรีย์หลายชนิด และต้านการอาการแพ้หลายชนิด

**5) L - Theanine**

L - Theanine เป็นกรดอะมิโนที่พบเฉพาะในชาและพืชตระกูล *Camellia* บางสายพันธุ์ ในปริมาณร้อยละ 1-2 ของน้ำหนักใบแห้ง ในชาญี่ปุ่นทำให้เกิดรสที่เรียกว่า omami จึงนำมาใช้เพิ่มรสชาติของอาหารได้ นอกจากนั้น L- Theanine ยังมีฤทธิ์กับประสาทส่วนกลาง ได้มีนักวิจัยทดลองในอาสาสมัครและสัตว์ทดลอง โดยให้รับประทานสารละลาย L - Theanine ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม ต่อ น้ำ 10 มิลลิลิตร หลังจากนั้น 40 นาที พบว่า คลื่นสมองของทั้งคนและสัตว์ทดลองเป็น $\alpha$ - waves ซึ่งเป็นคลื่นสมองที่สร้างขึ้นมาในสภาวะที่ร่างกายผ่อนคลาย โดยกระบวนการ ดูดซึมเกิดขึ้นโดย L-Theanine จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก และผ่าน blood - brain barrier ไปมีผลกับ neurotransmitters ส่งผลให้เกิดคลื่น $\alpha$ - waves ที่สมอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**6) วิตามิน**

ในชาพบวิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน โดยวิตามินซีในชาเขียวพบประมาณ 280 มิลลิกรัม ใน 100 กรัมของน้ำหนักใบชาแห้ง วิตามินซีนั้น สามารถลด peroxidation ของไขมันในตับ ทั้งยังมีสมบัติเป็น antimutagenic ด้วย ส่วนวิตามินอี พบในปริมาณ 70 มิลลิกรัม ใน 100 กรัม ของน้ำหนักใบชาแห้ง ซึ่งวิตามินอีและบีต้า - แคโรทีน ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ จะต้องกินใบชาจึงจะได้รับสารอาหาร

นอกจากนี้ยังพบสารสำคัญอื่นๆ โดยการแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ละลายน้ำได้ (soluble in water) กับกลุ่มที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble or slightly in water) ซึ่งพบในปริมาณต่างๆ สรุปได้ดังตาราง 2.2

**2.4 เกณฑ์มาตรฐานของชา**

คุณภาพของชาทางด้านเคมีและทางด้านจุลชีววิทยา สามารถบ่งบอกถึงลักษณะกระบวนการผลิตชาได้ ตั้งแต่ระบบการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เทคโนโลยีการแปรรูป ซึ่งลักษณะการผลิตชาในประเทศไทยเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจ เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการรายย่อย สำหรับหน่วยงานหลักที่ดูแลรับผิดชอบเรื่องเกณฑ์มาตรฐานของชาในประเทศไทยคือ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้กำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 196 ว่าด้วยเรื่องชาสำหรับปริมาณการปนเปื้อนสูงสุดที่ให้มีได้ของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค การปนเปื้อนทางเคมี และการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งการปนเปื้อนโลหะหนักนั้น ยากแก่การควบคุม เนื่องจากเกิดจากปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าโลหะหนักบางชนิด เช่น ทองแดง สังกะสี และเหล็ก จะเป็นธาตุอาหารรองสำหรับพืช แต่การสะสมปริมาณสูงในดิน จะส่งผลให้มีการสะสมในพืชได้เช่นกัน (Williams *et al*. 2000) โดยพืชจะดูดน้ำที่มีโลหะหนักละลายอยู่ขึ้นมาใช้ภายในเซลล์ นอกจากนี้พืชที่ปลูกในดินที่โปร่ง และมีสภาพเป็นกรด จะทำให้รากดูดซึมโลหะหนักเพิ่มขึ้นด้วย (Department of Agriculture and consumer services of North Carolina, 2009) โลหะหนักที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 196 ได้แก่ สารหนู ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี เหล็ก และดีบุก ปริมาณตรวจพบในใบชาปรุงสำเร็จ 1 กิโลกรัม ต้องไม่เกินปริมาณต่อไปนี้ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2550)

| | | | |
|---|---|---|---|
| สารหนู (Arsenic) | ไม่เกิน | 0.20 | มิลลิกรัมต่อชาเหลว 1 กิโลกรัม |
| ตะกั่ว (Lead) | ไม่เกิน | 0.50 | มิลลิกรัมต่อชาเหลว 1 กิโลกรัม |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| | | | |
|---|---|---|---|
| ทองแดง (Copper) | ไม่เกิน | 5.0 | มิลลิกรัมต่อชาเหลว 1 กิโลกรัม |
| สังกะสี (Zinc) | ไม่เกิน | 5.0 | มิลลิกรัมต่อชาเหลว 1 กิโลกรัม |
| เหล็ก (Iron) | ไม่เกิน | 15.0 | มิลลิกรัมต่อชาเหลว 1 กิโลกรัม |
| ดีบุก (Tin) | ไม่เกิน | 250 | มิลลิกรัมต่อชาเหลว 1 กิโลกรัม |

**2.5 การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน**

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2550) ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินทั่วประเทศ เพื่อเฝ้าระวังปริมาณโลหะหนักที่สะสมในดิน อันเนื่องมาจาก ปัจจุบันมีกากเหลือทิ้งหรือของเสียที่เป็นโลหะหนักที่ใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม หากแพร่กระจายสู่ดินและน้ำ ย่อมเป็นอันตรายต่อมนุษย์ พืช และสัตว์ ทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ จึงได้เก็บตัวอย่างดินจากแหล่งต่างๆ ให้ครอบคลุมทั้งจังหวัด โดยได้สุ่มเก็บดินสำหรับจังหวัดเชียงใหม่ 9 ตัวอย่าง และจังหวัดเชียงราย 12 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ สารหนู ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ได้ข้อมูลปริมาณโลหะหนัก ดังตาราง 2.3 และ 2.4

**2.6 ความเป็นพิษของโลหะหนักที่พบในชา**

โลหะหนักเป็นสารที่พบอยู่ทั่วไป การปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหารของมนุษย์ มีสาเหตุที่มาสำคัญ 3 ประการ คือ

1) จากธรรมชาติคือ ในดิน น้ำ อากาศ พืชและสัตว์

2) จากของเสียทางอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นโรงงานผลิตสารเคมี ถลุงโลหะ หล่อหรือผสมโลหะ โลหะหนักที่ออกสู่สิ่งแวดล้อมจะมีทั้งก๊าซ ของเหลว และของแข็ง

3) จากกระบวนการผลิตอาหาร เช่น การสัมผัสระหว่างอาหารกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ระหว่างผลิต และโลหะหนักจากภาชนะบรรจุอาหาร

โลหะหนักบางชนิดก่อให้เกิดโทษกับร่างกายแม้จะได้รับปริมาณน้อย แต่บางชนิดก็มีความจำเป็นที่ร่างกายจะต้องได้รับในปริมาณน้อยๆ เพื่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม หากได้รับปริมาณมากก็ทำให้เกิดพิษได้ และบางชนิดสะสมอยู่ในร่างกายได้นาน พืชผักที่ปลูกใกล้ถนนจะมีโอกาสปนเปื้อนตะกั่วสูง เนื่องจากตะกั่วมาจากท่อไอเสียรถยนต์ นอกจากนั้นอาจพบตะกั่วในดินบางแห่งในปริมาณสูง เช่น บริเวณใกล้โรงงานถลุงแร่ หรือโรงงานอุตสาหกรรม ในการผลิตกระป๋องบรรจุอาหารที่มีการใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกมาเชื่อมต่อกันด้วยตะกั่ว (การประปานครหลวง, 2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 2.2** สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลักในใบชา

| องค์ประกอบ | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
|---|---|
| **Soluble in water** | |
| Flavonols | |
| (-) – EGCG | 8-12 |
| (-) – EGC | 3-6 |
| (-) – ECG | 3-6 |
| (-) – EC | 1 – 3 |
| (+) – GC | 1 – 2 |
| (+) – C | 3 - 4 |
| Catechin | 3 - 4 |
| Caffeine | 3 – 4 |
| Theophylline | 2 – 3 |
| Amino acid | 4 - 5 |
| Protien | 14 - 17 |
| Carbohydrates | 3 – 5 |
| Organic acids | 0.5 – 2 |
| Saponins | 0.04 – 0.07 |
| Pigments | 0.5 – 0.8 |
| Soluble minerals | 2 – 4 |
| วิตามิน | 0.3 – 1.0 |
| **Insoluble or slightly soluble in water** | |
| Cellulose | 6 – 8 |
| Lignin | 4 – 6 |
| Polysaccharides | 4 – 10 |
| Lipids | 2 – 4 |

ที่มา : Tea Research Association, 2009

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โลหะหนักที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ชา คือ สารหนู ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี เหล็ก และดีบุก ก่อให้เกิดโทษต่อร่างกาย โดยแสดงอาการต่างๆ ดังต่อไปนี้ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2552)

1) **ตะกั่ว** พบได้ทั่วไปทั้งในดิน หิน น้ำ พืช และอากาศ โดยเฉลี่ย ในหินจะมีตะกั่วอยู่ 13 มิลลิกรัมต่อหิน 1 กิโลกรัม ในหินตะกอนพบประมาณ 10-70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และร่างกายมีตะกั่วสะสมได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม ในเลือด 1 เดซิลิตร หากเกินจะเกิดอาการโลหิตจาง ทำลายปลายประสาท ทำให้ปลายมือปลายเท้าอ่อนแรงเป็นอัมพาต

2) **สารหนู** เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติจากการชะล้างของหินและแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ เช่น อาร์ซีโนโพไรท์ ทำให้พบสารหนูทั่วไปในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในดินพบได้ตั้งแต่ 0.1-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอาจพบได้ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ทะเลสาบ แม่น้ำ น้ำบ่อ น้ำพุ หรือกิจกรรมของมนุษย์ ทำให้สารหนูในสิ่งแวดล้อมเพิ่มปริมาณ ขึ้น เช่น การทำเหมืองแร่ การถลุงโลหะ การใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงในการเกษตร สารหนูยังถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยากำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ซึ่งหากร่างกายได้รับน้ำหรืออาหารที่มีการปนเปื้อนสารหนูในปริมาณ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะทำให้เสียชีวิตได้ หากได้รับปริมาณน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะทำ ให้มีอาการอาเจียน เกิดการอักเสบในช่องท้องและกล้ามเนื้อ การทำงานของหัวใจผิดปกติ กดระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางจิต

3) **ทองแดง** ส่วนใหญ่มีการกำเนิดแบบฝังประในหินพอฟีรี ปริมาณสะสมที่ทำให้เกิดความเป็นพิษได้ คือ 15 มิลลิกรัมขึ้นไป จะทำให้มีความผิดปกติของร่างกาย หรือมีอาการ Wilson's disease คือ ร่างกายสั่นเทาอยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง มีน้ำมูกน้ำลายไหล ควบคุมการพูดไม่ได้

4) **สังกะสี** ปริมาณสะสมที่ทำให้เกิดความเป็นพิษได้คือ 75 มิลลิกรัมขึ้นไป จะทำให้มีไข้ ไอ ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย น้ำลายไหล

5) **เหล็ก** ในดินที่เป็นกรด เมื่ออยู่ภายใต้สภาพน้ำขังหรือบริเวณที่มีการระบายน้ำเลว จะทำให้เหล็กในดินเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ ($Fe^{2+}$) มากขึ้น เมื่อความเข้มข้นถึงระดับหนึ่งจะเป็นพิษต่อพืช โดยระดับที่ทำให้เกิดอาการเป็นพิษของเหล็กคือ มีปริมาณเหล็กในดินมากกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณที่ทำให้เกิดความเป็นพิษได้ในอาหาร คือ 25 มิลลิกรัมขึ้นไป จะทำให้ผู้ป่วยมีการสะสมเหล็กที่ตับ ทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับตับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6) **ดีบุก** การกำเนิดในประเทศไทยนั้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินอัคนีแทรกซอนชนิดกรด (acid rock) โดยทั่วไปแล้วจะเกิดอยู่ในสายแร่แบบน้ำร้อนแทรกในหินพวกแกรนิตหรือหินชั้นที่อยู่ข้างเคียง และอาจเกิดเป็นก้อนหรือผลึกเล็ก ๆ ฝังในหินเพกมาไทต์ รวมถึงในหินแกรนิต เนื่องจากดีบุกที่มีความทนทานต่อการสึกกร่อนทางกายภาพสูงเมื่อหินต้นกำเนิดผุพัง จึงมักจะถูกนำไปสะสมตามเชิงเขาหรือแอ่งและที่ราบลุ่มต่างๆ ดีบุกถูกนำมาใช้ในการเคลือบโลหะต่างๆ ที่ทำเป็นภาชนะบรรจุอาหารเป็นส่วนใหญ่ ใช้ผสมตะกั่ว เงิน หรือทองแดงเป็นโลหะบัดกรี ผสมกับโลหะอื่นทำภาชนะ ทำสารอุดฟันทางทันตกรรม ยากำจัดพยาธิในสัตว์ ยาสีฟัน และใช้ในการฟอกน้ำตาล อาหารที่ปนเปื้อนดีบุกปริมาณ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเป็นสาเหตุให้เกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร (gastric irritation) มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน และปวดท้อง

**ตาราง 2.3** ปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินเขตจังหวัดเชียงใหม่

| จังหวัด | ตัวอย่างที่ | ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | สารหนู | ตะกั่ว | ทองแดง | สังกะสี |
| **เชียงใหม่** | 1 | 3.738 | 15.000 | 8.700 | 37.750 |
| | 2 | 4.912 | 24.000 | 12.500 | 31.600 |
| | 3 | 11.030 | 17.100 | 23.200 | 41.300 |
| | 4 | 5.895 | 9.200 | 20.800 | 36.350 |
| | 5 | 11.590 | 24.000 | 12.650 | 43.200 |
| | 6 | 64.000 | 25.950 | 13.550 | 64.950 |
| | 7 | 7.815 | 10.100 | 13.950 | 25.900 |
| | 8 | 11.385 | 17.750 | 26.750 | 58.450 |
| | 9 | 6.550 | 11.350 | 11.000 | 19.250 |

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 2.4** ปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินเขตจังหวัดเชียงราย

| จังหวัด | ตัวอย่างที่ | ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | สารหนู | ตะกั่ว | ทองแดง | สังกะสี |
| **เชียงราย** | 1 | 4.150 | 9.700 | 20.500 | 38.700 |
| | 2 | 4.630 | 9.600 | 17.900 | 55.350 |
| | 3 | 4.489 | 11.200 | 8.900 | 24.500 |
| | 4 | 7.030 | 18.300 | 15.950 | 41.250 |
| | 5 | 24.430 | 32.250 | 25.600 | 59.700 |
| | 6 | 3.600 | 9.100 | 11.050 | 27.400 |
| | 7 | 6.830 | 29.900 | 12.800 | 47.450 |
| | 8 | 2.840 | 14.000 | 4.550 | 16.000 |
| | 9 | 7.990 | 46.750 | 16.800 | 46.750 |
| | 10 | 37.175 | 35.650 | 13.050 | 43.950 |
| | 11 | 9.500 | 27.950 | 21.050 | 35.700 |
| | 12 | 11.020 | 43.700 | 90.950 | 28.750 |

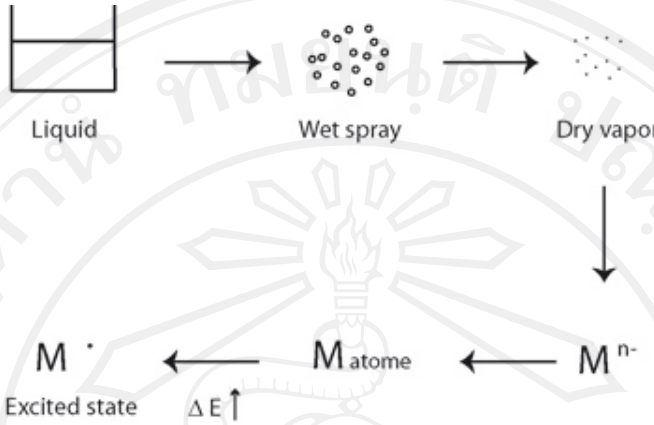
ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2550)

## 2.7 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS)

ทรงศักดิ์ (2550) ได้อธิบายหลักการหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-MS ไว้ว่า เครื่อง ICP-MS มีหลักการทำงานคือ เมื่อนำตัวอย่างมาผ่านกระบวนการ dry ashing หรือ wet digestion สารอินทรีย์ในอาหารจะถูกทำลายให้หมดไป เหลือแต่พวกโลหะหรือแร่ธาตุ และเมื่อละลายด้วยกรดเจือจาง และผ่านการกรองแล้ว โลหะหรือแร่ธาตุเหล่านั้นจะถูกฉีดเข้าเครื่องมือผ่านเข้าไปใน Plasma ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งของพลังงาน ซึ่งคล้ายคลึงกับ Flame ของเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS) เมื่อสารละลายของตัวอย่างผ่านเข้าไปใน Plasma จะผ่านกระบวนการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Desolvation และ Vaporization ได้เป็นแก๊สและผ่านกระบวนการ Atomization ได้เป็นอะตอม ดังแสดงในรูป 2.2




**รูป 2.2** การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์เมื่อผ่านกระบวนการ Atomization

ที่มา: Bradford and Cook (1997)

ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลง 2 แบบ คือ

1) อะตอมจาก ground state จะเปลี่ยนเป็นอะตอม exited state

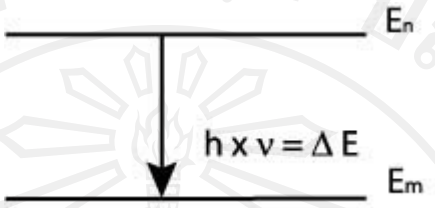
2) อะตอมจาก ground state จะเปลี่ยนเป็นไอออนประจุบวก

อะตอม excited state ซึ่งไม่เสถียร จะพยายามกลับมาเป็นอะตอมและไอออนประจุบวก โดยการเปล่งรังสี (emission) ที่ช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ซึ่งปริมาณหรือความเข้มของการเปล่งรังสี จะสัมพันธ์กับปริมาณของอะตอมหรือไอออนที่มีอยู่ ดังนั้นจึงสามารถใช้การเปล่งรังสีดังกล่าวในการหาชนิดและปริมาณของแร่ธาตุในตัวอย่างได้ (รูป 2.3)

เอกดนัย (2552) รายงานว่า ข้อดีของการใช้เครื่อง ICP-MS ในการวิเคราะห์โลหะหนักและแร่ธาตุ คือ สามารถวิเคราะห์แร่ธาตุได้มากถึง 70 ชนิด ในคราวเดียวกัน เครื่องมือทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และยังสามารถทดสอบหาปริมาณธาตุในตัวอย่างหลายๆ ชนิดที่มีความเข้มข้นของธาตุในช่วงกว้าง ตั้งแต่ระดับส่วนในล้านส่วน (ppm) จนถึงส่วนในล้าน ๆ ส่วน (ppt) โดยใช้กราฟมาตรฐานเดียวกัน ทำให้ประหยัดเวลาในการทดสอบได้มาก มีความแม่นและความเที่ยงสูง อย่างไรก็ตามเครื่องมือที่ใช้เทคนิค ICP-MS มีราคาสูงมากและมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ค่อนข้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูง อีกทั้งยังต้องควบคุมสภาพแวดล้อมในการวิเคราะห์เป็นอย่างดี จำเป็นต้องดูแลรักษามากกว่าเครื่องมือในเทคนิคอื่นๆ และเป็นเทคนิคที่มีสิ่งรบกวนจากการวิเคราะห์ค่อนข้างมาก ซึ่งจำเป็นต้องเลือกใช้เทคโนโลยีในการกำจัดสิ่งรบกวนให้เหมาะกับงาน ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นจึงต้องนำมาพิจารณาในการเลือกซื้อเพื่อให้เหมาะกับความต้องการ




**รูป 2.3** การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอะตอม

ที่มา: Bradford and Cook (1997)

**2.8 การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในชา และการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์**

การวิเคราะห์โลหะหนักของชาในประเทศไทย ซึ่งวรรณา (2542) ได้ศึกษาปริมาณแร่ธาตุและโลหะหนัก ได้แก่ แคลเซียม ทองแดง สังกะสี แมกนีเซียม โพแทสเซียม และเหล็ก ในใบชาจีน ใบชาฝรั่ง และใบชาเขียว จำนวน 13 ตัวอย่าง โดยการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีการย่อยสลายแบบแห้ง ใช้เทคนิค AAS วิเคราะห์ พบว่าปริมาณของแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม สังกะสี ทองแดง และเหล็ก อยู่ในช่วง 3.17 - 4.48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 1.55 - 2.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 14.11 - 18.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 50.12 - 86.39 ไมโครกรัมต่อกรัม 12.66-29.05 ไมโครกรัมต่อกรัม และ 113.6 - 299.75 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สำหรับศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์นครราชสีมา (2550) ได้ศึกษาโลหะหนักในชาสมุนไพร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างชาสมุนไพรตั้งแต่เดือนตุลาคม 2547 ถึง พฤษภาคม 2550 รวมทั้งสิ้น 29 ตัวอย่าง พบตะกั่วสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน 4 ตัวอย่าง (ร้อยละ 21.1)

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและแร่ธาตุด้วยวิธี AAS นั้น กองอาหารสัตว์ (2550) รายงานว่า ใช้หลักการดูดกลืนแสงของอะตอมอิสระ เมื่อมีแสงจากแหล่งกำเนิดไปชนอะตอมอิสระของตัวอย่างที่เป็นไอและอยู่สถานะพื้น อะตอมจะดูดกลืนแสงไว้ทำให้ปริมาณแสงที่ผ่านเข้าเครื่องวัดน้อยลง ซึ่งปริมาณการดูดกลืนแสงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของธาตุนั้นๆ แต่ก็

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบปัญหาเรื่องสัญญาณที่วัดได้ต่ำ ไม่เสถียร มีการรบกวนสูง ซึ่งปัจจุบันได้มีเครื่องมือวิเคราะห์แร่ธาตุที่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ เช่น Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ ทดสอบทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ รวมทั้งวิเคราะห์ได้ครั้งละหลาย ๆ ธาตุในขณะเดียวกัน (Simultaneous Multielements Analysis) โดยใช้เทคนิคเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน ICP จะผลิตพลาสมาที่อุณหภูมิสูงด้วยการปล่อยแก๊สอาร์กอนผ่าน torch ที่ต่อกับเครื่องส่งความถี่วิทยุ เมื่อให้ความถี่เข้าไปจะเกิดสนามแม่เหล็กชักนำให้มีกระแสไฟฟ้าเกิดการสปาร์คด้วยเทสลา เกิดอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงชนกับอิเล็กตรอนตัวอื่น ๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ กลายเป็นพลาสมา ส่วน OES ใช้หลักการทำให้สารเปลี่ยนจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นเพื่อให้สารที่วิเคราะห์เปล่งแสงหรือสเปกตรัมออกมา และวัดความเข้มของแสงนั้น ซึ่งเทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่มีความเที่ยง สภาพไวสูง การรบกวนต่ำ มีขีดจำกัดการตรวจวัดที่ดี ซึ่งกองอาหารสัตว์ได้นำวิธีการนี้มาใช้ในการหาปริมาณแร่ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัสในพืชอาหารสัตว์ด้วย

สำหรับต่างประเทศนั้น การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของชานั้น ได้มีการศึกษาและพัฒนาเทคนิควิธีการมาอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงความถูกต้องแม่นยำของผลการวิเคราะห์ที่ได้ ทำให้แต่ละประเทศพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ซึ่งใช้หาปริมาณโลหะหนักและแร่ธาตุที่มีในชา เช่น ในประเทศอินเดีย ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในใบชาดำที่ปลูกในบริเวณเมืองต่างๆ 6 พื้นที่ ได้แก่ เมือง Valparai เมือง Nilgiris เมือง Vandiperiyar เมือง Wayanad เมือง Munnar และ เมือง Karnataka จำนวนทั้งสิ้น 100 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค AAS ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่ามีปริมาณของทองแดง โครเมียม นิกเกิล แคดเมียม และตะกั่วในปริมาณ $24.07 \pm 2.25$, $4.76 \pm 1.27$, $2.53 \pm 1.01$, $0.14 \pm 0.06$ และ $0.81 \pm 0.32$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Seenivasan *et al.* 2008) สำหรับประเทศอาร์เจนติน่าได้ใช้เทคนิค Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry (ETAAS) และ Ultrasonic Nebulization System Coupled to Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (USN-ICP-OES) ตรวจหาปริมาณโลหะหนักในใบชา และยาเม็ดที่ทำจากสมุนไพร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากตลาด ทั้งตัวอย่างเครื่องดื่มและใบชาแห้ง ผลการวิเคราะห์ไม่พบปริมาณโครเมี่ยมและโคบอล เนื่องจากค่าที่ได้มีค่าต่ำกว่า detection limits ในขณะที่สามารถตรวจอะลูมิเนียม แคดเมี่ยม ตะกั่ว เหล็ก และวาเนเดียมได้ แต่ค่าที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำกว่าปริมาณที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยอมรับได้จากการบริโภคในแต่ละวัน (acceptable daily intake) ที่องค์กรอนามัยโลกแนะนำ (Gomez *et al*. 2007) และในสาธารณรัฐเช็ก ได้ใช้เทคนิค Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) ในการหาปริมาณโบรอนในใบชาแห้งและกาแฟ โดยใช้ Chinese reference material GBW 07605 เป็นวัสดุอ้างอิง (Certified Reference Material: CRM) ในการทดสอบความแม่นยำและทวนสอบวิธีการวิเคราะห์ และทำการศึกษาวิธีการย่อยตัวอย่างชาด้วยไมโครเวฟ (microwave digestion) และการสกัดด้วยน้ำร้อน (hot water extraction) จากนั้นวัดหาปริมาณโบรอน ซึ่งในชาดำ ชาเขียว ชาผลไม้ กาแฟพร้อมดื่ม และเมล็ดกาแฟคั่ว พบในปริมาณ 3.21 - 9.25, 3.54 - 5.52, 2.71 - 27.7, 13.3 - 21.3, และ 7.57 - 17.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Krejcova และ Cernohorsky, 2002)

ส่วนประเทศจีนซึ่งมีแหล่งปลูกชามากที่สุดในโลก เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่ผู้บริโภคในประเทศนิยม จึงเห็นความสำคัญของการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในชา โดย Han และคณะ (2006) ได้เก็บตัวอย่างชาที่จำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 1,225 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาตะกั่วพบว่าตัวอย่างชาร้อยละ 32 มีปริมาณตะกั่วสูงกว่ามาตรฐานกำหนด คือ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบปริมาณตะกั่วอยู่ระหว่าง 0.2 - 97.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการดูดซึมของตะกั่วจากดินมาสู่ต้นชา พบว่า ดินที่มีความเป็นกรดสูงจะทำให้ต้นชาสามารถดูดซึมตะกั่วที่มีในดินนั้นได้ และยังพบว่า เมื่อเพิ่มความเป็นด่างให้กับดินด้วยการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต เพื่อให้ pH เพิ่มขึ้น 1 หน่วยสามารถลดการดูดซึมตะกั่วสู่ต้นชาได้ร้อยละ 20-50 (Han *et al.* 2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved