

บทที่ 1

บทนำ



เครื่องต้มที่มีอัลกอฮอล์เป็นเครื่องต้มที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในสังคม และมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประชากรส่วนหนึ่ง เป็นสินค้าที่ทำรายได้ในด้านภาษีให้แก่ประเทศ และมีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศด้วย ในปี พ.ศ. 2513 ประเทศไทยได้ส่งสุรากล่องไปจำหน่ายยังประเทศไคลัสเคียง เช่น ฮองกง พม่า ลาว ในปี พ.ศ. 2515, 2516 ได้ส่งวสิก็ไปยังอังกฤษและอเมริกาด้วย (Department of Custom 1970, 1971, 1972, 1973)

สำหรับประเทศไทยมีโรงงานผลิตเครื่องต้มที่มีอัลกอฮอล์ทั้งหมด 46 โรง ซึ่งขึ้นทะเบียนไว้ถูกต้องตามกฎหมาย ณ กองการสุรา กรมสรรพสามิต กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นทั้งโรงงานของกรมสรรพสามิตเองและที่เป็นของเอกชน ซึ่งแบ่งเป็นเขตผลิตและจำหน่ายไว้ดังนี้ คือ

- เขต 1 กรุงเทพมหานคร นนทบุรี อัญญา ลพบุรี สระบุรี ชัยนาท
- เขต 2 ชลบุรี ปราจีนบุรี
- เขต 3 นครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ อุบลราชธานี
- เขต 4 อุตรดิตถ์ นครพนม ขอนแก่น ร้อยเอ็ด เลย
- เขต 5 เชียงใหม่ ลำปาง
- เขต 6 พิษณุโลก สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ นครสวรรค์
- เขต 7 สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี
- เขต 8 ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ภูเก็ต
- เขต 9 สงขลา ยะลา

โรงงานผลิตสุราของเอกชน ปี พ.ศ. 2522 ได้แก่

1. บริษัท คีร์โกตาสุราเกาเหลียง จำกัด อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ผลิตสุราผสมยาจีน เช่น สุราเกาเหลียง เชียงฮุ้น บุนกือโล่ โจ้วเกียทวย เป็นต้น

2. บริษัท โรงงานผลิตสุราแม่กลอง จำกัด อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี
3. บริษัท ไทยฟูดแอนด์ดีริงค์ จำกัด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี
4. บริษัท ธารน้ำทิพย์ จำกัด อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม สุราที่ผลิต เช่น ธารา
แล้ง โส่ม เป็นต้น
5. บริษัท โรงงานสุราพิเศษ สุวรรณภูมิ จำกัด อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม สุรา
ที่ผลิตเช่น Regency Brandy เป็นต้น
6. บริษัท ประมวลผล จำกัด จังหวัดนครปฐม สุราที่ผลิต เช่น สิงห์เจ้าพระยา
สิงหราช สุราผลไม้ ไวน์ขาว ไวน์แดง เป็นต้น
7. บริษัท กรุงเทพมหานคร จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ สุราที่ผลิต เช่น แยมป์
 เป็นต้น
8. บริษัท สุราไทยเดิม จำกัด จังหวัดอยุธยา สุราที่ผลิต เช่น อู ลำโท กระแช่ทอง
 เป็นต้น
9. บริษัท ตะวันออกเคมิคัล จำกัด จังหวัดชลบุรี ผลิตอัลกอฮอล์ ส่งออกนอกเป็นส่วนใหญ่

ความหมายและประเภทยของเครื่องดื่มที่มีอัลกอฮอล์

พระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 มาตรา 4 ได้ให้คำจำกัดความและแบ่งประเภทยของ
ผลมที่มีอัลกอฮอล์ไว้กว้าง ๆ ไว้ว่า

"สุรา" หมายความว่ารวมถึงวัตถุทั้งหลายหรือของผลมที่มีอัลกอฮอล์ ซึ่งสามารถดื่มกินได้
เช่นเดียวกับน้ำสุราหรือซึ่งดื่มกินไม่ได้ แต่เมื่อได้ผลมกับน้ำหรือของเหลวอย่างอื่นแล้ว สามารถดื่ม
กินได้เช่นเดียวกับน้ำสุรา

"สุราแช่" หมายความว่า สุราที่ไม่ได้กลั่นและให้หมายความรวมถึงสุราแช่ที่ได้ผลมกับ
สุรากลั่นแล้ว แต่ยังมีแรงอัลกอฮอล์ไม่เกินสิบห้า ดีกรีด้วย

"สุรากลั่น" หมายความว่า สุราที่ได้กลั่นแล้ว และให้หมายความรวมถึงสุรากลั่นที่ได้
ผลมกับสุราแช่แล้ว แต่มีแรงอัลกอฮอล์เกินกว่าสิบห้า ดีกรีด้วย

ในกฎกระทรวงฉบับที่ 46 (พ.ศ. 2513) ออกตามความในพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 ยังได้กำหนดชนิดของสุรากลั่นไว้ดังนี้

ชนิดสุรากลั่นสามทับ คือสุรากลั่นที่มีแรงอัลกอฮอล์ตั้งแต่แปดสิบดีกรีขึ้นไป

ชนิดสุรากลั่นขาว คือสุรากลั่นที่ปราศจากเครื่องย้อมหรือสิ่งผสมปรุงแต่ง มีแรงอัลกอฮอล์ต่ำกว่าแปดสิบดีกรี

ชนิดสุรากลั่นผสม คือสุรากลั่นที่ใช้สุรากลั่นขาวหรือสุรากลั่นสามทับมาปรุงแต่ง มีแรงอัลกอฮอล์ต่ำกว่าแปดสิบดีกรี

ชนิดสุรากลั่นพิเศษ คือสุรากลั่นที่ใช้สุรากลั่นสามทับมาปรุงแต่ง มีแรงอัลกอฮอล์ต่ำกว่าแปดสิบดีกรี

ชนิดสุรากลั่นพิเศษ คือสุรากลั่นที่ทำขึ้นโดยใช้กรรมวิธีพิเศษ มีแรงอัลกอฮอล์ต่ำกว่าแปดสิบดีกรี แบ่งเป็นสองประเภทคือ

1. ประเภทวิสกี้ บรั่นดี รัม อิน หรือสุราแบบต่างประเทศอย่างอื่น
2. ประเภทเกาเหลียง เชียงฮูน บัญญี่โล่ หรือสุราแบบจีนอย่างอื่น

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้มีกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุรา (มอก. 39 - 2519) ซึ่งได้จัดแบ่งสุรากลั่นออกเป็นสองประเภท คือ

ประเภทที่ 1 เมรัย (fermented liquors)

ประเภทที่ 2 สุรากลั่น (distilled liquors หรือ distilled spirits)

เมรัย (fermented liquors) คือผลที่ได้จากการหมักส่ำ ให้เกิดเป็นน้ำเมา มีแรงอัลกอฮอล์มากน้อยตามต้องการ แบ่งเป็น 4 ชนิด คือ

ชนิดที่ 1 - ได้จากการหมักส่ำจากเมล็ดธัญพืชหรือแป้งจากพืช เช่น เบียร์ น้ำข้าวสาลี (Sake) เป็นต้น

ชนิดที่ 2 - ได้จากการหมักส่ำจากผลไม้หรือน้ำตาลจากพืช เช่น ไวน์ (Wine) แชมเปญ (Champagne) น้ำตาลเมา (Toddy) ไซเดอร์ (Cider) เป็นต้น

ชนิดที่ 3 - ได้จากเมรัยชนิดที่ 1 และ/หรือ เมรัยชนิดที่ 2 ที่ผสมด้วยยาปรุงแต่งสี กลิ่น รส ตามต้องการ เช่น เวอร์มูท (Vermouth) ไวน์ที่เป็นยา (Medicated Wine) เป็นต้น

ชนิดที่ 4 - ได้จากเมรัยชนิดที่ 1 และ/หรือ เมรัยชนิดที่ 2 แล้วผสมกับสุรากลั่นหรือ อลกอฮอล์ ให้มีแรงอัลกอฮอล์ตามต้องการ แต่ไม่เกิน 23 ดีกรี เช่น ไวน์อย่างแรง (Fortified Wine) เซอร์รี่ (Sherry) ปอร์ตไวน์ (Port Wine) เป็นต้น

สุรากลั่น (distilled liquors หรือ distilled spirits) คือผลที่ได้จากการ หมักแล้วให้เกิดมีแรงอัลกอฮอล์แล้วกลั่น และบางชนิดต้องเก็บไว้นานเพื่อให้มีคุณภาพดี แล้วอาจปรุง แต่งให้มีแรงอัลกอฮอล์มากขึ้นตามต้องการ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

ชนิดที่ 1 - เป็นสุรากลั่นที่กลั่นโดยตรงเพื่อให้ได้กลิ่น รสเฉพาะจากวัตถุดิบนั้น อาจ ปรุงปรุงเพียงเพื่อให้ได้กลิ่น รสดีขึ้น และทำให้มีแรงอัลกอฮอล์ตามต้องการ เช่น สุรกายาว วอดก้า (Vodka) เทกิล่า (Tequila) เป็นต้น

ชนิดที่ 2 - เป็นสุรากลั่นหรืออัลกอฮอล์ผสมปรุงแต่ง สี กลิ่น รส และให้มีแรงอัลกอฮอล์ ตามต้องการ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ใช้สุรากลั่นหรืออัลกอฮอล์ผสม หรือเข้ากับสมุนไพรต่าง ๆ เพื่อให้ได้ สี กลิ่น รส และสรรพคุณของตัวยาหรือสมุนไพรนั้น เช่น สุราจีนชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

2. แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

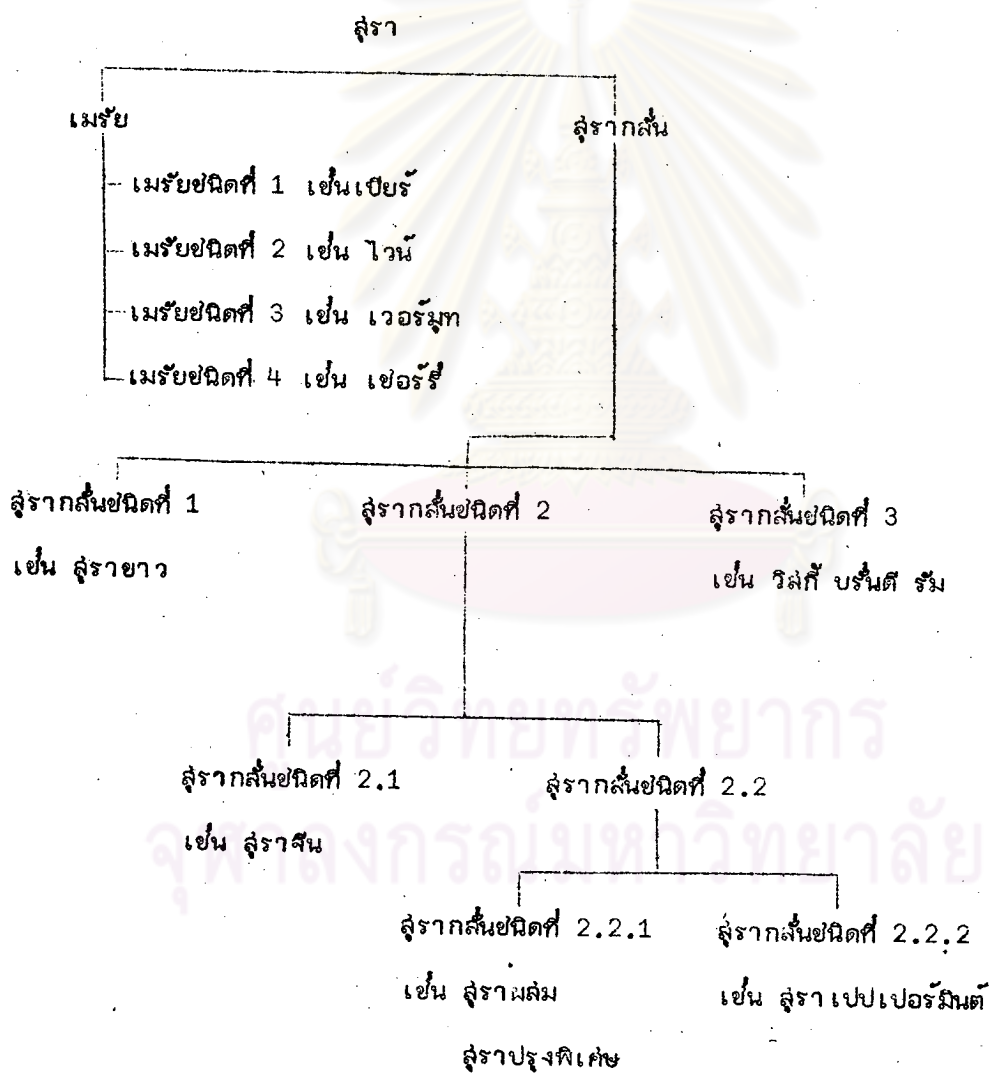
2.1 ใช้สุรากลั่นและ/หรืออัลกอฮอล์มาปรุงแต่งด้วยน้ำยาลงกัมน้ำเชื้อ หรือใช้สุรากลั่นและ/หรืออัลกอฮอล์ แยกกับผลไม้ พืชสมุนไพร แล้วปรุงแต่งเพื่อให้ได้ สี กลิ่น รส ตามต้องการ แต่ไม่มีสรรพคุณของตัวยา ทั้งนี้จะมีกลิ่นใหม่หรือไม่ก็ตาม เช่น สุราผสม สุราผสมพิเศษ สุราปรุงพิเศษ สุราอิน (Gin) เป็นต้น

2.2 ใช้สุรากลั่น และ/หรืออัลกอฮอล์ มาปรุงแต่งเช่นเดียวกับสุรา ชนิดที่ 2.1 แต่มีรสหวาน เช่น สุราเปเปอร์มินต์ (Pepermint) สุรากลั่นกาแฟ (Cream of coffee) ชาร์เตรอส (Chartreuse) อิสซารา (Izarra) เป็นต้น

ชนิดที่ 3 - ใช้สุรากลั่น และ/หรืออัลกอฮอล์มาปรุงแต่งโดยมีกรรมวิธีเก็บไว้นานเพื่อ

ให้มีคุณภาพดี แล้วปรุงแต่งตามกรรมวิธีให้มี สี กลิ่น รส และแรงแอลกอฮอล์ตามต้องการ เช่น วิสกี้ (Whisky) บรันดี (Brandy) รัม (Rum) เป็นต้น

ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงการแบ่งประเภทสุรา



Hart and Fisher (1971) จำแนกเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ออกเป็น 4 ประเภทคือ

1. เครื่องดื่มที่ไม่ได้ทำจากผลไม้และไม่ได้ผ่านการกลั่น (Non-Fruit based, undistilled beverage) ได้แก่ เบียร์ สาเก เอล (Ale) สตัดท์ (Stout) পুলเก้ (Pulque) และ ผิด (Mead)
2. เครื่องดื่มที่ทำจากผลไม้และไม่ได้ผ่านการกลั่น (Fruit based, undistilled beverage) หรือ ไวน์
3. สุรากลั่น (Distilled liquor) ได้แก่ บรั่นดี อิน รัม วิสกี้ วอดก้า และสุรากลั่นอื่น ๆ เช่น เทกิลลา (Tequila) อาร์แรค (Arrack)
4. สุราปรุงรส (Liqueurs หรือ Cordials) สุราประเภทนี้ ทำโดยนำแอลกอฮอล์ บรั่นดี อิน หรือสุรากลั่นอื่นมาผสม หรือกลั่นใหม่พร้อมผลไม้ ดอกไม้ พืช หรือสารให้กลิ่นรสตามธรรมชาติอื่น ๆ เช่น แอบแซ็ง (Absinthe)

Borgstrom (1971) ได้จำแนกเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ไม่ได้ผ่านการกลั่น (Fermented not distilled) เช่น ทำจากองุ่น หรือ แอปเปิล ไดไวน์ จากพวกเมล็ดพืช ได เบียร์ เอล (Ale) สเตาท์ พอร์เตอร์ สาเก
2. เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ที่ผ่านการกลั่น (Distilled) เช่น ทำจากพวกเมล็ดพืช ได วิสกี้ วอดก้า ถ้าทำจากพวกน้ำตาล ได รัม ทำจาก อกาเว (Agave) ได เทกิลลา ถ้าจากผลไม้ ไดพวกบรั่นดี
3. เป็นเครื่องดื่มประเภทที่ 1 ผสมกับประเภทที่ 2 (Compounded) ได้แก่ อิน Liqueurs Absinthe

การบอกปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์สามารถบอกได้หลายวิธีคือ บอกเป็น เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร น้ำหนักต่อแกลลอน ซึ่งทั้งหมดนี้จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง absolute alcohol กับน้ำ แต่ยังมีมาตรฐานอย่างอื่นที่ใช้กันมากเช่นกัน เช่น

U.S. proof spirit ซึ่งเป็น 50% โดยปริมาตรของอัลกอฮอล์กับน้ำ และ British proof spirit ซึ่ง ณ อุณหภูมิ 51 องศาฟาเรนไฮต์ ถ้าสารละลายนี้มีน้ำหนักเป็นเศษ 12 ส่วน 13 ของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันแล้ว จะมีปริมาณอัลกอฮอล์เป็น 49.28% โดยน้ำหนัก หรือ 57.10% โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งการคำนวณปริมาณอัลกอฮอล์มีอธิบายในหนังสือของ Simmonds' Alcohol (1919) (Windholz, 1973)

นอกจากนี้ยังอาจบอกปริมาณอัลกอฮอล์เป็นดีกรีสูงกว่าพรัฟ (degree over proof, o.p.) หรือดีกรีต่ำกว่าพรัฟ (degree under proof, u.p.) ซึ่งเป็นการบอกจำนวนดีกรีที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าสุราที่พรัฟ (100 ดีกรีพรัฟ) อยู่เท่าใด เช่น เครื่องดื่มที่มีอัลกอฮอล์หรือสุราที่มีความแรง 10 ดีกรีต่ำกว่าพรัฟ (10 u.p.) หมายถึง สุราที่มีปริมาตร 100 หน่วย จะมีพรัฟลับริต 90 หน่วย บวกน้ำ 10 หน่วย หรือสุรา 30 ดีกรีสูงกว่าพรัฟ (30 o.p.) หมายถึงสุรา 100 หน่วยปริมาตรผสมกับน้ำได้ปริมาตรของพรัฟลับริต 130 หน่วย

ในการเตรียมพรัฟลับริต โดยการผสมอัลกอฮอล์ ปริมาตร 50 หน่วยเข้ากับน้ำปริมาตร 53.71 หน่วย ให้ได้ส่วนผสมที่มีปริมาตรเป็น 100 หน่วยพอดี

หนึ่งพรัฟแกลลอน (One proof gallon) คือ อัลกอฮอล์ 50% โดยปริมาตร จำนวน 1 แกลลอน ที่อุณหภูมิ 15.56 องศาเซลเซียส หรือ 60 องศาฟาเรนไฮต์ หรือหมายถึงสุราหนึ่งแกลลอน ซึ่งมีอัลกอฮอล์อยู่ครึ่งแกลลอน

- 1 พรัฟแกลลอน เท่ากับ 100 พรัฟ
- 2 พรัฟ เท่ากับ อัลกอฮอล์ 1% โดยปริมาตร (Lowenthal 1970)

หลักของการผลิตสุรา

หลักเบื้องต้นของการผลิตสุรา คือการหมัก (fermentation) ซึ่งเป็นขบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอคิลอัลกอฮอล์ โดยปฏิกิริยาของน้ำย่อยจากยีสต์เป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาหลายขั้นตอน นอกจากเกิดการเปลี่ยนแปลงแก่น้ำตาลแล้ว ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงแก่พวกที่ไม่ใช่ น้ำตาล ที่มีอยู่ในวัตถุดิบด้วย ทำให้เกิดสารพลอยได้หลายอย่าง มีทั้งที่เป็นที่ต้องการ

และไม่ใช่เป็นที่ต้องการ ซึ่งจะมีผลต่อกลิ่น รสของสุราและความปลอดภัยของผู้บริโภค

การผลิตสุราทำได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ผลไม้ต่าง ๆ หัวมัน ปีทนต์ เมล็ด-ข้าวชนิดต่าง ๆ ลำต้นของอ้อย งวงมะพร้าว งวงตาล เป็นต้น (ขุนกฤษฎาภมรวิสิฐ 2490 ก.)

Herstein and Jacobs (1948) แบ่ง วัตถุประสงค์ในการผลิตสุราตามหน้าที่ของวัตถุดิบ เป็น

1. วัตถุดิบที่ให้น้ำตาล คือ ผลไม้ น้ำผลไม้ กากน้ำตาล (Molasses) น้ำผึ้ง น้ำตาล
 2. วัตถุดิบที่สีแป้ง และจะให้ให้น้ำตาลซึ่งสามารถเข้าสู่ขบวนการหมักได้ต่อไป เช่น เมล็ดธัญพืชต่าง ๆ มันเทศ เป็นต้น
 3. วัตถุดิบที่ไม่ให้ทั้งแป้งและน้ำตาล คือพวกเครื่องเทศ สารที่ให้ กลิ่น สี รส เป็นต้น
- กล่าวโดยสรุปแล้ว การผลิตสุราจะมีหลักการใหญ่ที่แตกต่างกันในกรรมวิธีการผลิต

2 วิธี คือ

1. การผลิตจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาล ซึ่งจะนำไปหมักได้ทันที
2. การผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง ซึ่งต้องผ่านขบวนการ เปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล ก่อนที่จะนำไปหมัก

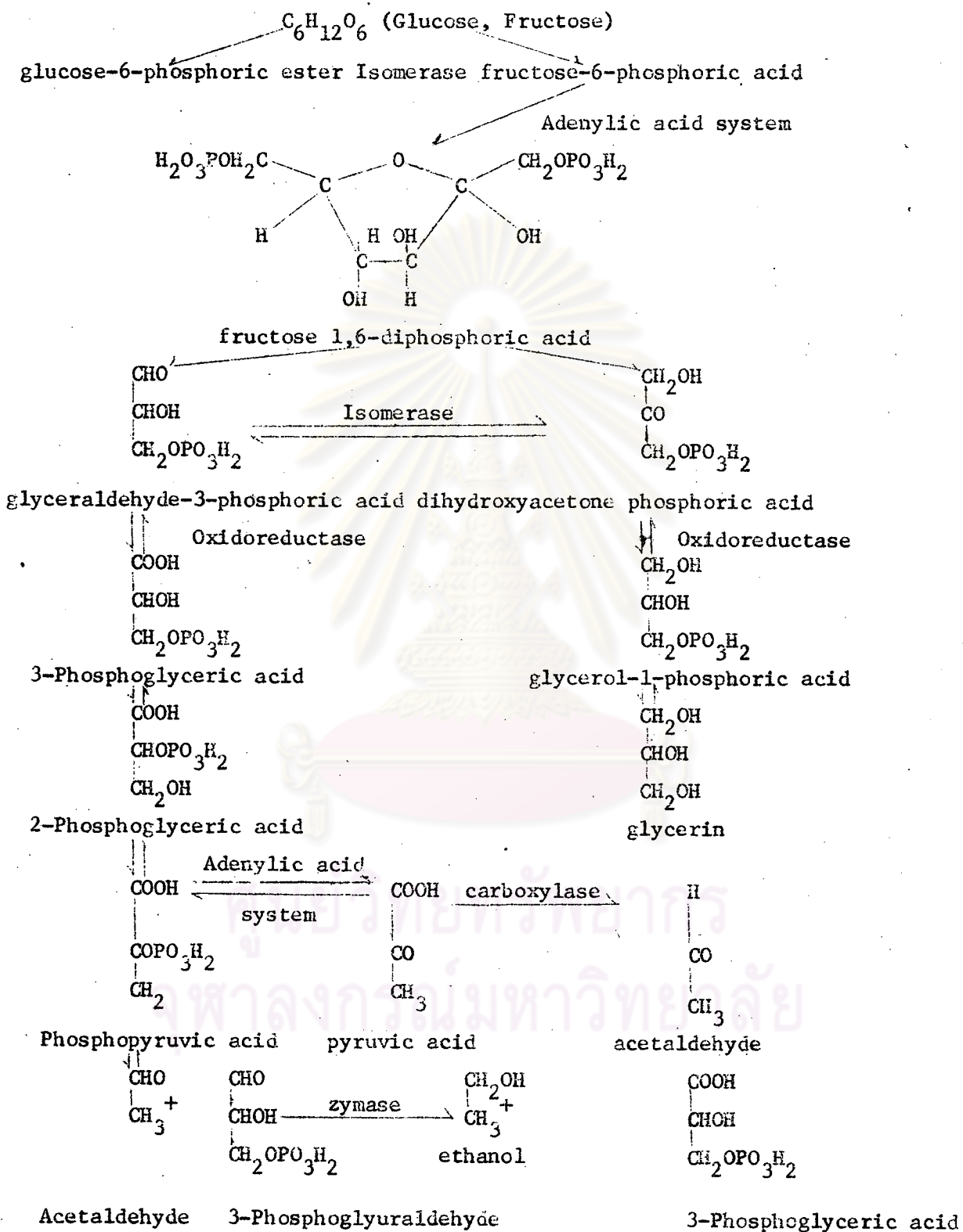
กระบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลซึ่งสามารถเข้าสู่กระบวนการหมักได้ เรียกว่า saccharification เป็นการสลายการต่อระหว่าง monosaccharide ในโมเลกุลของแป้ง โดยต้องทำให้แป้งสุก (gelatinize) เสียก่อนแล้วจึงย่อยด้วยน้ำย่อย diastase จากมอลท์ หรือเมล็ดพืชที่กำสงงอก หรืออาจใช้การสลายด้วยกรดและความร้อน (Herstein and Jacobs, 1948) หรืออาจใช้เชื้อราบางชนิด เช่น Aspergillus oryzae Mucor และ Rhizopus sp. (ขุนกฤษฎาภมรวิสิฐ 2490 ก. สถิติดินานการ 2492) Poluyanov et al (1973) ทดลองใช้ concentrated commercial α -amylase และ glucoamylase แทนมอลท์ ปรากฏว่าทำให้ได้อัลกอฮอล์เพิ่มขึ้น 0.8% ในระหว่างระยะเวลาการหมัก 3 วัน ความเข้มข้นของ α -amylase และ glucoamylase ที่พอเหมาะคือ 0.3 unit ต่อกรัมของแป้งตามลำดับ นอกจากเกิดการเปลี่ยนแปลงแก่แป้งแล้วยัง เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงแก่น้ำตาล และ

สารพวกที่ไม่ใช่น้ำตาล เช่น โปรีตินและกรดอะมิโนด้วย สารพลอยได้ที่เกิดขึ้นมีผลต่อคุณภาพของสุรา จึงต้องควบคุมปริมาณน้ำและความเป็นกรดให้เหมาะสม อุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงแรก คือ 49-60 องศาเซลเซียส ช่วงต่อมา 60-62 องศาเซลเซียส และ pH 5-6 (Herstein and Jacobs 1948)

กระบวนการหมักหรือการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ต้องอาศัยน้ำย่อยจากยีสต์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักคือ 24-29 องศาเซลเซียส และต้องไม่เกิน 72 องศาเซลเซียส pH 4.0-4.5 (Herstein and Jacobs 1948, กฤษดากร 2509) การหมักเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนแต่การให้อากาศ มีผลต่อปริมาณของแอลกอฮอล์ที่จะเกิดขึ้น และการเกิดสารพลอยได้ Reazin (1969) ศึกษาการเกิดสารพลอยได้ที่สำคัญระหว่างการหมักโดยใช้เมล็ดพืชซึ่งมีสารกัมมันตภาพรังสีของกลูโคส พบว่าจะเกิดสารกัมมันตภาพรังสีของกรดระเหย เอทิลอะซิเตต และไอเออร์อัลกอฮอล์ที่สัมพันธ์กับกรดอะมิโนดังกล่าว คือ isoamyl และ optically active amyl alcohol ตามลำดับ ต่อมา Reazin et al (1970) ยังได้ศึกษากระบวนการทางชีวเคมีของการเกิดสารพลอยได้ โดยเติมสารกัมมันตภาพรังสีของกลูโคส ลูซีน และ ไอโซลูซีน ลงในการหมัก เบอรับอนพบว่า กลูโคสจะทำให้เกิดกรดน้ำส้ม และ ฟิวเชลอลทำให้เกิดกรดิวทริกกรดน้ำส้ม และ 3 - methyl butanol ไอโซลูซีนทำให้เกิดเอทิลอะซิเตต โดยผ่านการรวมตัวของ acetyl CoA กับเอทิลแอลกอฮอล์ การเกิดกรดระเหยและฟิวเชลอลมีความสัมพันธ์กัน และมี ketoacid เป็นตัวกลาง ไอเออร์อัลกอฮอล์เป็นสารพลอยได้ที่เกิดจากการสร้างกรดอะมิโนจากสารคาร์โบไฮเดรตทางหนึ่ง และจากกรดอะมิโนที่มีอยู่อีกทางหนึ่ง

ในกระบวนการหมักยีสต์จำเป็นต้องมีสารอาหารอื่น ๆ เช่น ฟอสเฟต ซึ่งเกี่ยวข้องกับโดยตรงในกระบวนการหมัก นอกจากนี้เกลือของแคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับยีสต์ ส่วนใหญ่แร่ธาตุเหล่านี้ได้มาจากวัตถุดิบ

กระบวนการหมักอธิบายได้ดีที่สุดด้วย Embden - Meyerhof - Parnas scheme ดังแสดงในภาพที่ 2 (Herstein and Jacobs 1948)



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงกระบวนการหมัก

หลังจากการหมักหรือหมักได้ก็แล้ว จะได้ส่วนประกอบที่ประกอบด้วยวัตถุที่ไม่ระเหย และวัตถุที่ระเหยได้หลายอย่าง วัตถุที่ระเหยได้มี อัลกอฮอล์ น้ำ เอลดีเทอร์ อัลดีไฮด์ ฟิวเชลอลอยด์ กรดน้ำส้ม เป็นต้น วัตถุที่ไม่ระเหย มีกากแข็ง ๆ ของย้าว ยีสต์ รา โปรตีน กลีเซอริน กรดไขมัน และธาตุเกลือ เป็นต้น ทั้งสองประเภทแยกได้ด้วยการกลั่น (ขุนกฤษฎาภมรวิสิฐ 2490 จ.)

การกลั่น เป็นการแยกองค์ประกอบของของผสมโดยอาศัยความแตกต่างในการระเหย ส่วนที่ระเหยได้มากกว่าในของผสมเดิมจะออกมาในความเข้มข้นมากกว่าในส่วนของไอ ส่วนที่ระเหยได้น้อยคงอยู่ในความเข้มข้นมากกว่าในส่วนของกาก แบบและขนาดของเครื่องกลั่น (Still) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศนั้น ๆ เครื่องกลั่นแบ่งออกได้เป็นแบบต่าง ๆ คือ

1. เครื่องกลั่นหม้อ (Pot Still) ส่วนประกอบมีหม้อต้ม (Kettle) ท่อน้ำไอ ท่อไล่ไกล์ (Condenser) และภาชนะรองรับ distillate เดิมใช้เครื่องควบคุมความร้อนจากไฟต้มน้ำสำโดยตรง ทำให้ได้สุราสีกลิ่นเหม็นไหม้ ปัจจุบันจึงใช้ความร้อนจากไอน้ำ อาจมีการปรับปรุงเพิ่มส่วนอื่น ๆ เข้ากับเครื่องกลั่นหม้อธรรมดา เช่น การทำวาล์วในอังกฤษ ออกแบบเครื่องกลั่นหม้อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ wash still และ low-wine still.

2. เครื่องกลั่นถัง (Vat-Still) เป็นเครื่องกลั่นที่ทำด้วยไม้เป็นส่วนใหญ่ ใช้ต้มน้ำสำด้วยไอน้ำ

3. เครื่องกลั่นจดทะเบียน (Patent Still หรือ Coffey Still) เป็นเครื่องกลั่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องกลั่นที่กล่าวมาแล้ว มีลักษณะเป็นปล่อง (Column) 2 อัน ประกอบด้วยแผ่นทองแดง เจาะรู เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ปล่องแรกเรียกว่า analyzer สำหรับกลั่นฟองน้ำสำ ไอน้ำจะเข้ามาทางด้านล่าง และปล่อยน้ำสำลงมาจากข้างบน ไอน้ำจะให้ความร้อนทำให้อัลกอฮอล์ระเหย น้ำสำที่เหลือลงมาถึงชั้นล่างสุด อัลกอฮอล์จะหมดไปก็จะปล่อยออกทั้ง ส่วนไอจะพาอัลกอฮอล์ไปเข้าที่ก้นของปล่องที่สอง ซึ่งเรียกว่า rectifier มีชุดท่อของสารหล่อเย็น อยู่ตลอดความยาวของปล่องนี้ ทำหน้าที่เป็นท่อไล่ไกล์ ไออัลกอฮอล์จะผ่านขึ้นตามแผ่นทองแดงจะ

ควบแน่นเป็นบางส่วนในแต่ละชั้น (Cooling Chamber) จนในที่สุด เมื่อถึงแผ่นทองแดง ชั้นบนสุด จะกลั่นเอ็ลกอฮอล์ได้ 94% - 96% ส่วนของเอ็ลกอฮอล์อีกเล็กน้อยมักจะอยู่ในรูปของเอ็ลกอฮอล์ที่ฉิ่ง เ็ลอบัน และฟูเชลลอยล์จะรวมอยู่ที่ชั้นล่างของ rectifier เพื่อส่งกลับไปยัง analyzer และแยกเอ็ลกอฮอล์คืนได้อีก

4. เครื่องกลั่นต่อเนื่อง ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ beer still สำหรับกำจัดน้ำ ส่วนใหญ่ และส่าร์ที่ไม่ระเหยทั้งหมดและ intermittent still สำหรับทำเอ็ลกอฮอล์ให้เข้มข้นขึ้น แล้วรวบรวมไว้เป็นส่วน ๆ

ในการกลั่นให้ได้ distillate คุณภาพดี Tanner (1969) กล่าวว่าต้องเป็น One stage process เครื่องมือในการกลั่นต้องทำด้วยทองแดง เพราะทองแดงป้องกันการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งยับยั้งการเกิดส่าร์ mercaptans และ disulphides ส่วน cooling section ต้องทำด้วย stainless steel เพื่อป้องกันการเกิดเกลือทองแดง เมื่อนำสุร่าไปบ่มไว้ ทำให้สุร่ามีสีเขียว

ในน้ำส่าหรือส่วนผล้มที่หมักได้ที่ครั้งแรกนั้น ธรรมดาจะมีเอ็ลกอฮอล์ประมาณ 7 ถึง 12% กลั่นแยกออกได้โดยอาศัยความแตกต่างระหว่างจุดเดือดของเอ็ลกอฮอล์กับน้ำ สุร่าที่กลั่นขึ้นโดยยังมีไต้นลุ่มปรุงแต่้ง แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. สุร่าดิบ (Dephlege Spirit) คือสุร่าที่กลั่นจากส่า ด้วยเครื่องกลั่นธรรมดา ความแรงของเอ็ลกอฮอล์ต่ำ มีสีขุ่น มักมีรสเปรี้ยวเ็ลอบัน กลิ่นล้าบเป็นกลิ่นส่าแรงมาก เป็นสุร่าที่ไม่บริสุทธิ์ เช่น สุร่าทำในประเทศไทยชนิดเหล้าโรง เป็นต้น
2. สุร่าส่าทึบ (Rectify Spirit) คือสุร่าฟอก โดยใช้น้ำสุร่าดิบมากลั่นกับให้บริสุทธิ์ มีความแรงของเอ็ลกอฮอล์สูงไม่เกิน 84 ดีกรี สมีลักษณะใสสะอาด กลิ่นรสดีกว่าสุร่าดิบ เช่น เหล้า ยิน ร่ม และวิสกี้ เป็นต้น
3. เอ็ลกอฮอล์ (Alcohol) คือสุร่าที่กลั่นด้วยเครื่องพิเศษจากส่าหรือจากสุร่ามีความแรงของเอ็ลกอฮอล์สูง ตั้งแต่ 84 ดีกรีขึ้นไป สมีลักษณะใสสะอาด ไร้ไฟ ระเหยง่าย แบ่งเป็น 3 ชนิด

ก. Pasteurised alcohol เป็นอัลกอฮอล์ซึ่งแรง 90-92 ดีกรี มีอัลดีไฮด์และฟูเชลลอยล์ เจือปนเล็กน้อย

ข. Rectify alcohol เป็นอัลกอฮอล์บริสุทธิ์ปราศจากอัลดีไฮด์ และฟูเชลลอยล์ มีความแรง 95-97 ดีกรี

ค. Absolute alcohol บริสุทธิ์แท้ ความแรง 99-99.8 ดีกรี

ง. Aldehyde alcohol เป็นอัลกอฮอล์ที่แยกออกจากการกลั่นอัลกอฮอล์ดีในระยะแรกกลั่นหรือระยะสุดท้ายของการกลั่น เหมาะสำหรับใช้ทำอัลกอฮอล์แปรรูปชาติ บริโภคไม่ได้ (ที่เรียกกันว่า อัลกอฮอล์เหม็น)

อัลกอฮอล์ที่ใช้ทำสุรานั้น ใช้แต่เฉพาะ Pasteurised และ Rectify Alcohol เท่านั้น ส่วนอัลกอฮอล์ 99 ดีกรี เป็นอัลกอฮอล์ทางอุตสาหกรรม โดยมากทำจากวัตถุเหลว จึงมักใช้ในการทำเชื้อเพลิง

คุณภาพของสุรานั้นมีลักษณะดีเลวแตกต่างกันหลายประการ ที่เป็นดังนี้เกี่ยวกับวัตถุที่ทำ วิธืหมัก กลั่น บรรจุ ทำให้ได้คุณภาพต่าง ๆ กัน นอกจากลักษณะของสี กลิ่น รสแล้ว ยังมีลักษณะอีกอย่างเกี่ยวกับการกินเมามาก ทั้งขณะที่กำลังดื่ม และภายหลังการดื่ม ซึ่งจะเกิดอาการที่เรียกว่า เมามาก (hang over) ซึ่งเป็นผลโดยตรงมาจากสารเจือปนอื่น ๆ ที่ปะปนมาในสุรานั้น ๆ (ขุนกฤษณามรวิสิฐ 2492)

การผลิตสุรบางชนิด

การผลิตสุรขาว

สุรขาวเป็นสุรากลั่นที่ผลิตขึ้นโดยการใช้อ้อย หรือน้ำตาล หรือทั้งสองอย่างรวมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นวัตถุดิบในการหมักแล้ว ไข้ลูกแป้งเป็นตัวให้เชื้อราและยีสต์ ในขั้นการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล และขั้นการหมัก อัตราส่วนของข้าวและน้ำตาลที่ใช้มีตั้งแต่ 1 : 3 จนถึง 1 : 35 แต่บางจังหวัดในภาคอีสานและภาคเหนือนิยมใช้อ้อยมาก ๆ ส่วนภาคกลางทั่วไปใช้อัตราส่วนประมาณ 1 : 15 เมื่อน้ำสำเกิดอัลกอฮอล์มากที่สุด จึงนำไปกลั่น หลังจากกลั่นได้และแต่ง

ปริมาณอัลกอฮอล์ตามต้องการแล้ว จะเก็บไว้อย่างน้อย 7 วัน เพื่อให้วัตถุดิบบางอย่างแยกตัวลอย ออกแล้วจึงกรอง ลูราขาวมีส่วนผสมของน้ำและอัลกอฮอล์เป็นส่วนใหญ่ และมีวัตถุระเหยต่าง ๆ เช่น กรดระเหย อัลดีไฮด์ เมทิลอัลกอฮอล์ ฟิวเซลอัลกอฮอล์ เฟอฟูรัล ฮีเทอร์ และเอสเตอร์ต่าง ๆ สารเหล่านี้ทำให้เกิดกลิ่น รส เป็นลักษณะที่รู้สึกกัน (กลุ่มมา ณ อายุ 2506)

การผลิตลูราผสม

ลูราผสม มีวิธีทำทำนองเดียวกับลูราขาว แต่หลังจากการกลั่นแล้วมีการปรุงลูรา เพื่อแก้ไขลักษณะในทางคุณภาพของลูราให้สูงขึ้น ซึ่งมีทั้งการปรุงกลิ่น รส สี และความมันเมา (ขุมนกฤษณามรวิสิฐ 2492) นอกจากผลิตจากลูรากลิ่นโดยตรง การผลิตลูราผสมยังอาจทำโดยนำ อัลกอฮอล์มาผสมปรุงแต่ง

การปรุงกลิ่น อาจใช้น้ำเชื้อ (essence) จากพรรณไม้ หรือจากการสังเคราะห์ เช่น น้ำเชื่อดอกกุหลาบ สับปะรด องุ่น อัลมอนด์ เป็นต้น หรือใช้การหมักแก้ด้วยเครื่องสำอางต่าง ๆ ที่ตกแห้ง ผลไม้แห้ง เป็นต้น เหล่านี้จะทำให้ได้ลูราผสมชนิดต่าง ๆ กัน เช่น ลูรา แม่โขง กวางทอง ฯลฯ ซึ่งเป็นที่นิยมกันมาก ก็ปรุงโดยการหมักแก้ด้วยเครื่องสำอาง

การปรุงรส ใช้น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลกรวด หรือน้ำเชื่อม เพื่อลดความรุนแรงของ อัลกอฮอล์ หรือดับรสขมเค็มของน้ำเชื้อ หรือใช้เครื่องสำอางลูราบางชนิดยังปรุงรสด้วยควินิน

การปรุงสี ลูราโดยมากปรุงสีเหลือง ถ้าเป็นสีอื่นก็ปรุงด้วยสีตามวัตถุประสงค์ที่ใช้ปรุงกลิ่น รส สีที่ใช้ปรุงต้องเป็นสีบริสุทธิ์ซึ่งทำจากพรรณไม้ ส่วนสีเหลืองใช้น้ำตาลเคี้ยวใหม่

การผลิตวิสกี้

ในแต่ละท้องถิ่นต่างมีวิธีปฏิบัติแตกต่างกันไป แต่กล่าวโดยสรุปแล้ว กรรมวิธีในการผลิตวิสกี้คือ เมล็ดพืชจะถูกรีดและใส่ลงในน้ำเดือด และต้มต่อไปจนใช้ความดันช่วย จนกระทั่ง เมล็ดแบ่งหลุดออกมา และแตกออก เอามาทำให้เป็น ผสมมอลท์ 10% เพื่อทำปฏิกิริยาเปลี่ยน แบ่ง เป็นน้ำตาล เอามาทำให้เป็นลงถึง จุดหมักที่เหมาะสมสำหรับยีสต์ แล้วผสมเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ หมักจน เกิดอัลกอฮอล์ตามต้องการ แล้วกลั่นและเก็บไว้ในถังไม้โอ๊คใหม่เผาไฟหรือถัง แก้วตาม

ระยะเวลาที่ต้องการ เติมน้ำให้ได้ปริมาณอัลกอฮอล์ที่ต้องการแล้วบรรจุขวด (Hart and Fisher 1971)

วิสกี้ในสก๊อตแลนด์และไอร์แลนด์ทำจากข้าวบาร์เลย์ที่เพาะให้งอกแล้ว (Malted Barley) ส่วนในอเมริกาทำจากข้าวไรย์หรือข้าวโพด คำว่า วิสกี้ (Whisky) แปรมาจากคำในสมัยโบราณซึ่งหมายถึง "water of life" บกดีจะเขียนเป็น Whisky แต่ถ้าเขียน Whiskey มักจะหมายถึง Irish Whiskey เท่านั้น แม้ว่าโดยปกติวิสกี้จะทำจากข้าวบาร์เลย์ ไรย์ และข้าวโพด แต่บางชนิดก็ทำจากข้าวสาลี ข้าวโอ๊ตหรือมันเทศ ซึ่งความแตกต่างของวิสกี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ วิธีการกลั่น ชนิดของถังเก็บ วิธีการบ่ม เก็บเมสตีฟที่ใช่ จนกระทั่งน้ำที่เย็นล้นทำวิสกี้ โดยปกติสก๊อตวิสกี้มักมีอายุในการเก็บอย่างน้อย 3 ปี จึงออกจำหน่าย และส่วนใหญ่มักเก็บไว้ประมาณ 7-8 ปี แต่ถ้าเป็นวิสกี้จากสหรัฐอเมริกาบรรจุขวดออกจำหน่ายเลย (Waldo 1967)

การผลิตเบียร์

เบียร์ เป็นสุราประเภทเมรัย คือไม่ผ่านวิธีการกลั่น ผลิตโดยการหมักข้าวบาร์เลย์ที่เพาะให้งอก (Malted Barley) กับดอกฮอปส์ และเก็บไว้ในถังเบียร์ รสของเบียร์และความแรงของอัลกอฮอล์ ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของมอลท์และวิธีการในการผลิต สีของเบียร์ขึ้นอยู่กับความเข้มของสีในข้าวบาร์เลย์ ถ้าต้องการเบียร์มีสีน้ำตาลก็อบข้าวบาร์เลย์ด้วยความร้อนก่อนหมัก หรือคั่วให้ดำสำหรับ Stout and Porter

แต่วิธีใหม่อาจใช้น้ำตาลไหม้ (caramel) เติมแทน และมักใช้วิตามินซีช่วยยืดอายุของเบียร์ (Beer) ยกเว้นของประเทศเยอรมันที่ไม่อนุญาตให้เติมสารเพิ่มสี หรือเติมวิตามินซีเพื่อยืดอายุเบียร์ ปริมาณอัลกอฮอล์ในเบียร์ประมาณ 3.5 - 10 ดีกรีพรัฟ

คำว่าเบียร์ "Beer" อาจมาจากภาษา Saxon "bere" ซึ่งหมายถึง "barley" เบียร์มักเป็นคำรวมของ เครื่องดื่มที่ทำจากมอลท์ ซึ่งรวมถึง Ale, Bock Beer, Lager Beer, and Stout (Allison 1978, Bender 1975, Waldo 1967)

การผลิตไวน์

ไวน์ เป็นเมรัยที่ได้จากการหมักด้วยผลองุ่น ซึ่งต่อมาได้ใช้ผลไม้ชนิดอื่นด้วย เช่น ทำจากสับปะรด เมล็ดพืชบางชนิด ผลไม้บางอย่าง เป็นต้น แบ่งประเภทออกได้แตกต่างกัน เช่น เป็นไวน์แดง ไวน์ขาว หรือแบ่ง เป็นไวน์จากยุโรปและอเมริกา หรือแบ่งตามวิธีการหมัก โดยปกติแล้วไวน์จะเป็นเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ต่ำกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง เมื่อเปิดขวดไวน์แล้วจะเสี้ง่าย แต่ถ้าไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูง 14-23 เปอร์เซ็นต์ จะเก็บไว้ได้นาน (Waldo 1967)

การผลิตบรันดี

บรันดี เป็นสุรากลั่นจากไวน์ผลไม้ เช่น จากไวน์ที่ทำจาก raspberries, blackberries, pear, apple และ peach เป็นต้น อาจกลั่นโดยตรงหรือกลั่นแล้วผสมกับสุราชนิดอื่น มักมีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ระหว่าง 45-60 เปอร์เซ็นต์ เก็บไว้ในถังไม้ประมาณ 3-4 ปี ก่อนบรรจุขวด ซึ่งการเก็บไว้นานเกินไปก่อนบรรจุขวดก็จะทำให้บรันดีเสี้ง่าย ฉะนั้นจึงมีช่วงเวลาของการเก็บด้วย บรันดีที่มีชื่อได้แก่ บรันดีคอนยัคจากฝรั่งเศส

การผลิตยีน

ยีน เป็นสุราที่มีกลิ่นรสของผล juniper ซึ่ง เดิมลงไปหลังจากการกลั่นจากที่หมักพวกข้าวโพด มอลท์ และเมล็ดพันธุ์พืชต่างๆ แล้วกลั่นซ้ำอีกครั้ง จึงปรับปริมาณแอลกอฮอล์ ยีน "Gin" อาจมาจากคำว่า "Genièvre" ซึ่งเป็นภาษาฝรั่งเศสหมายถึง juniper berries ถ้าเป็น Dry Gin หมายถึงยีนชนิดที่ไม่หวาน ส่วน Sloe Gin จะเป็นสุราสีแดงเข้ม โดยเติมผล sloe berry ลงไปในยีน (Waldo 1967)

การเกิดอัลดีไฮด์และฟูเซลออยล์

อัลดีไฮด์

ในขบวนการหมักของแอลกอฮอล์ จะมีอาซีตัลดีไฮด์เกิดขึ้นเป็นสารพลอยได้เสมอ (ดังภาพที่ 2) Kielhofer and Wurdig (1960 B) ได้แสดงให้เห็นว่า ในการทำไวน์ เมื่อมี

การ เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงไปก่อนการหมักจะทำให้เกิดอัลดีไฮด์สูงชัน และจะเกิดอัลดีไฮด์สูงมากถ้า เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระหว่างการหมัก ทั้งยังได้เน้นให้เห็นว่า จะเกิดอัลดีไฮด์ในปริมาณที่สูงมาก ถ้ายังหมักไว้นานไม่ได้ที่ แล้วผ่านอากาศเข้าไป ในเมื่อมีตัวเชื้อยีสต์ที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และได้สรุปไว้ว่าสารปฐมภูมิที่เป็นต้นกำเนิดของอัลดีไฮด์มาจาก enzymatic processes นั่นคือ เมื่อขณะที่มียีสต์อยู่ในหมักที่หมักเสร็จใหม่ ๆ จะมีปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ต่ำ เพราะในการผลิตมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ด้วย ซึ่งจะเป็นตัวยึดอัลดีไฮด์ไว้ แต่พอเก็บไว้นานเข้า ปริมาณอัลดีไฮด์จะสูงมากขึ้น Amerine (1958) และ Ough and Amerine (1958) ได้รายงานไว้ว่า จะมีปริมาณอัลดีไฮด์สูงถึง 1,000 ppm เมื่อ Saccharomyces beticus กำลังเจริญเติบโตในภาวะที่มีอากาศก่อกัดคั้นพอเพียง และมีการคน (stir) การเกิดอะซีตัลดีไฮด์ชั่วคราวนี้ทำให้ไวน์มี "faded" odor

ปฏิกิริยาต่อเนื่องที่จะอธิบายถึงการเกิดอะซีตัลดีไฮด์ในขบวนการหมัก ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปอีกรูปแบบหนึ่ง ดังรูปภาพที่ 3 (Amerine 1960) โดยที่ระหว่างที่ hexose phosphate เปลี่ยนไปเป็น α -glycerophosphate และ 3-phosphoglycerate นั้นในระยะแรกเกิดขึ้นช้า เพราะว่ายังไม่มี acetaldehyde เกิดขึ้น α -glycerophosphate จะเปลี่ยนโดยตรงเป็น glycerol ส่วน 3-phosphoglycerate จะเปลี่ยนไปเป็น pyruvate ซึ่งถูก decarboxylate ไปเกิดอะซีตัลดีไฮด์ เมื่อเกิดอะซีตัลดีไฮด์มาก ๆ เข้า จะเกิดเป็นตัวรับไฮโดรเจนในรูปของ dehydroxyacetone phosphate ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ reduced coenzyme I (NADH) และเกิดเอทิลแอลกอฮอล์ในระหว่าง stationary phase จะเป็นเช่นนี้เสมอและมี glycerol เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าอะซีตัลดีไฮด์ถูกกำจัดออกด้วยสารพวกซัลไฟท์ จะทำให้เกิด glycerol เพิ่มขึ้น และปฏิกิริยาทั้งหมดนี้ กลับไปมาได้

1. glucose $\xrightarrow[\text{(Mg}^{++}, \text{ATP} \rightarrow \text{ADP)}]{\text{(hexokinase)}}$ glucose-6-phosphate
- 2a. glucose-6-phosphate $\xrightarrow[\text{(NADP} \rightarrow \text{NADPH} + \text{H}^+)]{\text{(glucose-6-phosphate dehydrogenase)}}$ 6-phosphogluconate \rightarrow hexose monophosphate
shunt system
2. glucose-6-phosphate $\xrightleftharpoons{\text{(phosphohexoisomerase)}}$ fructose-6-phosphate
- 2b. fructose $\xrightarrow[\text{(Mg}^{++}, \text{ATP} \rightarrow \text{ADP)}]{\text{(hexokinase)}}$ fructose-6-phosphate
3. fructose-6-phosphate $\xrightarrow[\text{(Neuberg ester) (Mg}^{++}, \text{ATP} \rightarrow \text{ADP)}]{\text{(phosphofructokinase)}}$ fructose-1,6-diphosphate
4. fructose-1,6-diphosphate $\xrightarrow[\text{(Zn}^{++}, \text{Co}^{++}, \text{Fe}^{++} \text{ or } \text{Ca}^{++})]{\text{(aldolase)}}$ D-glyceraldehyde-3-phosphate + dihydroxyacetone
phosphate
5. D-glyceraldehyde-3-phosphate $\xrightleftharpoons{\text{(Fischer-Baer ester) (triosphosphate isomerase)}}$ dihydroxyacetone-phosphate
- 5a. dihydroxyacetone-phosphate $\xrightarrow[\text{(NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}^+)]{\text{(D-glycerol phosphate dehydrogenase)}}$ L-D-glycerol phosphoric
acid
- 5b. L-D-glycerol phosphoric acid $\xrightleftharpoons{\text{(phosphatase)}}$ glycerol
6. D-glyceraldehyde-3-phosphate + H_3PO_4 $\xrightarrow[\text{(NAD}^+ \rightarrow \text{NADH} + \text{H}^+)]{\text{(triosphosphate dehydrogenase)}}$ 1,3-diphosphoryl-D-glycerate

7. 1,3-diphosphoryl-D-glycerate $\xrightleftharpoons[\text{(Mg}^{++}, \text{ADP} \rightarrow \text{ATP)}]{\text{(phosphorylglyceryl kinase)}}$ 3-diphosphoryl-D-glycerate
8. 3-diphosphoryl-D-glycerate $\xrightleftharpoons[\text{(2,3-diphosphoryl-D-glycerate)}]{\text{(phosphorylglyceryl mutase)}}$ 2-phosphoryl-D-glycerate
9. 2-phosphoryl-D-glycerate $\xrightleftharpoons[\text{(Mg}^{++})]{\text{(phosphoenolpyruvic transphosphorylase)}}$ phosphorylenolpyruvate
10. phosphorylenolpyruvate $\xrightleftharpoons[\text{(Mg}^{++}, \text{K}^+, \text{ADP} \rightarrow \text{ATP)}]{\text{(phosphoenolpyruvic transphosphorylase)}}$ pyruvate
11. pyruvate $\xrightleftharpoons[\text{TPP}]{\text{(carboxylase)}}$ acetaldehyde + CO₂
- 11a. pyruvate $\xrightleftharpoons[\text{(NADH + H}^+ \rightarrow \text{NAD}^+)]{\text{(lactic dehydrogenase)}}$ lactic acid
12. acetaldehyde $\xrightleftharpoons[\text{(NADH + H}^+ \rightarrow \text{NAD}^+)]{\text{(alcohol dehydrogenase)}}$ ethanol

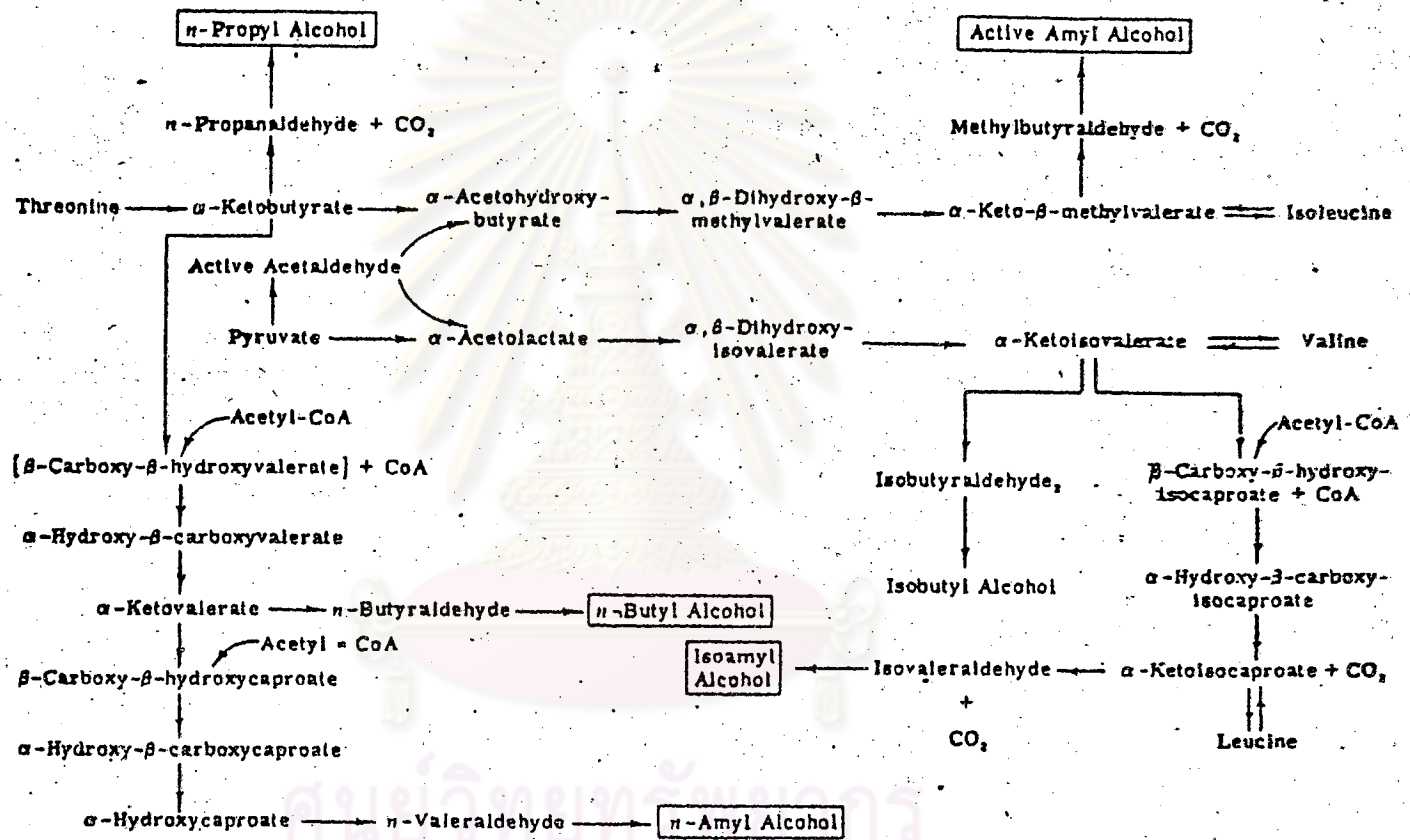
* Overall reaction :- C₆H₁₂O₆ + 2 ADP + 2 phosphate → 2 C₂H₃-CH₂-OH + 2 CO₂ + 2ATP + 2 H₂O

ฟูเซลอยล์

ฟูเซลอยล์ (Fusel Oil) ประกอบขึ้นด้วยสารที่ให้ flavor ที่อยู่ในเหล้าตั้งแต่เริ่มกลั่นใหม่ ๆ ซึ่งส่วนใหญ่สารเหล่านี้ได้แก่พวก higher alcohols และ esters ของอัลกอฮอล์เหล่านี้ (Woodman 1941) หรืออาจให้คำจำกัดความของฟูเซลอยล์ได้ว่า เป็นส่วนผสมของอัลกอฮอล์หลายชนิดที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตสุรา ส่วนประกอบที่สำคัญของ higher alcohols ได้แก่ Normal and isoamyl alcohols, Normal and isobutyl alcohols, Normal and isopropyl alcohols, ในปริมาณเล็กน้อย รวมทั้งเอสเทอร์ของอัลกอฮอล์เหล่านี้ (บุญรินทร์ 2510)

ดังที่กล่าวแล้วข้างต้นว่า ได้มีผู้ศึกษาถึงการเกิดพวกไฮเออร์อัลกอฮอล์ โดยใส่สารที่มีนิตภาพรังสีของ กอโคส ลูซีน และไอโซลูซีน ลงไปในการหมักสุรา พบว่า จะเกิดฟูเซลอยล์จากสารประกอบเหล่านี้ (Reazin et al, 1970) ดังแสดงในภาพที่ 5 (Webb and Ingraham 1963)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



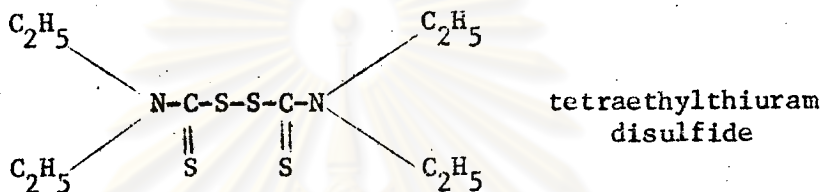
ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงการเกิดองค์ประกอบของฟูเซลออลที่สาคัญจากกรดอะมิโนในกระบวนการหมัก

พิษของอัลดีไฮด์และฟูเซลล์ออลด์

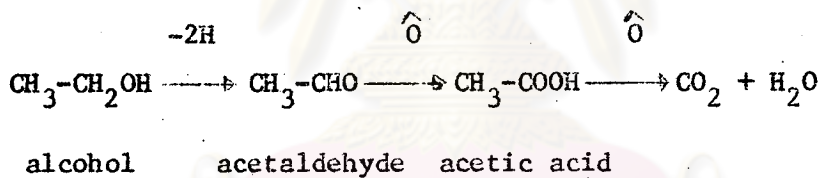
อัลดีไฮด์

ความสนใจในเรื่องพิษของอาชีพอัลดีไฮด์ในร่างกาย เพิ่งจะได้รับความสนใจเมื่อไม่กี่ปีมานี้เอง เนื่องมาจากการนำเอายา Antabuse มาใช้รักษาคนไข้ซึ่งเป็นโรคพิษสุรา

(alcoholism) โดยมีสูตรทางเคมีเป็น



ยาตัวนี้จะไปห้ามเอนไซม์ aldehyde dehydrogenase และทำให้เกิดการสะสมของอาชีพอัลดีไฮด์ขึ้นดังส่มการ



ซึ่งการสะสมของอาชีพอัลดีไฮด์นี้เองที่ทำให้คนไข้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย ตาพร่าและรู้สึกมึนงง ยาที่ใช้กับคนไข้ซึ่งต้องการงดสุรา เพราะว่าเมื่อคนไข้รับประทาน Antabuse เข้าไปในตอนเช้า จะควบคุมไม่ให้ดื่มสุราได้ทั้งวัน เนื่องด้วยไม่ต้องการอาการดังกล่าว แต่ผลที่ได้รับความไม่เป็นที่พอใจ เนื่องจากคนไข้จะกลับไปดื่มสุราอีกเมื่อมีโอกาส หรือมีสิ่งยั่ว (กฤดากร 2519, DuBois and Geiling 1959)

ความเป็นพิษของอาชีพอัลดีไฮด์สูงกว่า เอทิลอัลกอฮอล์และกรดน้ำส้ม โดยเปรียบเทียบ ค่า LD50 สำหรับหนู ซึ่งเอทิลอัลกอฮอล์จะมีค่า LD50 เป็น 9 - 10 กรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมของหนู ส่วนอาชีพอัลดีไฮด์จะมีค่า LD50 เป็น 1.93 กรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมของหนู (Williams 1959)

สำหรับผู้ที่มิได้รับประทานยาป้องกันหรือเพื่อรักษาโรคพิษสุราเรื้อรังนี้ แต่ดื่มสุราเข้าไปอย่างเดี๋ยว พิษของอัลกอฮอล์อย่างเดี๋ยวก็มีได้โดยตรงต่อเซลล์ของตับ เนื่องจากสารประกอบอะซีตัลดีไฮด์ ซึ่งเปลี่ยนมาจากอัลกอฮอล์ดังลุ่มการข้างต้น พวกที่ดื่มสุราเป็นประจำจึงปรากฏว่ามีระดับของอะซีตัลดีไฮด์ในเลือดได้รวดเร็วกว่าคนธรรมดา สารนี้เองจะเป็นพิษต่อสมองด้วย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหน้าที่ของเซลล์ประสาท เช่น มือสั่น (tremors) หรือชักกระตุก (seizures) เมื่อไม่ได้รับอัลกอฮอล์หรือเมื่อระดับของอัลดีไฮด์ในเลือดลดลง ทั้งนี้เชื่อกันว่า ในสมองมีสื่อเคมีเป็นสารพวก Catecholamine ใช้ในการถ่ายทอดระหว่างขุมทางประสาท สื่อเคมีนี้จะถูกออกซิไดส์โดยเอนไซม์ Amine Oxidase ให้กลายเป็น Aldehyde แล้วเปลี่ยนต่อไปเป็นกรดเช่นเดียวกับการเผาผลาญอัลกอฮอล์ ดังนั้นการมีอะซีตัลดีไฮด์ในเลือดสูงเนื่องจากอัลกอฮอล์อาจจะแข่งขันกับเมตาโบลิซึมของสื่อเคมีในสมอง ทำให้เอ็นไซม์ในสมองเปลี่ยนไป สมองจึงเกิดความเคยชินหรือต้องขึ้นอยู่กับยา (Drug dependence) เมื่อไม่ได้รับอัลกอฮอล์หรือเมื่อระดับอะซีตัลดีไฮด์ในเลือดลดลง การทำงานของสมองจะผิดปกติ มีอาการมือสั่น ชักกระตุกไม่สบาย คลื่นไส้ อาเจียน ใจคอสั่น อารมณ์หงุดหงิด (กฤดากร 2519)

จะเห็นได้ว่า ผู้ที่ดื่มสุราต้องได้รับพิษของอะซีตัลดีไฮด์แน่นอนจากผลของเมตาโบลิซึมของอัลกอฮอล์ และเมื่ออะซีตัลดีไฮด์เป็นสารพลอยได้จากการหมักอัลกอฮอล์ด้วยแล้วจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรทราบว่ามีปริมาณอะซีตัลดีไฮด์อยู่มากน้อยแค่ไหนในสุรานั้น ๆ

ฟูเซลอยล์

เนื่องจากพิษจากฟูเซลอยล์เกิดขึ้นจากพิษของสารหลายตัวรวมกัน อย่างไรก็ตาม อัลกอฮอล์ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มมากขึ้นในลักษณะที่เป็น primary aliphatic alcohols จะมีความเป็นพิษเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ขณะเดียวกันความแรงในการเสพติดก็เพิ่มมากขึ้นด้วย ฉะนั้นความเป็นพิษของ higher alcohols ทุกตัวจึงมากกว่าเอทิลอัลกอฮอล์ ขณะเดียวกันอิวทิลอัลกอฮอล์ จะมีความแรงในการระคายเคือง และฤทธิ์ในการกดประสาทส่วนกลางน้อยกว่า เอมีลอัลกอฮอล์ และความแรงของสารประกอบทั้งสองจะมีมากกว่าเอทิลอัลกอฮอล์ ค่า LD50 ของอิวทิลอัลกอฮอล์อยู่ระหว่าง 2.5 ถึง 6.5 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนัก

ของหนู ส่วนของเอมิธอัลกอฮอล์จะเป็น 1 ถึง 2 กรัมต่อกิโลกรัม (Gleason, Gosselin, Hodge and Smith 1969)

ไอของ n-amyl alcohol ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา และระบบการหายใจ ทำให้เวียนศีรษะ ไอ คลื่นไส้ อาเจียน ถ้ารับประทาน n-amyl alcohol จะทำให้เกิด Methemoglobinurea, Methemoglobinemia, Glycosurea เป็นต้น (Windholz, 1976 และ Gleason, Gosselin, Hodge and Smith 1969)

ถึงแม้ว่าพิษของสารประกอบที่รวมกันเป็นฟลูออโรออลกอฮอล์จะคล้ายคลึงกับเอทิลอัลกอฮอล์ แต่จะรุนแรงกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องจากไฮเออร์อัลกอฮอล์มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมากกว่า การเมตะโบไลซ์จะช้ากว่า และผลของการเมตะโบไลซ์ได้สารประกอบที่ต่างกัน ซึ่งทั้ง Normal propyl alcohol และ Isopropyl alcohol เป็นสารที่ห้ามรับประทาน (Gleason, Gosselin, Hodge and Smith 1969) อาการที่ปรากฏเมื่อรับประทานเข้าไปได้แก่ มีนงง ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ท้องเสีย ความดันลดลงต่ำ บางครั้งทำให้เกิด circulatory collapse อย่างรุนแรง อาจตายได้ด้วยการหายใจหยุด (Respiratory Arrest)

ในผู้ที่ดื่มสุราที่มีฟลูออโรออลกอฮอล์อยู่ด้วย จึงทำให้เกิดอาการเมาค้าง ปวดศีรษะ มีนงง ฯลฯ ดังกล่าวแล้วข้างต้น

การหาปริมาณของ อัลดีไฮด์และฟลูออโรออลในเครื่องดื่มที่มีอัลกอฮอล์

อัลดีไฮด์

ในการหาอัลดีไฮด์โดยประมาณ หรือเพื่อดูว่ามีอัลดีไฮด์ในสุรานั้น ๆ หรือไม่ อาจทำได้โดยให้ทำปฏิกิริยากับ Schiff's reagent ได้สารละลายที่มีสี ก็จะบอกได้โดยประมาณว่ามีอัลดีไฮด์หรือไม่ (Pearson 1962)

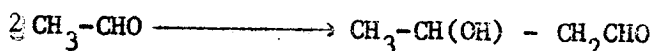
ในการหาปริมาณอัลดีไฮด์โดยอาศัยปฏิกิริยาของอัลดีไฮด์กับ bisulfite ion มีวิธีทำได้ 2 แบบ คือ วิธีโดยตรง และ วิธีโดยทางอ้อม

1. วิธีทางตรง โดยเติมสารละลายไฮโซลไฟท์มากเกินไปจนพอลงในตัวอย่างให้ทำปฏิกิริยากับอัลดีไฮด์ในสภาพที่เป็นกลาง ก๊าซปริมาณไฮโซลไฟท์ที่มากเกินไปพอลงโดยทำสารละลายให้เป็นกรด แล้วดีเตรดไฮโซลไฟท์ที่ถูกปล่อยออกมาจากสารประกอบอัลดีไฮด์ - ไฮโซลไฟท์ในสภาพที่เป็นต่าง ด้วยสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน (Guymon and Crowell 1963) วิธีทางตรงนี้มีวิธีการซึ่งแยกหาระหว่างอัลดีไฮด์ในสภาพอิสระและอัลดีไฮด์ทั้งหมด คือระหว่างอาซีตัลดีไฮด์ในสภาพอิสระรวมทั้งอาซีตัลดีไฮด์ที่รวมกับไฮโซลไฟท์แล้ว และอาซีตัลดีไฮด์ที่รวมอยู่กับอัลกอฮอล์เป็นอาซีตัล วิธีการแยกหาสองอย่างนี้ทำโดยใช้วิธีแยกกันสองวิธี ใช้สารเคมีเหมือนกันและปริมาณเท่ากัน แต่มีการเปลี่ยนลำดับการเติมสารเคมี

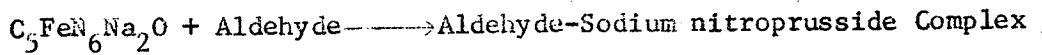
2. วิธีทางอ้อม โดยเติมสารละลายไฮโซลไฟท์มากเกินไปจนพอลงในตัวอย่างที่มีอัลดีไฮด์ หลังจากปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์แล้ว ดีเตรดสารละลายไฮโซลไฟท์ที่มากเกินไปด้วยสารละลายมาตรฐานไอโอดีน (AOAC 1975) วิธีนี้ไม่เหมาะกับตัวอย่างที่มีการประกอบไฮโซลไฟท์อยู่แล้ว เช่น ในกรณีของไวน์และบรันดีบางชนิด Guymon and Nakagiri (1957) กล่าวว่าวิธีทางอ้อมนี้จะให้ผลถูกต้อง เฉพาะตัวอย่างที่มีอาซีตัลดีไฮด์ทั้งหมดอยู่ในสภาพอิสระ

วิธีดังกล่าวมาทั้งสองวิธีเป็นวิธีการซึ่งอาศัยการดีเตรด แต่อาจจะหาอัลดีไฮด์ได้โดยวิธี colorimetry โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารที่ให้สี เช่นทำปฏิกิริยากับ Fuchsin-sulphite Reagent (Woodman 1941) หรือให้ทำปฏิกิริยากับ Piperidine Solution ดังที่จะใช้ในการทดลองครั้งนี้ (Mofidi, Tonkaboni and Davoudzadeh 1976)

ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์หาปริมาณของอาซีตัลดีไฮด์ โดยการทำให้สารละลายที่กลั่นได้จากเครื่องต้มที่มีอัลกอฮอล์ ให้เป็นต่างเล็กน้อยด้วยสารละลายไฮเดียมอาซีเตท ซึ่งทำให้พวกอัลดีไฮด์หลุดแยกออกมาจากการรวมอยู่กับสารอื่น ๆ ซึ่งเกิดจากการ acetalization แม้แต่การรวมตัวกับเอทิลอัลกอฮอล์ (Amerine 1958) ซึ่งเกิดขึ้นที่ pH ต่ำ ๆ และให้อาซีตัลดีไฮด์ รวมทั้งอัลดีไฮด์อื่น ๆ เกิดเป็น Aldol ซึ่งละลายได้ดีในอัลกอฮอล์ (Brady 1971, Kirk-Othmer 1947)



เมื่อเติมสารละลาย sodium nitroprusside ลงไป จะไปยึดจับพวกอัลดีไฮด์ (Windholz 1976)



จากนั้นทำให้เกิดสีกับ piperidine $C_5H_{11}N$

เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีเร็วมากและสีจางไปโดยเร็ว Mofidi, Tonkaboni and Davoudzadeh ได้ทดลองแล้วว่า สีที่เกิดมีความเข้มข้นของสีมากที่สุด เมื่อเวลาผ่านไป 40 ถึง 50 วินาที หลังจากเติม piperidine ลงไป ฉะนั้นทุก ๆ ตัวอย่าง จะต้องวัดค่า Absorbance ในระยะเวลาเดียวกันทั้งหมด คือ 40 ถึง 50 วินาที วัด Absorbance ที่ความยาวคลื่น 546 nm. ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้น้ำเป็น Blank พบว่า ที่ความเข้มข้นของอาซีลดีไฮด์ 0.6 มิลลิกรัม ถึง 6 มิลลิกรัมในสารละลายเท่านั้น ซึ่งจะเป็นไปตามกฎของ Beer ซึ่งหมายถึง ความเข้มข้นของสารหรือสีที่เกิดขึ้นเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับค่า Absorbance (Mofidi, Tonkaboni, and Davoudzadeh 1976)

ฟูเชลลอยล์

วิธีหาปริมาณฟูเชลลอยล์ มีดังนี้

1. Allen-Marquardt Method วิธีนี้ได้ดัดแปลงสำหรับหาฟูเชลลอยล์ในเครื่องมือที่มีอัลกอฮอล์ ตั้งแต่ปี 1920 วิธีการอาศัยหลักการว่า ฟูเชลลอยล์สามารถแยกออกจากเอทิล-อัลกอฮอล์ได้โดยการสกัดด้วย Carbon tetrachloride ออกซิไดส์ฟูเชลลอยล์ ทำให้เป็นกรดแล้ววัดเตตราหาปริมาณกรดที่เกิดขึ้น
2. วิธี Colorimetric ใช้วิธีของ Kamarowsky 1903 คืออาศัยปฏิกิริยาของไอโซเออร์อัลกอฮอล์คือ isobutyl และ isoamyl alcohol กับ cyclic aldehyde ในกรดกำมะถันเข้มข้น ซึ่งจะเกิดสารมีสีขึ้น ในการปฏิบัติ วิธีนี้มีหลายวิธีโดยใช้ cyclic aldehyde ต่างกัน คือ

2.1 วิธีของ Royal Commission on Whisky and Potable Spirits (1909) อาศัยการเกิดสีจากปฏิกิริยาของ Furfural กับไฮเออร์อัลกอฮอล์ในกรดกำมะถัน

2.2 ใช้ $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ - dimethyl - aminobenzaldehyde (Boruff 1961) เป็น Color reagent

2.3 ใช้ 4 - hydroxybenzaldehyde - 3 - sulfonic acid เป็น Color reagent (Schoeneman 1963) วิธีนี้ดัดแปลงจากวิธี Mather-Schoeneman (1956)

วิธี Colorimetric จะไม่ให้ผลการทดสอบกับ n-Propyl alcohol

3. การหาปริมาณฟูเซลอยล์โดยใช้วิธี gas chromatography วิธีนี้สามารถแยกหาปริมาณฟูเซลอยล์แต่ละชนิด มีผู้ศึกษาใช้ column ต่าง ๆ กัน Kahn et al. (1968) อธิบายถึง single GLC column ซึ่งใช้แยกฟูเซลอยล์ที่สำคัญทั้งหมดได้อย่างรวดเร็ว และโดยไม่ต้องมีการสกัดหรือทำตัวอย่างให้เข้มข้นก่อนโดยใช้ column บรรจุด้วย 1, 2, 6-hexanetriol 2% และ glycerol 2% ในอัตราส่วน 1:1 ผลการทดสอบสอดคล้องกันกับวิธี Colorimetric ของ AOAC และยังใช้หาองค์ประกอบอื่นคือ อาซิอัลดีไฮด์ อาซิอัลเอทิลอาซิเตทและเอทิลแลคเตทได้ด้วย Martin et al. (1963) แนะนำวิธีการหาฟูเซลอยล์โดยแยกด้วยวิธี GLC ใน column ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ซึ่งมี 20% Ucon polar เป็น liquid phase Gas Chrom P เป็น solid support และใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสตลอด นอกจากนี้ใช้ column เดียวยังมีการใช้ column สองอัน Vollbrecht and Radler (1973) หาปริมาณไฮเออร์อัลกอฮอล์โดยวิธี Gas chromatography โดยสกัดตัวอย่างเข้าไปโดยตรง ไม่ต้องมีการสกัดหรือทำให้บริสุทธิ์ก่อน เขาใช้ column ทำด้วยเหล็กบรรจุด้วย 1, 2, 6-hexanetriol และ glycerol 2% และ Chromosorb W AW 60/80 column นี้ต่อกับ column อีกอันยาว 1 นิ้ว มี Carbowax 20 M 10% และ Chromosorb W AW 60/80/10% carrier gas ใช้ไนโตรเจนในอัตรา 30 มิลลิลิตร/นาที ไฮโดรเจน 17 มิลลิลิตร/นาที และอากาศ 300 มิลลิลิตร/นาที Injection temperature 135 องศาเซลเซียส detector temperature 150 องศาเซลเซียส basic column temperature 55 องศาเซลเซียส

หลังจากสกัดตัวอย่างแล้ว เพิ่มอุณหภูมิขึ้น 5 องศาเซลเซียส/นาที ให้ถึง 87 องศาเซลเซียส เมื่อเกิน 6.5 นาที หลังจากนั้น 15 นาทีจะสามารถแยกได้ peak ของอาซิอัลดีไฮด์ เอทิล-อาซิเตท เอทิลอัลกอฮอล์ n-propanol, isobutanol, n-butanol, 2-methyl-butanol, 3-methyl-butanol, n-amyl alcohol and ethyl lactate

ระหว่างวิธี official ของ AOAC กับวิธี GLC ผลจากการเปรียบเทียบโดยการศึกษาลูกรากสั้น 12 ตัวอย่าง โดย Brunelle (1967) กับคณะผู้ร่วมงาน 12 คน ปรากฏว่า ให้ผลแม่นยำเท่ากัน และจากการวิเคราะห์ลูกรากสั้น 26 ตัวอย่าง พบว่า วิธี GLC ไวกว่า และสามารถให้ผลแม่นยำสำหรับฟูเซลอยล์ 0 - 10 กรัม/100 ลิตร และยังสามารถหาสารพลอยได้อื่นที่สำคัญด้วย คือ เอทิลอาซิเตท อาซิอัลดีไฮด์ และเมทิลอัลกอฮอล์

ในการทดลองครั้งนี้ใช้วิธีใน AOAC 1975 โดยนำสารละลายอัลกอฮอล์ที่กลั่นได้จากเครื่องต้มที่มีอัลกอฮอล์แต่ละชนิดมาทำปฏิกิริยากับ cyclic aldehyde ซึ่งได้แก่ p-Dimethylaminobenzaldehyde กับ higher alcohol หรือฟูเซลอยล์ที่ละลายในกรดกำมะถันเข้มข้น ซึ่งจะมีสีเกิดขึ้น Absorbance วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 538 - 543 nm.

ตัวอย่างการหาปริมาณอัลดีไฮด์และฟูเซลอยล์ในเครื่องต้มที่มีอัลกอฮอล์ ที่ทำขึ้นในต่างประเทศ (Woodman 1941)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณอัลดีไฮด์และฟูเซลอยล์ในเครื่องต้มจากต่างประเทศบางชนิด

ชื่อสุรา	กรัมต่อ 100 ลิตร	
	อัลดีไฮด์	ฟูเซลอยล์
Genuine Gin	1.8	44.6
Genuine Rum	8.4	90.6
Cognac Brandy 10 yrs.	16.6	124.2
Genuine Scotch Whisky 8 yrs.	14.2	200.0

ผลการหาอัลดีไฮด์และฟูเซลอยล์ ในวิสกี้ของต่างประเทศที่เก็บไว้นานเป็นระยะ ๆ
(Woodman 1941)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณอัลดีไฮด์และฟูเซลอยล์ในเครื่องดื่มที่เก็บไว้ระยะต่างกัน

ชื่อสุรา	กรัมต่อ 100 ลิตร		
	อัลดีไฮด์	ฟูเซลอยล์	
Rye Whisky	- ใหม่	5.4	90.4
	- เก็บ 1 ปี	7.0	111.5
	- เก็บ 2 ปี	10.5	112.4
	- เก็บ 4 ปี	13.9	121.1
	- เก็บ 6 ปี	14.6	145.5
	- เก็บ 8 ปี	16.0	154.2
Bourbon Whisky	- ใหม่	3.2	100.9
	- เก็บ 1 ปี	5.8	110.1
	- เก็บ 2 ปี	8.4	110.1
	- เก็บ 4 ปี	11.0	123.9
	- เก็บ 6 ปี	11.9	135.3
	- เก็บ 8 ปี	12.9	143.5

จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาที่ผ่านไป ทำให้ค่าที่หาได้ของทั้งอัลดีไฮด์และฟูเซลอยล์สูงขึ้น
อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาพร้อมกับสารอื่น ๆ ที่มีในเครื่องดื่มที่มีอัลกอฮอล์แล้ว ปรากฏว่า ทั้งอัลดีไฮด์
และฟูเซลอยล์มีค่าสูงขึ้นไม่มากนัก (ดูภาพที่ 4 ประกอบ)

สำหรับสุราไทย ได้มีผู้วิเคราะห์สุราซึ่งผลิตขึ้นจากโรงงานสุราบางยี่ขัน เมื่อปี พ.ศ. 2497 (จากรายงานกิจกรรมของกรมวิทศาาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม) ดังนี้คือ

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณฟุเซลอยล์ในสุรา จากโรงงานสุราบางยี่ขัน

ชื่อสุรา	ฟุเซลอยล์ %
สุราขาว 28 ดีกรี	0.04
สุราผสมพญาค่าง	0.06
สุราผสมกรุงธน	0.03
สุราผสมนารายณ์	0.03
สุราผสมแม่โขง	0.02
สุราผสมบางกอก	0.01

ซึ่งสุราต่าง ๆ ดังกล่าวไม่ได้ผลิตแล้วในปัจจุบัน ยกเว้นสุราขาว 28 ดีกรี และสุราแม่โขง ซึ่งในปี พ.ศ. 2523 ได้มีการเปลี่ยนแปลงผู้ผลิต และได้มีการเปลี่ยนแปลงสูตรในการผลิตด้วย ซึ่งค่าสารประกอบในสุราต่าง ๆ อาจจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย

ได้มีผู้ศึกษาคุณสมบัติบางประการของสุรากลั่นที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย และได้หาค่าอัลดีไฮด์ และ ฟุเซลอยล์ ไว้ด้วยดังนี้ (สุคนธรักษ์ 2521)

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณวัสดุโอดีและฟูเซลลอยล์ในสุรากลั่นบางชนิดในประเทศไทย

ชนิดของสุรา	มก./1000 มล.	
	วัสดุโอดี	ฟูเซลลอยล์
สุรขาวชนิดที่ 1	4.45	900.65
สุรขาวชนิดที่ 2	3.63	1,676.86
สุรขาวชนิดที่ 3	2.20	1,651.71
สุรขาวชนิดที่ 4	7.70	1,968.72
สุรขาวชนิดที่ 5	9.13	2,272.74
สุรขาวชนิดที่ 6	2.12	1,393.54
สุรขาวชนิดที่ 7	8.30	1,709.67
สุราผสมเขียงขุนชนิดที่ 1	2.75	484.84
สุราผสมเขียงขุนชนิดที่ 2	5.17	1,224.00
สุราผสมเขียงขุนชนิดที่ 3	1.67	106.24
สุราผสมเขียงขุนชนิดที่ 4	0.44	665.60
สุราผสมชนิดที่ 1	1.26	12.03
สุราผสมชนิดที่ 2	0.94	4.95
สุราผสมชนิดที่ 3	0.677	14.57
สุราพิเศษชนิดที่ 1	1.93	113.90
สุราพิเศษชนิดที่ 2	1.86	62.76
สุราต่างประเทศชนิดที่ 1	3.13	985.48
สุราต่างประเทศชนิดที่ 2	4.18	637.09
สุราต่างประเทศชนิดที่ 3	4.12	936.77

จากงานสถิติและวิจัยของกองวิชาการกรมสรรพสามิต ปรากฏว่า

ปีงบประมาณ	2513	มีสุราเสียภาษีทั้งหมด	138,115,480	ลิตร
"	2514	"	142,477,740	"
"	2515	"	156,752,840	"
"	2516	"	195,546,440	"
"	2517	"	236,274,060	"

และยังมีสุราต่างประเทศที่นำเข้ามาในประเทศไทย คือ

ปีงบประมาณ	2513	มีสุราต่างประเทศเข้า	212,768.78	ลิตร
"	2514	"	113,508.70	"
"	2515	"	94,525.45	"
"	2516	"	123,891.75	"
"	2517	"	145,231.80	"
"	2518	"	130,743.41	"

จากกรมสรรพสามิตได้มีสถิติเกี่ยวกับการดื่มสุราทุกประเภทไว้ ทั้งสุราขาว สุราผสม และสุราอื่น ๆ ในระยะ 4 ปีที่ผ่านมา คือระหว่าง 2519 - 2522

พ.ศ.	2519	มีจำนวน	225,797,000	ขวด
พ.ศ.	2520	"	249,242,000	"
พ.ศ.	2521	"	294,866,000	"
พ.ศ.	2522	"	353,602,000	"

ปรากฏว่า เป็นสุราขาวเสียส่วนใหญ่ เช่น ปี พ.ศ. 2522 เป็นสุราขาวเสีย 251,680,000 ขวด และจังหวัดที่มีการดื่มสุรามากที่สุด ได้แก่ จังหวัดสุรินทร์ เฉลี่ยคนละ 16 ขวดต่อปี รองลงมาคือจังหวัดปราจีนบุรี คนละ 13 ขวดต่อปี จังหวัดที่ดื่มน้อยที่สุด คือ จังหวัดปัตตานี เพียงคนละ 0.9 ขวดต่อปี เพราะประชาชนส่วนใหญ่นับถือศาสนาอิสลามซึ่งห้ามดื่มสุรา

ส่วนการดื่มเบียร์ก็มีสถิติสูงขึ้นมากเช่นกัน คือ

พ.ศ.	2519	มีจำนวน	69,321,000	ขวด
พ.ศ.	2520	"	97,663,000	"
พ.ศ.	2521	"	102,009,000	"
พ.ศ.	2522	"	144,697,000	"

จากตัวเลขเหล่านี้ทำให้เห็นได้ว่า ปริมาณการบริโภคสุราของคนไทยมีมากพอควร และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี แต่เนื่องจากขบวนการผลิตสุราดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ยังเกิดสารพลอยได้อื่น ๆ ที่นอกเหนือไปจากอัลกอฮอล์ที่ต้องการแล้ว โดยเฉพาะสารอัลดีไฮด์ และฟูเซลอยล์ ซึ่งเป็นสาร เป็นพิษที่ทางสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมได้วางมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุรารุ่น (มอก. 39 - 2516) กำหนดขอบเขตปริมาณของสารทั้งสองไว้ไม่ให้เกินตัวเลขที่อาจเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

จึงสมควรที่จะทำการตรวจ และศึกษาค่าตัวเลขดังกล่าวในสุราทุกประเภทที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้รวบรวมเอาสุราเกือบทุกจังหวัดที่ราชอาณาจักรไทย เอาไว้ประมาณ 100 กว่าชนิดมาศึกษาหาปริมาณอัลดีไฮด์ และฟูเซลอยล์ สุราบางชนิดที่ไม่ได้ศึกษา เป็นเพราะโรงงานเลิกผลิตไป เช่น โรงงานสุราบางยี่ขัน เป็นต้น หรือสุราจากจังหวัดห่างไกล ซ้ำหาการศึกษาไม่ได้ทันเวลา เป็นต้น

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย