สารบัญ

บทที่ 1 **หน้า**

บทนำ 1

1.1 โภชนาการกับชีวเคมี 1

1.2 ประวัติการศึกษาด้านชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับโภชนาการ 1

1.3 ประเภทของสารอาหาร 3

1.3.1 สารอาหารหลักและสารอาหารรอง 3

1.3.2 สารอาหารที่ให้พลังงาน และสารอาหารที่ส่งเสริมระบบเมแทบอลิซึม 4

1.3.3 สารอาหารจำเป็นและสารอาหารไม่จำเป็น 4

1.4 หน่วยของพลังงาน 4

1.5 ความหิว ความอิ่ม และความอยากอาหาร 5

บทที่ 2

เอนไซม์และวิถีเมแทบอลิซึม 7

2.1 ปฏิกิริยาเคมี: การสลายและการสร้างพันธะโคเวเลนต์ 7

2.1.1 สมดุลเคมี 8

2.1.2 การเร่งปฏิกิริยา 9

2.2 เอนไซม์ 10

2.2.1 ความจำเพาะของเอนไซม์ 11

2.2.2 สภาวะในปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง 13

2.2.3 หน่วยของกิจกรรมของเอนไซม์ 15

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ 15

2.2.5 การวิเคราะห์หาค่าคงที่และอัตราเร็วสูงสุด 17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 2 **หน้า**

2.2.6 ความสำคัญของค่าคงที่ของมิเคลิส 19
2.2.7 อัลโลสเตอริกเอนไซม์ 20
2.2.8 ตัวยับยั้งเอนไซม์ 22
2.2.9 โคแฟกเตอร์ 25
2.2.10 ไรโบฟลาวิน และฟลาโวโปรตีน 28
2.2.11 นิโคตินาไมด์นิวคลิโอไทด์ 29
2.3 ชีวพลังงานศาสตร์ 31
2.3.1 ความสัมพันธ์ของผลต่างพลังงานอิสระและค่าคงที่สมดุล 33
2.3.2 การควบคู่พลังงาน 36
2.3.3 อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต สารพลังงานสูง 37
2.4 วิถีเมแทบอลิซึม 39
2.4.1 เมแทบอลิซึมและการเผาไหม้ 40
2.4.2 การดำเนินไปของชุดปฏิกิริยาของวิถีเมแทบอลิซึม 41

บทที่ 3

โภชนาการเชิงชีวเคมีของคาร์โบไฮเดรต 43
3.1 ชนิดของคาร์โบไฮเดรต 43
3.1.1 น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 44
3.1.2 น้ำตาลโมเลกุลคู่ 45
3.1.3 ออลิโกแซ็กคาไรด์ 47
3.1.4 พอลิแซ็กคาไรด์ 48
3.1.5 แป้งจากพืช 48
3.1.6 ไกลโคเจน 49

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 **หน้า**

3.2 การย่อยและการดูดซึมคาร์โบไฮเดรต 50

3.2.1 การย่อยแป้ง 51

3.2.2 การดูดซึมน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 53

3.2.3 คาร์โบไฮเดรตในระบบหมุนเวียนโลหิต 55

3.3 การบริโภคคาร์โบไฮเดรต 56

3.3.1 แหล่งของน้ำตาล 56

3.3.2 แหล่งของแป้ง 57

3.3.3 แหล่งของใยอาหาร 57

3.3.4 ความต้องการคาร์โบไฮเดรต 57

3.3.5 ค่าดัชนีน้ำตาล 58

3.3.6 ค่าดัชนีน้ำตาลแบบถ่วงน้ำหนัก 60

3.3.7 พลังงานที่ว่างเปล่า 61

3.4 ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต 62

3.4.1 อินซูลิน 62

3.4.2 กลูคากอน 64

3.4.3 อิพิเนฟริน 65

3.4.4 คอร์ติซอล 66

3.5 ภาวะไม่สมดุลของกลูโคส 67

3.5.1 ภาวะไฮโปไกลซีเมีย 67

3.5.2 ภาวะคีโตซิส 68

3.5.3 โรคเบาหวาน 68

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 **หน้า**

เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต 69

4.1 วิถีไกลโคไลซิส 69

4.1.1 การควบคุมวิถีไกลโคไลซิส 77

4.1.2 เส้นทางการเปลี่ยนแปลงของไพรูเวต 79

4.2 กลูโคนีโอเจเนซิส 80

4.2.1 ปฏิกิริยาของวิถีกลูโคนีโอเจเนซิสที่แตกต่างจากวิถีไกลโคไลซิส 82

4.2.2 การควบคุมวิถีกลูโคนีโอเจเนซิส 86

4.3 เมแทบอลิซึมของไกลโคเจน 89

4.3.1 การสังเคราะห์ไกลโคเจน 90

4.3.2 การสลายไกลโคเจน 92

4.3.3 การควบคุมการสังเคราะห์และการสลายไกลโคเจน 96

4.4 วิถีเพนโตสฟอสเฟต 98

4.4.1 การควบคุมวิถีเพนโตสฟอสเฟต 101

4.4.2 ภาวะพร่องเอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส 102

บทที่ 5

โภชนาการเชิงชีวเคมีของโปรตีนและกรดอะมิโน 105

5.1 กรดอะมิโนและโปรตีน 105

5.1.1 ประเภทของกรดอะมิโนตามโครงสร้าง 106

5.1.2 ประเภทของกรดอะมิโนจำแนกตามความจำเป็นต่อร่างกาย 108

5.2 การย่อยโปรตีนและการดูดซึมกรดอะมิโน 109

5.3 คุณภาพของโปรตีน 113

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 **หน้า**

5.3.1 ค่าคะแนนของกรดอะมิโน 113
5.3.2 อัตราส่วนการย่อย และอัตราส่วนประสิทธิภาพของโปรตีน 114
5.3.3 คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน 115
5.3.4 ค่าโปรตีนสุทธิที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ 115
5.3.5 ค่าความสามารถในการย่อยโปรตีนเทียบกับค่าคะแนนกรดอะมิโน 116
5.4 แหล่งอาหารโปรตีนคุณภาพ 117
5.4.1 แหล่งของกรดอะมิโน 117
5.4.2 แหล่งของโปรตีน 118
5.4.3 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนของร่างกาย 122
5.4.4 สมดุลของไนโตรเจน 124
5.5 ภาวะทุพโภชนาการของการขาดโปรตีน 124
5.5.1 ผลของการขาดโปรตีน 124
5.5.2 ผลของการได้รับโปรตีนมากเกินไป 127

บทที่ 6

เมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน 129
6.1 เมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน 129
6.1.1 การเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนในภาวะต่าง ๆ ของร่างกาย 129
6.1.2 เมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนในเนื้อเยื่อต่าง ๆ 130
6.2 การสลายกรดอะมิโน 131
6.2.1 การตัดหมู่แอลฟา-อะมิโนออกจากกรดอะมิโน 133
6.2.2 ปฏิกิริยาออกซิเดทีฟดีอะมิเนชัน 134
6.2.3 ปฏิกิริยาการตัดหมู่อะมิโนด้วยวิธีอื่น ๆ 136

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 6 **หน้า**

6.3 กรดอะมิโนที่เปลี่ยนเป็นกลูโคสและคีโตนบอดี 136
6.4 การสลายโครงคาร์บอนของกรดอะมิโน 137
6.4.1 โครงคาร์บอนของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนเป็นไพรูเวต 137
6.4.2 โครงคาร์บอนของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนเป็นแอลฟา-คีโตกลูทาเรต 137
6.4.3 โครงคาร์บอนของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนเป็นอะเซติลโคเอหรืออะซิโตอะซิเตต 141
6.4.4 โครงคาร์บอนของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนเป็นซัคซินิลโคเอ 142
6.4.5 โครงคาร์บอนของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนเป็นออกซาโลอะซิเตต 143
6.5 การกำจัดแอมโมเนียจากเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน 143
6.5.1 การขนส่งแอมโมเนียจากกล้ามเนื้อมายังตับ 144
6.5.2 วัฏจักรยูเรีย 145
6.5.3 ความบกพร่องของเอนไซม์ในวัฏจักรยูเรีย 148
6.6 การสังเคราะห์กรดอะมิโน 149
6.6.1 การสังเคราะห์กรดอะมิโนที่ใช้สารตั้งต้นเป็นแอลฟา-คีโตกลูตาเรต 151
6.6.2 การสังเคราะห์กรดอะมิโนที่ใช้สารตั้งต้นเป็น 3-ฟอสฟอกลีเซอเรต 152
6.6.3 การสังเคราะห์กรดอะมิโนที่ใช้สารตั้งต้นเป็นออกซาโลอะซิเตตและไพรูเวต 155
6.6.4 การสังเคราะห์ไทโรซีนที่มีสารตั้งต้นเป็นฟินิลอะลานีน 155
6.6.5 การสังเคราะห์กรดอะมิโนที่ไม่พบวิถีชีวสังเคราะห์ในมนุษย์ 157
6.7 โรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของเอนไซม์ที่ใช้ในการสลายกรดอะมิโน 160
6.7.1 ความบกพร่องของเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนฟีนิลอะลานีน 160
6.7.2 โรคที่เกิดจากความบกพร่องของเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนชนิดมีกิ่งก้าน 162

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 7 หน้า

โภชนาการเชิงชีวเคมีของลิพิด 163

7.1 ประเภทและโครงสร้างของลิพิด 163

7.1.1 กรดไขมัน 163

7.1.2 ไตรเอซิลกลีเซอรอล 167

7.1.3 กลีเซอโรฟอสฟอลิพิด 169

7.1.4 คอเลสเตอรอล 171

7.2 การย่อยลิพิด 172

7.3 การดูดซึมลิพิด 174

7.4 การขนส่งและการจัดเก็บลิพิด 176

7.5 แหล่งของน้ำมันและไขมันจากอาหาร 179

7.5.1 อาหารที่เป็นแหล่งของกรดไขมันอิ่มตัว 179

7.5.2 อาหารที่เป็นแหล่งกรดไขมันไม่อิ่มตัว 179

7.5.3 อาหารที่เป็นแหล่งของฟอสฟอลิพิด 184

7.6 ความต้องการไขมันของร่างกาย 184

7.7 โรคที่เกิดจากการบริโภคไขมัน 185

7.7.1 ผลของการได้รับไขมันน้อย 185

7.7.2 ผลของการได้รับไขมันมากเกินไป 186

บทที่ 8

เมแทบอลิซึมของไขมัน 193

8.1 การสลายลิพิดจากเซลล์เนื้อเยื่อไขมัน 193

8.2 การสลายกรดไขมันเพื่อให้ได้พลังงาน 196

8.2.1 การกระตุ้นโมเลกุลกรดไขมัน 196

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 8 **หน้า**

8.2.2 การขนส่งกรดไขมันผ่านเข้าไปในไมโทคอนเดรีย 196

8.2.3 การสลายกรดไขมันโดยวิถีเบตา-ออกซิเดชัน 197

8.3 คีโตนบอดี 200

8.3.1 การสังเคราะห์คีโตนบอดีในตับ 200

8.3.2 การใช้คีโตนบอดีเป็นแหล่งให้พลังงานในเนื้อเยื่ออื่น ๆ 202

8.3.3 การผลิตคีโตนบอดีมากเกินปกติ 203

8.4 การสังเคราะห์กรดไขมัน 204

8.4.1 การนำอะเซติลโคเอจากไมโทคอนเดรียออกสู่ไซโทพลาซึม 204

8.4.2 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนอะเซติลโคเอเป็นมาโลนิลโคเอ 205

8.4.3 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์กรดไขมัน 206

8.4.4 การเพิ่มความยาวของสายกรดไขมัน 208

8.4.5 การเติมพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมัน 209

8.4.6 การสังเคราะห์ไตรเอซิลกลีเซอรอล 209

8.4.7 ฮอร์โมนที่มีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไตรเอซิลกลีเซอรอล 211

8.5 เมแทบอลิซึมของคอเลสเตอรอล 212

8.5.1 การสังเคราะห์คอเลสเตอรอล 212

8.5.2 การสังเคราะห์กรดน้ำดี 217

8.5.3 การสังเคราะห์สเตียรอยด์เพื่อสร้างฮอร์โมน 219

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 9 **หน้า**

โภชนาการเชิงชีวเคมีของวิตามินและเกลือแร่ 221

9.1 ความสำคัญทางโภชนาการและการค้นพบวิตามิน 221

9.1.1 การค้นพบวิตามิน B_1 และการใช้คำว่าวิตามิน 221

9.1.2 การค้นพบวิตามิน C 222

9.1.3 การค้นพบวิตามิน A 223

9.1.4 การค้นพบวิตามิน D 223

9.1.5 การค้นพบวิตามิน E 224

9.1.6 การค้นพบวิตามิน K 224

9.2 วิตามินที่ละลายในน้ำ 226

9.2.1 วิตามิน B_1 226

9.2.2 วิตามิน B_2 228

9.2.3 วิตามิน B_3 230

9.2.4 วิตามิน B_5 231

9.2.5 วิตามิน B_6 232

9.2.6 วิตามิน B_7 234

9.2.7 วิตามิน B_9 236

9.2.8 วิตามิน B_{12} 238

9.2.9 วิตามิน C 240

9.3 วิตามินที่ละลายในไขมัน 241

9.3.1 วิตามิน A 241

9.3.2 วิตามิน D 245

9.3.3 วิตามิน E 247

9.3.4 วิตามิน K 249

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 9 **หน้า**

9.4 เกลือแร่ 253

9.4.1 แร่ธาตุหลักที่ร่างกายต้องการปริมาณมาก 254

9.4.2 แร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยแต่จำเป็นต้องได้รับ 257

9.4.3 สมดุลของสารน้ำและอิเล็กโทรไลต์ 262

9.4.4 สารน้ำและเกลือแร่เกิดความไม่สมดุลในร่างกาย 264

9.4.5 สมดุลกรด-เบสในร่างกาย 265

บทที่ 10

เมแทบอลิซึมของสารอาหารที่ให้พลังงาน 267

10.1 การหายใจแบบใช้ออกซิเจน 267

10.1.1 วัฏจักรกรดซิตริก 267

10.1.2 การควบคุมการทำงานของเอนไซม์ไพรูเวตดีไฮโดรจีเนสและวัฏจักรกรดซิตริก 272

10.2 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนและออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน 275

10.2.1 การถ่ายทอดอิเล็กตรอน 275

10.3 บูรณาการการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน 285

10.3.1 วิถีร่วมของสารอาหารทุกชนิด 285

10.3.2 การสลายคาร์โบไฮเดรตให้ได้พลังงาน 286

10.3.3 การสลายกรดไขมันและกรดอะมิโนเพื่อให้ได้พลังงาน 287

10.3.4 การสลายสารประกอบคีโตนเพื่อให้ได้พลังงาน 287

10.3.5 อวัยวะที่เกี่ยวข้องในเมแทบอลิซึมของสารอาหารที่ให้พลังงาน 287

10.4 การทำงานร่วมกันของอวัยวะภายใต้ภาวะเมแทบอลิซึม 290

10.4.1 ภายใต้ภาวะอิ่ม 290

10.4.2 ภายใต้ภาวะตื่นเต้นตกใจ 293

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 10 **หน้า**

10.4.3 ภายใต้ภาวะโรคเบาหวาน 293

10.4.4 การใช้พลังงานในภาวะการออกกำลังกาย 294

10.4.5 การใช้พลังงานในภาวะอดอาหาร 295

บทที่ 11

พฤกษเคมีในเชิงโภชนาการ

กรณีศึกษา : ฟลาโวนอยด์ในอาหารและคำกล่าวอ้างทางสุขภาพ.. 299

11.1 พฤกษเคมี.. 299

11.2 ประวัติการศึกษาสารฟลาโวนอยด์.. 300

11.3 โครงสร้างทางเคมีและการจัดจำแนกฟลาโวนอยด์.. 300

11.4 ชีวสังเคราะห์ของฟลาโวนอยด์.. 302

11.5 ฟลาโวนอยด์ในอาหาร.. 304

11.6 การดูดซึมฟลาโวนอยด์.. 305

11.7 ฟลาโวนอยด์ต่อสุขภาพ.. 307

11.8 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์.. 308

11.8.1 การดักจับทำลายอนุมูลอิสระ.. 308

11.8.2 ลดโอกาสการเกิดอนุมูลอิสระ.. 309

11.8.3 ปรับเปลี่ยนระดับการควบคุมการแสดงออกของยีนเพื่อตอบสนองต่ออนุมูลอิสระ... 309

11.9 การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของฟลาโวนอยด์ที่สัมพันธ์กับโภชนาการ.. 312

11.9.1 ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตในทางเดินอาหาร.. 312

11.9.2 ฤทธิ์ขัดขวางการดูดซึมน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในทางเดินอาหาร.. 312

11.9.3 ฤทธิ์ขัดขวางการดูดซึมลิพิด.. 313

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 11 **หน้า**

11.9.4 การออกฤทธิ์ในการลดการสังเคราะห์คอลเลสเตอรอลและลิโพโปรตีน..................... 313
11.9.5 ฤทธิ์ต้านการอักเสบของฟลาโวนอยด์.. 314
11.9.6 ฤทธิ์ฮอร์โมนเพศหญิง.. 315
11.9.7 ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส.. 316

บรรณานุกรม 318

ดัชนี 326