ผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด

สุพล เพ็ชรบัว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ สุพล เพ็ชรบัว ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.กวีญา สินธารา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

.....กรรมการ
(ดร.กวีญา สินธารา)

.....กรรมการ
(ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)

.....กรรมการ
(ดร.ธรรมนันทิกา แจ้งสว่าง)

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ดร.ศักดิ์ชาย พิทักษ์วงศ์)
วันที่ 19 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2558

กิตติกรรมประกาศ

สิ่งสำคัญที่ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้นั้น เกิดจากคำสั้น ๆ เพียงหนึ่งคำ คำ ๆ นั้นคือคำว่า “ครู” ของ ดร.กวีญา สินธารา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทาง ปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยอย่างถูกต้องและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกขอบคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ตลอดระยะเวลาของการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และสำเร็จได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์หลาย ๆ ท่าน ขอขอบพระคุณ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบ แก้ไข และวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณ ดร.สุกัญญา เจริญวัฒนะ และดร. สมพร ส่งตระกูล ที่กรุณาสั่งสอน ให้คำปรึกษา ประสบการณ์ ตลอดจนการช่วยเหลือด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมา จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณแม่สมคิด เพ็ชรบัว ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย รวมถึงพี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ที่ช่วยผลักดันและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอด ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จไปได้หากไม่ได้รับน้ำใจจากทุกท่าน จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สุพล เพ็ชรบัว

53910311: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา;
วท.ม. (วิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา)
คำสำคัญ: กล้วยน้ำว้า/ ความอดทนในการออกกำลังกาย/ ระดับกลูโคสในเลือด

สุพล เพ็ชรบัว: ผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้า ในระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด (ACUTE EFFECTS OF CARBOHYDRATE WITH *MUSA* (ABB GROUP) 'KLUAINAMWA' SUPPLEMENTATION DURING POST-EXERCISE RECOVERY ON ENDURANCE TIME AND BLOOD GLUCOSE LEVEL) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กวีญา สินธารา, วท.ด., เสกสรรค์ ทองคำบรรจง, วท.ด. 92 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบ ผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง ในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด กลุ่มตัวอย่างจำนวน 16 คน เป็นบุคคลที่ออกกำลังกายเป็นประจำ การวิจัยนี้เป็นแบบกึ่งทดลอง และมีแบบแผนการวิจัยเป็นแบบไขว้กลุ่ม เริ่มโดยผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายปั่นจักรยานตามโปรแกรม เพื่อลดระดับไกลโคเจน และเมื่อหยุดปั่นจักรยานจะพักเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทุก ๆ 30 นาที ในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย จะได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง ปริมาณ 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำปริมาณ 500 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง หลังจากครบ เวลาฟื้นตัว ผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นจักรยานระดับความหนัก 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนจนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้เกิน 1 นาที (60 รอบต่อนาที) เพื่อทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย บันทึกเวลาที่ผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นจักรยานได้ (นาที) โดยในการวิจัยนี้จะมีการวัดระดับกลูโคสในเลือดตามช่วงเวลาที่กำหนดทั้งหมด 8 ครั้งต่อการวิจัย ทำการเปรียบเทียบความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด ระหว่างการให้อาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง โดยใช้สถิติ Paired-samples t-test และ Repeated measures ANOVA ตามลำดับ กำหนดนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ .01

ผลการวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ซึ่งถอนตัวระหว่างการวิจัย 1 คน ผลการวิจัยพบว่า ระดับกลูโคสในเลือดในภาพรวมทั้ง 8 ครั้งของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม มีความแตกต่างกันของระดับกลูโคสที่สูงขึ้นหลังจากได้รับอาหารเสริมทั้ง 2 ชนิด และระดับกลูโคสในเลือดที่ลดลงหลังจากการทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย ซึ่งระดับกลูโคสในเลือดในช่วงเวลาฟื้นตัวหลังได้รับอาหารเสริมทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างกัน การเปรียบเทียบความอดทนใน การออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งนั้นไม่มีความแตกต่างกัน จากข้อมูลที่ปรากฏแสดงให้เห็นว่าอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าที่ได้รับในช่วงการฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย เป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพอาจจะสามารถนำกล้วยน้ำว้ามาใช้แทนอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งได้

53910311: MAJOR: EXERCISE AND SPORT SCIENCE;
M.Sc. (EXERCISE AND SPORT SCIENCE)
KEYWORDS: KLUAINAMWA/ ENDURANCE TIME/ BLOOD GLUCOSE

SUPON PECHBUA: ACUTE EFFECTS OF CARBOHYDRATE WITH *MUSA* (ABB GROUP) 'KLUAINAMWA' SUPPLEMENTATION DURING POST-EXERCISE RECOVERY ON ENDURANCE TIME AND BLOOD GLUCOSE LEVEL. ADVISORY COMMITTEE: KAWIYA SINTARA, Ph.D., SAKESAN TONGKHANCSONG, Ph.D. 92 P. 2015.

The purpose of this study was to compare the acute effects of ingesting *Musa* (ABB group) 'Kluai Namwa' banana (BAN) and a carbohydrate bar (CHO) on endurance time and blood glucose level during recovery period. Sixteen active adult males were participated in a randomized crossover quasi-experimental design. Subjects performed an exhaustive glycogen-depleting exercise followed by a 4-h recovery period. Every 30-min during the recovery period, participants ingested BAN or CHO (1.2 g carbohydrate/kg body weight/h) with drinking water (500 ml/h). After recovery period, participants performed the bicycle ergometer at 60% maximal oxygen consumption until they could no longer maintain the required RPM over a minute (60 RPM) and recorded the endurance time (minutes). In this research we measured blood glucose levels in a specified period of time, all 8 times/ supplement. The endurance time and blood glucose level during the supplementary BAN and CHO were analyzed by a paired samples t-test and repeated measures ANOVA. The significant level was set at .01.

The results were analyzed from 15 participants because 1 participant was dropped out during the research. The results showed that blood glucose levels in all 8 times were not different between BAN and CHO. However, blood glucose levels after the first time of BAN and CHO supplementations were increased, and significantly reduced after the endurance time test. The blood glucose levels between BAN and CHO supplementations during 4-h recovery period were not different. The endurance time between BAN and CHO supplementations was not different. In conclusion, from these results, 'Kluai Namwa' banana supplementation during the recovery period could be an effective energy source and used as a substitute for carbohydrate bar.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

สมมติฐานของการวิจัย..... 4

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 4

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 5

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

อาหารและโภชนาการ..... 7

สารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานในการออกกำลังกาย..... 8

การนำแหล่งพลังงานไปใช้ในการออกกำลังกาย..... 11

การฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย..... 17

3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 27

ประชากรและการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง..... 27

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... 28

วิธีการทดสอบที่ใช้ในการวิจัย..... 30

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย..... 32

การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 35

การวิเคราะห์ข้อมูล..... 35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	36
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	36
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	43
สรุปผลการวิจัย	43
อภิปรายผล	43
ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก	56
ภาคผนวก ก	57
ภาคผนวก ข	67
ภาคผนวก ค	77
ภาคผนวก ง	84
ภาคผนวก จ	87
ประวัติย่อของผู้วิจัย	92

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของคนปกติและกีฬาแต่ละชนิดของเพศชาย 15

2-2 ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายต่ำสุดและสูงสุด ในการออกกำลังกายจนหมดแรง 19

2-3 สารอาหารในอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง ยี่ห้อเพาเวอร์บาร์ ปริมาณ 100 กรัม 21

2-4 สารอาหารในกล้วยน้ำว้าสุก ปริมาณ 100 กรัม 23

3-1 ขั้นตอนที่ 1 รับสมัครอาสาสมัครตามเกณฑ์ที่กำหนดและคัดเลือกจากการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน 32

3-2 ขั้นตอนที่ 2 ชี้แจงรายละเอียดแบบบันทึกต่าง ๆ และทดสอบความสามารถพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย 33

3-3 ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการวิจัยที่ 1 และ 2 ตามรูปแบบการวิจัย 34

4-1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพ 37

4-2 ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุดและต่ำสุดของเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1) ของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO 37

4-3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกลูโคสในเลือด จำแนกตามอาหารเสริม (BAN) และ (CHO) ตามช่วงเวลาในการวิจัย 38

4-4 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของระดับกลูโคสในเลือด ระหว่าง BAN และ CHO 40

4-5 การทดสอบสมมติฐานความเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสในเลือด เมื่อมีการวัดซ้ำของ BAN และ CHO 41

ภาคผนวก จ-1 ค่าทำนายปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่สัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจขณะที่ปั่นจักรยานและน้ำหนักที่ใช้ถ่วงจักรยานวัดงานในเพศชาย 89

ภาคผนวก จ-2 ค่า Correction factor ตามอายุ สำหรับแก้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด 90

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิด..... 6

3-1 รูปแบบการวิจัย..... 33

4-1 ค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือด จำแนกตามอาหารเสริม (BAN) และ (CHO) ตามช่วงเวลาในการวิจัยทั้ง 8 ครั้ง..... 39

4-2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความอดทนในการออกกำลังกายจำแนกตามอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO)..... 42

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารและโภชนาการเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างเสริมสุขภาพของร่างกาย เนื่องจากร่างกายต้องการสารอาหารไปใช้ในการสร้างความเจริญเติบโตและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนั้นการรู้จักเลือกบริโภคอาหารที่หลากหลายและมีคุณค่าตามหลักโภชนาการย่อมเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาสุขภาพและสมรรถภาพของร่างกาย เมื่อนำอาหารต่าง ๆ มาวิเคราะห์ จะพบว่ามีสารประกอบอยู่มากมายหลายชนิดโดยอาศัยหลักคุณค่าทางโภชนาการทำให้มีการจัดสารประกอบต่าง ๆ ในอาหารออกเป็น 6 ประเภท คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ สารประกอบทั้ง 6 ประเภทนี้ เรียกว่า สารอาหาร (เสาวนีย์ จักรพิทักษ์, 2541) ซึ่งการทำงานของร่างกายจะเป็นปกติได้ต่อเมื่อได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักกีฬา เป็นกลุ่มคนที่ต้องใช้พลังงานและสมรรถภาพของร่างกายกายอย่างมาก ทั้งในการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬา ซึ่งแหล่งพลังงานหลักขณะออกกำลังกายได้จากสารอาหารหลัก 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมันและเนื่องจากคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานรวดเร็วกว่าไขมันอีกทั้งพบว่าสามารถช่วยในการฟื้นตัวของนักกีฬาหลังออกกำลังกาย ดังนั้นพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตจึงเป็นพลังงานหลักที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพขณะออกกำลังกายและแข่งขันกีฬา (กัลยา กิจบุญชู, 2551)

ในทางสรีรวิทยาพบว่า ร่างกายเก็บสะสมสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในรูปของไกลโคเจนไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อ ร่างกายสามารถเก็บสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อได้ในปริมาณที่จำกัดโดยมีปริมาณน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมดที่เก็บสะสมในร่างกาย (McArdle, Katch & Katch, 2001) ในขณะออกกำลังกายร่างกายจะใช้แหล่งพลังงานจากสารอาหารที่แตกต่างกัน โดยสัมพันธ์กับความหนักและระยะเวลาในการออกกำลังกาย เมื่อมีการเพิ่มความหนักและระยะเวลาของการออกกำลังกาย ร่างกายจะใช้แหล่งพลังงานจากสารอาหารคาร์โบไฮเดรตมากขึ้น (van Loon, Greenhaff, Constantin-Teodosiu, Saris, & Wagenm, 2001) ทำให้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญและใช้เป็นพลังงานมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางจนถึงระดับความหนักสูง (Romijn et al., 1993) และส่งผลให้ระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลง (Costill & Hargreaves, 1992) เมื่อปริมาณไกลโคเจนลดระดับลงไปเรื่อย ๆ ส่งผลทำให้เกิดการเมื่อยล้าและไม่สามารถ

ออกกำลังกายต่อไปได้ ดังนั้นการทำให้ไกลโคเจนมีปริมาณสูงในกล้ามเนื้อจึงเป็นการเพิ่มระยะเวลาและประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย (van Loon et al., 2001) ระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะกลับคืนสู่ภาวะปกติหลังออกกำลังกายภายในเวลา 24 ชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับการได้รับสารอาหารคาร์โบไฮเดรตอย่างเพียงพอ (Burke et al., 1995; Costill et al., 1981) หลังจากการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรต ระดับกลูโคสในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอินซูลิน อินซูลินทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดการสร้างไกลโคเจน อินซูลินจะกระตุ้นให้นำกลูโคสมาสร้างไกลโคเจนโดยการเพิ่มการสร้างเอนไซม์ Glycogen synthase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ (Ivy, 1998) ในปัจจุบันการจัดการแข่งขันกีฬานั้นมีความต่อเนื่องมากขึ้น นักกีฬามีการแข่งขันกีฬาหลายประเภท หลายวันติดต่อกันหรือต่อเนื่องภายในวันเดียวกัน นักกีฬาจำเป็นต้องฟื้นฟูไกลโคเจนกลับคืนอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย (Burke, Loucks & Broad, 2006) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณสารอาหารคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในการฟื้นฟูไกลโคเจนในระยะสั้นที่ควรบริโภค คือ 0.8-1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง โดยบริโภคทุก ๆ 15-30 นาที ในช่วงระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกายเป็นเวลาอย่างน้อย 4-6 ชั่วโมง (van Loon, Saris, Kruijshoop, & Wagenmakers, 2000; Betts, Williams, Duffy, & Gunner, 2007; Berardi, Noreen, & Lemon, 2008; Beelen, Burke, Gibala, & van Loon, 2010) ดังนั้นการฟื้นฟูไกลโคเจนในกล้ามเนื้อให้กลับสู่ภาวะปกติได้เร็วที่สุดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยรักษาประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬาที่ช่วยฟื้นตัวหลังออกกำลังกายมีหลายประเภทและเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เช่น อาหารและเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา (Sport supplements) เช่น Sports drink, Sports gels และ Sports bar ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ออกแบบมาเพื่อช่วยชดเชยน้ำ อิเล็คโตรไลต์ที่สูญเสียไปและช่วยเติมแหล่งพลังงานหลักโดยเฉพาะจากคาร์โบไฮเดรตและสารอาหารประเภทอื่น ๆ ให้แก่ร่างกาย จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าอาหารและเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา ช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจนหลังออกกำลังกาย และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายที่มีระยะเวลานาน (Pascoe, Costill, Fink, Robergs, & Zachwieja, 1993; Casa, 2000; Brink-Elfegoun et al., 2014) นอกจากผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬาแล้วเป็นที่น่าสนใจว่า ผลไม้ และผลิตภัณฑ์จากนมยังสามารถช่วยในกระบวนการฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ตัวอย่าง เช่น Karp et al. (2006) และ McLeay et al. (2012) พบว่า นมช็อคโกแลตและน้ำบูลเบอรี่ปั่นช่วยในการฟื้นตัวและเพิ่มความอดทนในการออกกำลังกาย และยังมีงานวิจัยอีกจำนวนมากได้ศึกษาประโยชน์ของกล้วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของการออกกำลังกายอาทิ เช่น Nieman et al. (2012) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาและกล้วยหอมในนักกีฬาจักรยาน โดยให้นักกีฬาปั่นจักรยานระยะทาง 75

กิโลเมตร พบว่าประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนไม่แตกต่างกันในทั้งสองกลุ่ม ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งเพราะงานวิจัยฉบับนี้เป็นแนวทางชี้ให้เห็นว่าเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันนั้นมีผลไม่แตกต่างกันกับอาหารที่ได้จากธรรมชาติ นอกจากนี้กล้วยหอมยังเพิ่มความอดทนในการออกกำลังกายในนักไตรกีฬา (Murdoch, Bazzarre, Snider, & Goldfarb, 1993) และยังมีการศึกษาของ Mitchell, Braun, Pizza and Forrest (2000) เมื่อให้นักกีฬากรีฑาบริโภคกล้วยก่อนออกกำลังกาย แล้ววิ่งระยะทาง 10 กิโลเมตร พบว่า กล้วยมีส่วนช่วยเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายที่มีระยะเวลานานและมีความหนักสูง จากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับอาหารจากธรรมชาติแสดงให้เห็นว่า อาหารและเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันนั้นมีผลไม่แตกต่างกันกับอาหารที่ได้จากธรรมชาติที่มีความปลอดภัยและราคาถูก

กล้วย จัดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักที่สำคัญขณะออกกำลังกายอีกทั้งยังมีวิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิดที่จำเป็นต่อการฟื้นตัวของนักกีฬา กล้วยที่ปลูกและให้ผลผลิตมากที่สุดในประเทศไทย คือกล้วยน้ำว้า (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545) จากรายงานพบว่ากล้วยน้ำว้า *Musa* (ABB group) ‘Kluai Namwa’ ให้พลังงานมากที่สุดต่อปริมาณ 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมและกล้วยไข่ (สุทธิชัย ปทุมล่องทอง, 2554) ในอาหารต่าง ๆ จะมีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic index) เป็นอัตราการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตต่อระดับน้ำตาลในเลือด (Jenkins et al.,1981) ในกล้วยสุกมีค่าดัชนีน้ำตาล ประมาณ 58-70 (Foster-Powell, Holt & Brand-Miller, 2002) ซึ่งค่าดัชนีน้ำตาลของกล้วยอยู่ในระดับปานกลางสอดคล้องงานวิจัยของ Wright (2005) พบว่าอาหารที่เหมาะสำหรับการฟื้นสมรรถภาพของร่างกายและเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจนและใช้เวลาน้อยกว่า 8 ชั่วโมง คืออาหารคาร์โบไฮเดรตที่มีค่าดัชนีน้ำตาลระดับปานกลางและระดับสูง ซึ่งค่าดัชนีน้ำตาลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดอาหารสำหรับนักกีฬาในช่วงเวลาก่อน ระหว่าง และหลังการแข่งขันเพื่อช่วยให้นักกีฬามีความอดทนและฟื้นตัวได้เร็วขึ้นหลังออกกำลังกาย นอกจากนี้ กล้วยน้ำว้ามีธาตุเหล็กมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ (ริญ เจริญศิริ และรัชนี คงคาฉุยฉาย, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับข้อแนะนำสำหรับนักกีฬาประเภทใช้ความอดทนสูงหรือออกกำลังกายเป็นเวลานาน ควรเพิ่มการบริโภคอาหารที่มีธาตุเหล็กมากขึ้น 70 เปอร์เซ็นต์ (McGuire & Beerman, 2013) เนื่องจากธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานให้เซลล์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ (สุวิมล ตัณฑ์สุภศิริ, 2551) กล้วยน้ำว้ามีโพแทสเซียมสูง (ริญ เจริญศิริ, ชนิลเนตร ต่อสหะกุล และรัชนี คงคาฉุยฉาย, 2551) โพแทสเซียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาท และปรับระดับน้ำในร่างกายให้สมดุล (สุธาทิพ ภมรประวัติ, 2549) งานวิจัยของ Miller (2012) พบว่าเมื่อบริโภค

กล้วยหอมระหว่างการออกกำลังกาย ระดับโพแทสเซียมและน้ำตาลกลูโคสในเลือดมีปริมาณสูงขึ้น สารอาหารในกล้วยมีบทบาทสำคัญที่จะช่วยทำให้การออกกำลังกายและการแข่งขันกีฬามีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีประโยชน์ต่อหลาย ๆ ชนิดกีฬาที่ให้ความสำคัญกับคาร์โบไฮเดรตในช่วงก่อน ระหว่างและหลังการแข่งขัน เช่น บาสเกตบอล ว่ายน้ำ เป็นต้น

จากข้อมูลที่กล่าวมา ผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของการช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวหลังออกกำลังกายหรือการแข่งขันที่มีช่วงระยะพักน้อย เพื่อให้ร่างกายมีการเติมเต็มไกลโคเจนที่เสียไปและทำให้การออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬาในช่วงถัดไปทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีความสนใจที่จะศึกษาผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด
2. เพื่อเปรียบเทียบความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือดระหว่างการให้อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง

สมมติฐานของการวิจัย

1. กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งมีระดับกลูโคสในเลือดแตกต่างกัน
2. กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งมีความอดทนในการออกกำลังกายแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อนำความรู้ที่ได้เกี่ยวกับการเสริมคาร์โบไฮเดรตกับการออกกำลังกายไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่บุคคลทั่วไป ผู้ออกกำลังกาย นักกีฬาและผู้ฝึกสอนกีฬา
2. เพื่อเป็นแนวทางการส่งเสริมการบริโภคผลไม้ไทย และช่วยเพิ่มมูลค่าของกล้วยน้ำว้า
3. เพื่อเป็นแนวทางหรือตัวเลือกสำหรับผู้ออกกำลังกายและนักกีฬา ในการใช้อาหารเสริมที่ได้จากธรรมชาติ หาซื้อได้ง่ายและราคาถูกทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ออกกำลังกายเป็นประจำ เพศชาย อายุระหว่าง 20-25 ปี จำนวน 16 คน โดยการเลือกอย่างเจาะจงจากการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ระดับ 43-52 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที แต่ละคนเป็นอาสาสมัครที่เข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ด้วยความเต็มใจ และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตัวแปรที่ใช้ศึกษาประกอบด้วย

1. ตัวแปรต้น
   1.1 อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า
   1.2 อาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง
2. ตัวแปรตาม
   2.1 ความอดทนในการออกกำลังกาย
   2.2 ระดับกลูโคสในเลือด

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า *Musa* (ABB group) 'Kluai Namwa' (BAN) หมายถึง กล้วยน้ำว้าสุกระดับ 6 ในกล้วยน้ำว้าผลสุก 100 กรัม มีส่วนประกอบดังนี้ ใยอาหาร 2.83 กรัม พลังงาน 122 แคลอรี คาร์โบไฮเดรตรวม 46.24 กรัม ไขมัน 0.2 กรัม โปรตีน 0.8 กรัม แคลเซียม 5.65 มิลลิกรัม โซเดียม 4.71 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 30 มิลลิกรัม เหล็ก 0.28 มิลลิกรัม วิตามินเอ 2.59 Retinol Equivalent (R.E.) วิตามินบี 1 0.05 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.03 มิลลิกรัม วิตามินซี 7.54 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 192.22 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 31.09 ไมโครกรัม แมกนีเซียม 23.56 มิลลิกรัม ทองแดง 0.09 มิลลิกรัม ซิลิเนียม 0.3 ไมโครกรัม สังกะสี 0.09 มิลลิกรัม (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2556) โดยใช้ในการวิจัยครั้งนี้ปริมาณ 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง

2. อาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO) ยี่ห้อเพาเวอร์บาร์ โดยใช้ในการวิจัยครั้งนี้ปริมาณ 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง เพาเวอร์บาร์ปริมาณ 100 กรัม มีส่วนประกอบดังนี้ ใยอาหาร 2 กรัม พลังงาน 369.23 แคลอรี คาร์โบไฮเดรต 30.76 กรัม น้ำตาล 38.46 กรัม ไขมัน 4.61 กรัม โปรตีน 12.30 กรัม โซเดียม 307.69 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 400 มิลลิกรัม (PowerBar® Performance Energy Bar, INC., BOISE,

USA)โดยใช้ในการวิจัยครั้งนี้ปริมาณ 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง

3. ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน $\dot{V}O_{2max}$ หมายถึง ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อ 1 นาที (มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที) โดยในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีทดสอบของ Astrand-Rhyming test (Astrand, Rodahl, Dahl, & Stromme, 2003)

4. ความอดทนในการออกกำลังกาย (Endurance Time: ET) หมายถึงระยะเวลาที่กลุ่มตัวอย่างสามารถปั่นจักรยานในความหนักของงานที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ จนถึงจุดที่ไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานเกิน 1 นาที มีหน่วยเป็นนาที

5. ระดับกลูโคสในเลือด (Blood glucose) หมายถึง ค่าของกลูโคสในเลือดที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่างเลือดทางปลายนิ้วในช่วงเวลาที่กำหนด โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์กลูโคส (ACCU-CHEK®, Performa, USA) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

6. ระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย (Post-exercise recovery) หมายถึง ช่วงเวลาของการฟื้นตัวของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายในเวลา 4 ชั่วโมง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรต้น		ตัวแปรตาม
1. กล้วยน้ำว้า	⇨	1. ความอดทนในการออกกำลังกาย
2. คาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง		2. ระดับกลูโคสในเลือด

ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิด

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาสาระเนื้อหาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับหัวข้อดังนี้

1. อาหารและโภชนาการ
2. สารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานในการออกกำลังกาย
3. การนำแหล่งพลังงานไปใช้ในการออกกำลังกาย
   3.1 ระบบพลังงานในการออกกำลังกาย
   3.2 การใช้พลังงานในการออกกำลังกาย
   3.3 ความอดทนในการออกกำลังกาย
4. การฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย
   4.1 การฟื้นฟูไกลโคเจนในกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย
   4.2 ผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬาที่ช่วยฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย

อาหารและโภชนาการ

อาหารและโภชนาการเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างเสริมสุขภาพในบุคคลทั่วไปและนักกีฬา ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต เพราะร่างกายของมนุษย์ต้องการสารอาหารต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้สร้างความเจริญเติบโตและเป็นองค์ประกอบที่ช่วยการพัฒนาการอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย อาหารจึงเป็นปัจจัยหลักของการมีสุขภาพดี เพราะฉะนั้นการรู้จักเลือกบริโภคอาหารให้ครบ 5 หมู่ และมีความหลากหลาย ถูกสุขลักษณะ มีคุณค่าตามหลักโภชนาการย่อมเป็นพื้นฐานในการพัฒนาสุขภาพ (ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน, 2556) โดยเฉพาะในนักกีฬาเป็นกลุ่มบุคคลที่ต้องใช้พลังงานและสมรรถภาพของร่างกายมากกว่าคนปกติ ทั้งในด้านการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬา ดังนั้นอาหารและโภชนาการเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาให้มีประสิทธิภาพ เมื่อนักกีฬาบริโภคอาหารที่ถูกต้องเหมาะสมตามหลักโภชนาการ ส่งผลให้นักกีฬามีสภาพร่างกายที่สมบูรณ์มีความพร้อมสำหรับการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬา เมื่อนำอาหารต่าง ๆ มาวิเคราะห์พบว่า มีสารประกอบอยู่หลายประเภท โดยอาศัยหลักคุณค่าทางโภชนาการทำให้มีการจัดสารประกอบต่าง ๆ ในอาหารออกเป็น 6 ประเภท คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ สารประกอบทั้ง 6 ประเภทนี้ เรียกว่า สารอาหาร (เสาวนีย์ จักรพิทักษ์, 2541) การทำงาน

ของร่างกายจะเป็นปกติได้ต่อเมื่อได้รับสารอาหารทั้ง 6 ประเภทนี้อย่างครบถ้วน สำหรับนักกีฬาที่ต้องใช้พลังงานสูงในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬา แหล่งพลังงานหลักจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งแหล่งพลังงานหลักนั้นได้จากสารอาหาร 2 ประเภท คือ คาร์โบไฮเดรตและไขมัน แต่คาร์โบไฮเดรตนั้นเป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพ และเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานรวดเร็วกว่าไขมัน ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตที่เป็นแหล่งพลังงานที่ดีที่สุดที่ร่างกายจะนำมาใช้เวลาที่ต้องออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการได้รับคาร์โบไฮเดรตในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกายสามารถช่วยเติมแหล่งพลังงานจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อของนักกีฬาที่ออกกำลังกายระดับความหนักปานกลางถึงระดับสูง และสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการออกกำลังกายและการแข่งขันกีฬา (กัลยา กิจบุญชู, 2551)

สารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานในการออกกำลังกาย

สารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานในการออกกำลังกายมี 3 ประเภท คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อการออกกำลังกาย ด้วยเหตุผลหลักที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรก คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้ทันที ซึ่งให้พลังงานได้เร็วกว่าไขมันและโปรตีน ส่วนประการที่สองคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดกลูโคส (Glucose) ได้มากที่สุด คาร์โบไฮเดรตเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งกลูโคสในเลือดจะถูกพาไปยังเซลล์ทุกชนิดเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและเพื่อสังเคราะห์สารอื่น ๆ ในภาวะปกติระดับกลูโคสในเลือดอยู่ที่ระดับ 70-105 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และจะเพิ่มขึ้นหลังได้รับอาหาร 30-60 นาที เพิ่มขึ้นเป็นระดับ 130 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และระดับกลูโคสในเลือดจะกลับสู่ภาวะปกติภายใน 3 ชั่วโมง (วีนัส ลีพหกุล, สุภาณี พุทธเดชาคุ้ม และถนอมขวัญ ทวีบูรณ์, 2545)

ปัจจุบันมีการศึกษาการเพิ่มมากขึ้นสำหรับกลูโคสในอาหารคาร์โบไฮเดรตประเภทต่าง ๆ และมีการกำหนดค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic Index: GI) ของอาหารคาร์โบไฮเดรตแต่ละชนิด ซึ่งค่าดัชนีน้ำตาล หมายถึงอัตราการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตต่อระดับน้ำตาลในเลือด (Jenkins et al., 1981) ในอาหารแต่ละชนิดที่มีสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ อัตราการย่อยและการดูดซึมจะแตกต่างกัน ในอาหารที่มีค่า GI สูง (มากกว่า 70) อาหารจะถูกย่อยและดูดซึมได้เร็ว ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนอาหารที่มีค่า GI ต่ำ (น้อยกว่า 55) อาหารจะถูกย่อยและดูดซึมได้ช้า ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นทีละน้อย ในการศึกษาเปรียบเทียบจะกำหนดให้กลูโคสมีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 100 จากงานวิจัยของ Ludwig (2002) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงและอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ พบว่า อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงมี

ความสัมพันธ์กับระดับกลูโคสในเลือดที่เพิ่มขึ้นอย่างเร็วและสูงขึ้นภายในเวลา 30-60 นาที และจะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน ส่วนอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำนั้นจะมีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดอย่างช้า ๆ ซึ่งระดับกลูโคสในเลือดจะไม่สูงเท่ากับอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูง แต่เวลาลดลงของระดับกลูโคสในเลือดก็จะลดลงอย่างช้า ๆ เช่นเดียวกัน ดังนั้นอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำจึงมีระดับกลูโคสในเลือดต่ำกว่าและอยู่ได้นานกว่าอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูง

กลูโคสนั้นได้มาจาก 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ อาหารคาร์โบไฮเดรต กระบวนการสังเคราะห์กลูโคสใหม่จากสารเริ่มต้นที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต (Gluconeogenesis) และกระบวนการสลายไกลโคเจน (Glycogenolysis) แต่การที่ร่างกายจะนำกลูโคสไปใช้เป็นพลังงานหรือเก็บสะสมไว้ในร่างกาย จำเป็นต้องอาศัยฮอร์โมนที่สำคัญที่เรียกว่า อินซูลิน (Insulin) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีความสำคัญในการนำกลูโคสเข้าไปในเซลล์เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานโดยปกติอินซูลินจะช่วยนำกลูโคสเข้าเซลล์เพื่อใช้เผาผลาญเป็นพลังงาน (นัยนา บุญทวียุวัฒน์, 2553) และอินซูลินจะเป็นตัวควบคุมการสร้างไกลโคเจน อินซูลินจะกระตุ้นให้นำกลูโคสมาสร้างไกลโคเจนโดยการเพิ่มการสร้างเอนไซม์ Glycogen synthase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ (Ivy, 1998) เมื่อบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรต ระดับกลูโคสในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นและจะเหนี่ยวนำให้มีการหลั่งอินซูลินจากเซลล์ตับอ่อนชื่อบีตาเซลล์ (β-Cells) ซึ่งอยู่เป็นกลุ่มเซลล์ เรียก Islets of langerhans ออกมาเพื่อปรับความสมดุลให้ระดับกลูโคสในเลือดกลับสู่ภาวะปกติ โดยอินซูลินจะควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดผ่านการออกฤทธิ์ที่เซลล์หลัก 3 ชนิด คือ เซลล์ตับ เซลล์กล้ามเนื้อลาย และเซลล์ไขมัน ระดับอินซูลินจะสูงขึ้นทันทีสัมพันธ์กับระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงขึ้น เรียกว่าระดับอินซูลินสูงสุด (Peak insulin level) ถือเป็นการตอบสนองอย่างรวดเร็วของบีตาเซลล์ต่อระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงขึ้นจากอาหาร กลูโคสในเลือดถูกนำไปใช้อย่างต่อเนื่องจนทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดลดต่ำลง เมื่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดลดลง ส่งผลให้หยุดการทำงานของอินซูลินที่ถูกปล่อยมาจากตับอ่อน และทำให้ระดับกลูโคสในเลือดกลับสู่ภาวะปกติ (สุนีย์ สหัสโพธิ์, 2543)

Wong, Williams and Adams (2000) ศึกษาการให้เครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรต โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 9 คน ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง 90 นาที และให้พัก 4 ชั่วโมง โดยทุก ๆ 30 นาที กลุ่มตัวอย่างจะได้รับเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรต (6.9 เปอร์เซ็นต์) หรือสารหรอกในช่วงพัก และออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ จนหมดแรง พบว่าหลังจากช่วงออกกำลังกายจนหมดแรง ระดับกลูโคสในเลือดจะลดต่ำกว่าช่วงฟื้นตัวทั้ง 2 กลุ่ม

Kaastra et al. (2006) ศึกษาวิจัยเรื่องผลฉับพลันของการเพิ่มขึ้นของระดับอินซูลินหลังจากการออกกำลังกายเพื่อลดระดับกลูโคสในเลือด โดยให้นักกีฬาออกกำลังกาย 2 ชั่วโมง

หลังจากนั้นพัก 3 ชั่วโมงครึ่ง โดยในช่วงพักเปรียบเทียบระหว่าง การบริโภคคาร์โบไฮเดรตปริมาณ 0.8 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง คาร์โบไฮเดรต 0.8 กรัม โปรตีน 0.4 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และคาร์โบไฮเดรต 0.8 กรัม โปรตีน 0.4 กรัม ลิวซีน 0.1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง พบว่า ระดับกลูโคสในเลือดและระดับอินซูลินสูงขึ้นในทุกกลุ่ม แต่ในกลุ่มได้รับคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียวมีระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่า 2 กลุ่มที่บริโภคคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีน

Fernandez et al. (2009) ศึกษาการดื่มเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตที่มีส่วนผสมของกลูโคสและฟรุกโตส พบว่าค่าระดับอินซูลินในขณะออกกำลังกาย และในระยะฟื้นตัวในนาทีที่ 15 และนาทีที่ 75 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตที่มีกลูโคสอย่างเดียว และระดับกลูโคสในเลือดไม่มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Wallis, Hulston, Mann, Roper, Tipton and Jeukendrup (2008) พบว่า ระดับกลูโคสในเลือดและระดับอินซูลินในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ไม่แตกต่างกันในกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตที่มีส่วนผสมของกลูโคสและฟรุกโตส เพิ่มสูงกว่าดื่มเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตที่มีส่วนผสมของกลูโคสเพียงอย่างเดียว

Fallowfield and Williams (1997) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการให้คาร์โบไฮเดรตในปริมาณต่างกัน 2 กลุ่ม โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นชาย 9 คน และหญิง 8 คน ให้ออกกำลังกายด้วยการวิ่งเป็นเวลา 90 นาที ที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ และมีช่วงเวลาพักหลังจากออกกำลังกาย 4 ชั่วโมง ในช่วงพักกลุ่มตัวอย่างจะได้รับอาหารเสริม และหลังจากช่วงพักกลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายอีกครั้งที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ จนหมดแรง พบว่าหลังจากกลุ่มตัวอย่างได้รับคาร์โบไฮเดรตเป็นครั้งแรกของทั้ง 2 กลุ่ม ในช่วงพักหลังออกกำลังกาย ระดับกลูโคสในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นภายในช่วงเวลา 30-60 นาที

ในสภาวะที่ร่างกายมีพลังงานเพียงพอ กลูโคสจะถูกเปลี่ยนมาเก็บไว้ในรูปของไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนในร่างกายมีปริมาณน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมดที่เก็บสะสมในร่างกาย (McArdle, Katch, & Katch, 2001) ร่างกายสามารถเก็บสะสมไกลโคเจนได้ประมาณ 375-475 กรัม เป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ 325 กรัม ไกลโคเจนที่ตับ 90-110 กรัม ที่เหลือ 15-20 กรัม เป็นกลูโคสในเลือด หรือ ประมาณ 1500-2000 แคลอรี (พิชิต ภูติจันทร์ และสมหวัง ชาญศิริวัฒน์, 2547) ไกลโคเจนที่ตับสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นกลูโคสได้ ซึ่งกลูโคสที่สลายได้จะถูกพาไปยังกล้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่ออื่น ๆ ในขณะที่มีการออกกำลังกาย กลูโคสในเลือดจะลดต่ำลงกว่าปกติในขณะนั้นจะมีการสลายไกลโคเจนที่ตับออกมาเป็นกลูโคสเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ ส่วนไกลโคเจนที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อไม่ได้เป็นแหล่งของน้ำตาลใน

กระแสเลือดเหมือนไกลโคเจนที่ตับ แต่จะถูกนำไปเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อในการออกกำลังกาย (สุนีย์ สหัสโพธิ์, 2543)

การนำแหล่งพลังงานไปใช้ในการออกกำลังกาย

1. ระบบพลังงาน

ในการออกกำลังกายนั้นกล้ามเนื้อจะมีการหดตัว ทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นโดยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความหนัก ระยะเวลาและประเภทของการออกกำลังกาย พลังงานที่ถูกนำมาใช้ทันทีจะอยู่ในรูปของพลังงานเคมีได้จากการสลายสารประกอบทางเคมีที่เรียกว่า Adenosine triphosphate เรียกย่อว่า เอทีพี (ATP) (นฤมล ลีลายุวัฒน์, 2553) เอทีพีที่มีอยู่ในเลือดและเนื้อเยื่อต่าง ๆ จะไม่สามารถถูกนำไปใช้ได้โดยตรงแต่จะต้องถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ภายในเซลล์ ดังนั้นการสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่จึงจำเป็นต้องจัดหาแหล่งพลังงานจากที่อื่นมาทำปฏิกิริยาให้ฟอสเฟต (Phosphate) กลับไปรวมตัวกับเอดีพี (ADP) และกลับเข้าสู่รูปของเอทีพีขึ้นมาใหม่ พลังงานที่ใช้สำหรับสังเคราะห์เอทีพีนั้นจะได้มาจากการเผาผลาญพลังงานใน 3 ระบบ ซึ่งแต่ละระบบของกระบวนการสังเคราะห์เอทีพีจะมีอัตราที่แตกต่างกัน และพลังงานที่ได้จาก 3 ระบบนี้อาจจะถูกนำมาใช้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งก็ได้ แต่ระบบใดจะถูกนำมาใช้เด่นชัดมากกว่าระบบอื่นนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับความหนักและระยะเวลาของการออกกำลังกาย พลังงานที่ได้จากทั้ง 3 ระบบ มีดังนี้

1.1 ระบบครีเอทีนฟอตเฟต (Creatine phosphate system) หรือระบบที่ให้พลังงานได้อย่างรวดเร็วในทันที (Immediate energy system) ครีเอทีนฟอตเฟต (Creatine Phosphate) หรือเรียกย่อว่า ซีพี (CP) คือสารประกอบที่ให้พลังงานสูงอีกชนิดหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับเอทีพี ถ้าพลังงานในซีพีมีการแตกตัวออก พลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาก็จะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่ ซีพีจะมีเก็บสำรองไว้ใช้เป็นพลังงานได้นานมากกว่าเอทีพีประมาณ 3-5 วินาที หรือมีเพียงพอสำหรับไว้ใช้เป็นพลังงานชนิดที่ให้ได้ทันทีเป็นเวลานานต่อไปอีกประมาณ 7 วินาที เอทีพีและซีพีที่มีเก็บสำรองจะถูกสังเคราะห์ขึ้นมาร่วมกัน ดังนั้น จึงสามารถใช้เป็นพลังงานสำหรับการออกกำลังกายร่วมกันได้นานประมาณ 10 วินาที หลังจากนั้นพลังงานที่ได้มาโดยวิธีอื่นจึงจะถูกนำมาใช้เพื่อสร้างเอทีพีขึ้นใหม่ การออกกำลังกายชนิดที่ต้องใช้พลังงานสูงและใช้ระยะเวลาสั้น ๆ เช่น การตบลูกวอลเลย์บอล การตีลูกกลับในการเล่นเทนนิส การวิ่งเร็วระยะ 100 เมตร เป็นต้น ซึ่งการออกกำลังกายเหล่านี้ยังไม่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนเพื่อการสร้างพลังงาน (ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552)

1.2 ระบบแอนแอโรบิก (Anaerobic system) หรือระบบพลังงานในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (Shot-term energy system) ระบบนี้การสร้างเอทีพีจะเกิดขึ้นจากการแตกตัวของกลูโคสหรือ

ไกลโคเจน จึงเรียกว่าระบบไกลโคไลซิส (Glycolysis) ระบบนี้จะให้พลังงานได้เป็นเวลานานมากกว่าระบบครีเอทีนฟอตเฟต อย่างไรก็ตามกระบวนการสร้างพลังงานในระบบนี้ก็ยังเป็นกระบวนการที่ไม่มีการใช้ออกซิเจน ดังนั้น พลังงานที่ได้จะไม่สามารถใช้ออกกำลังกายได้เป็นเวลานาน ๆ และถ้ามีระดับความหนักสูงจะทำให้ร่างกายมีออกซิเจนไม่เพียงพอ (Oxygen deficit) และทำให้เกิดภาวะที่เรียกว่าการเป็นหนี้ออกซิเจน (Oxygen debt) ซึ่งหมายความว่า เป็นภาวะที่ร่างกายต้องการใช้ออกซิเจนเพื่อการฟื้นตัวมากขึ้นเกินกว่าที่ต้องใช้ในขณะพักตามปกติ กรณีเช่นนี้ร่างกายจำเป็นต้องได้รับออกซิเจนเพื่อใช้คืน ซึ่งจะสามารถทำเช่นนี้ได้ถ้าลดความหนักของการออกกำลังกายลง เนื่องจากการสร้างพลังงานในระบบนี้ยังไม่มีการนำออกซิเจนจากภายนอกมาใช้จึงทำให้เกิดกรดแล็กติก (Lactic acid) สะสมเพิ่มมากขึ้นในกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว ถ้ากรดแล็กติกผลิตออกมาอยู่ในหลอดเลือดมากเกินกว่าความสามารถในการกำจัดออกไป ก็จะทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการล้า (ขัดขวางกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ) ซึ่งระบบนี้สามารถให้พลังงานเพื่อออกกำลังกายเป็นเวลานาน ประมาณ 3 นาที เช่น การวิ่งระยะทาง 200 400 หรือ 800 เมตร เป็นต้น (ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552)

1.3 ระบบแอโรบิก (Aerobic system) ระบบที่ให้พลังงานมาใช้เป็นระยะเวลานาน (Long-term energy system) กระบวนการสร้างพลังงานในระบบนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาภายในเซลล์เป็นจำนวนมากหลายขั้นตอน ดังนั้น พลังงานในระบบนี้จึงเกิดขึ้นได้ช้าที่สุดในจำนวนทั้งหมดของระบบการสร้างพลังงาน แต่จะสามารถสร้างเอทีพีเพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับการออกกำลังกายได้เป็นระยะเวลาที่ยาวนานที่สุด สามารถใช้ในออกกำลังกายที่มีความหนักต่ำได้นานตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไปจนถึงหลายชั่วโมง พลังงานในระบบนี้จะถูกสร้างขึ้นในไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) โดยมีการใช้ออกซิเจนที่ได้มาจากระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ไมโทคอนเดรีย คือ ออร์แกเนลล์ (Organelle) เล็ก ๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ซึ่งจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนออกซิเจนและสารอาหารให้เป็นพลังงาน ไมโทคอนเดรียจึงเปรียบเสมือนโรงงานผลิตพลังงานของเซลล์ทั้งหมดไว้ใช้ในการทำงาน แม้ว่าทุกเซลล์ของร่างกายจะมีเอทีพีอยู่ก็ตามแต่จะมีอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อ เช่น ตับและกล้ามเนื้อจะมีเอทีพีและไมโทคอนเดรียอยู่ในเซลล์มากกว่าเนื้อเยื่ออื่น ๆ (ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552)

การสร้างเอทีพีในระบบแอโรบิกนี้อาจจะอยู่ในรูปของกระบวนการไกลโคไลซิส ซึ่งจะใช้คาร์โบไฮเดรตในรูปของไกลโคเจนและกลูโคสเป็นแหล่งให้พลังงาน แต่อย่างไรก็ตาม ไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายในรูปของกลีเซอรอลและโปรตีนที่อยู่ในรูปของกรดอะมิโนก็จะถูกนำมาใช้เป็นพลังงานในระบบนี้ด้วยเช่นกัน แต่โปรตีนจะมีบทบาทอย่างจำกัด ดังนั้นคาร์โบไฮเดรตและไขมันจึงเป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้น โดยทั่วไปเมื่อเริ่มออกกำลังกายจะมีการเผาผลาญพลังงานจาก

คาร์โบไฮเดรตก่อนและในระหว่างที่มีการออกกำลังกายยาวนานมากกว่า 20 นาทีขึ้นไป และค่อย ๆ มีการเปลี่ยนแปลงการใช้แหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตไปเป็นไขมัน (Power & Dodd, 1997)

พลังงานที่ถูกสร้างขึ้นใน 3 ระบบ ที่กล่าวมา จะมีการใช้พลังงานในแต่ละระบบได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งถ้ามีการเปลี่ยนแปลงการออกแรงการทำงานของกล้ามเนื้อจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง เช่น เปลี่ยนจากการพักผ่อนเป็นการออกกำลังกายหรือเปลี่ยนจากการออกกำลังกายที่มีความหนักต่ำไปสู่ความหนักสูง กรณีเช่นนี้จะทำให้มีการใช้พลังงานทั้งจากระบบซีพีและระบบแอนแอโรบิกไปพร้อม ๆ กัน ส่วนพลังงานระบบแอโรบิกจะตอบสนองต่อการออกกำลังกายช้ากว่าในสองระบบแรก แต่พลังงานที่ถูกสร้างขึ้นในระบบแอโรบิกนี้จะสามารถนำมาสนับสนุนช่วยในการออกกำลังกายได้ยาวนานมากขึ้น

2. การใช้พลังงานในการออกกำลังกาย

พลังงานจากทั้ง 3 ระบบ ที่ได้มาในระหว่างกระบวนการเผาผลาญนั้นร่างกายจะได้รับอยู่ตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน การเผาผลาญเพื่อนำเอาพลังงานจากระบบใดมาใช้อย่างเด่นชัดก็จะขึ้นอยู่กับความต้องการของร่างกาย เช่น ใช้ในการออกกำลังกายถ้าร่างกายมีการทำงานมากขึ้นก็จำเป็นต้องมีการจัดหาพลังงานมากยิ่งขึ้น การใช้พลังงานในระหว่างการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับระดับความหนักของการออกกำลังกาย คือถ้ามีการออกกำลังกายที่มีความหนักต่ำแหล่งพลังงานที่ได้จะมาจากกรดไขมัน เมื่อการออกกำลังกายมีความหนักมากขึ้นก็จะมีการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตในอัตราส่วนที่มากขึ้นและจะได้พลังงานจากไตรกลีเซอร์ไรด์ในกล้ามเนื้อมาช่วยสนับสนุนมากขึ้นอีกด้วย ในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักปานกลางจะมีคาร์โบไฮเดรต (กลูโคสและไกลโคเจน) และไขมัน (กรดไขมันและไตรกลีเซอร์ไรด์) มาช่วยสนับสนุนใช้เป็นพลังงานโดยรวมในปริมาณที่เท่า ๆ กัน และเมื่อมีการออกกำลังกายอย่างยาวนานต่อไปอีกทั้งไกลโคเจนและไตรกลีเซอร์ไรด์จะถูกนำมาใช้เป็นพลังงานน้อยลง สำหรับการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงนั้นไกลโคเจนจะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ อัตราการเผาผลาญไขมันจะลดน้อยลงเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลาง (ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552)

van Loon et al. (2001) ศึกษาผลกระทบของการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายที่มีต่อการใช้แหล่งพลังงานในร่างกาย โดยให้นักกีฬาจักรยานออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องที่ระดับความหนัก 40, 55 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความหนักและระยะเวลาของการออกกำลังกายร่างกายจะใช้แหล่งพลังงานจากสารอาหารคาร์โบไฮเดรตมากขึ้น

Romijn et al. (1993) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และระยะเวลา ระดับความหนักของการออกกำลังกาย โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายที่

ระดับหนัก 25, 65, 85 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อใช้เป็นพลังงานหลักมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการออกกำลังกายที่มีระดับความหนักปานกลางถึงระดับความหนักสูง

ในขณะออกกำลังกายร่างกายจะมีการใช้พลังงานร่วมกัน ระหว่างคาร์โบไฮเดรตและไขมัน โดยมีอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานที่แตกต่างกันตามความหนักของการออกกำลังกาย การออกกำลังกายความหนักสูง (85 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$) กล้ามเนื้อจะใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเป็นแหล่งพลังงานหลัก ถ้าออกกำลังปานกลาง (65 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$) กล้ามเนื้อจะใช้ไกลโคเจนที่กล้ามเนื้อรวมกับไขมันที่กล้ามเนื้อกับไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันใกล้เคียงกัน และการออกกำลังกายเบา ๆ (25 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$) กล้ามเนื้อจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จาก กรดไขมันในกระแสเลือดที่สลายจากเนื้อเยื่อไขมัน โดยมีความสัมพันธ์กับความหนักของโปรแกรมการออกกำลังกายที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีระดับหนักตั้งแต่ 50, 60, 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ ขณะออกกำลังกายร่างกายจะใช้แหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน โดยมีความสัมพันธ์กับระดับความหนักและระยะเวลาในการออกกำลังกาย และเมื่อออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ส่งผลให้ระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลง (Costill & Hargreaves, 1992) ซึ่งทำให้อาจเกิดการเมื่อยล้าและไม่สามารถออกกำลังกายต่อไปได้ ดังนั้นการทำให้ไกลโคเจนมีปริมาณสูงในกล้ามเนื้อจึงเป็นการเพิ่มระยะเวลาและประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

3. ความอดทนในการออกกำลังกาย

ความอดทนเป็นความสามารถของร่างกายที่จะออกกำลังกายให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาที่ยาวนานจะมีความสำคัญสำหรับนักกีฬาที่ต้องรักษาระดับความเร็วในการเคลื่อนไหวให้คงที่ตลอดการแข่งขัน ซึ่งโดยปกติการลดต่ำลงของประสิทธิภาพและความต่อเนื่องในการเคลื่อนไหวจะเป็นผลมาจากความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีภายในร่างกายจากการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย พลังงานจากสารอาหารจะถูกนำมาเป็นพลังงานในรูปเอทีพี เพื่อใช้ในการหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อ แต่จำนวนเอทีพีที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อจะมีจำนวนจำกัดและจะลดลงภายในเวลาอันสั้น เพราะฉะนั้น เพื่อการหดตัวของกล้ามเนื้อดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง ร่างกายจำเป็นต้องมีการสังเคราะห์เอทีพีขึ้นใหม่อย่างต่อเนื่อง สำหรับการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเอทีพีต้องถูกสร้างขึ้นในอัตราส่วนเท่ากับปริมาณที่ต้องการใช้สำหรับกล้ามเนื้อ และร่างกายต้องสามารถกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาผลาญอาหารได้อย่างสมดุลกับการผลิต (สนธยา สีละมาด, 2555)

3.1 ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสามารถทางด้านความอดทนในการออกกำลังกาย

3.1.1 อายุ เพศ และ สัดส่วนของร่างกาย หมายถึง ส่วนประกอบที่มีอยู่ในร่างกาย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ น้ำหนักไขมัน (Fat mass) หมายถึงเนื้อเยื่อไขมันทั้งหมดในร่างกาย น้ำหนักของร่างกายที่ไม่รวมไขมัน (Free fat mass) หมายถึงปริมาณของกล้ามเนื้อ กระดูก และอวัยวะภายในซึ่งไม่รวมไขมัน แต่สิ่งที่สำคัญต่ออัตราการเผาผลาญพลังงานคือสัดส่วนของกล้ามเนื้อ (Lean body mass) โดยส่วนนี้ของร่างกายมีอัตราการเผาผลาญของเนื้อเยื่อที่ทำงานตลอดเวลาและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเผาผลาญพลังงานของแต่ละบุคคล (สนธยา สีละมาด, 2555)

3.1.2 ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (Maximum oxygen consumption หรือ $\dot{V}O_{2max}$) นำมาใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงระดับสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือดหรือสมรรถภาพทางแอโรบิก (นฤมล ลีลายุวัฒน์, 2553) ซึ่งแต่ละช่วงอายุนั้นก็จะมีค่าที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 2-1)

ตารางที่ 2-1 ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของคนปกติและกีฬาแต่ละชนิดของเพศชาย (ดัดแปลงจาก Wilmore, Costill & Kenney, 2008)

กลุ่มบุคคล เพศชาย	**อายุ (ปี)**	$\dot{V}O_{2max}$ **(มิลลิลิตร/ กิโลกรัม/ นาที)**
คนปกติ	10-19	47-56
	20-29	43-52
	30-39	39-48
	40-49	36-44
	50-59	34-41
	60-69	31-38
	70-79	28-35
เบสบอล/ ซอฟท์บอล	18-32	48-56
บาสเกตบอล	18-30	40-60
อเมริกันฟุตบอล	20-36	42-60
ยิมนาสติก	18-22	52-58
ฮอกกี้น้ำแข็ง	10-30	50-63
ขี่ม้า	20-40	50-60
ว่ายน้ำ	10-25	50-70

จากตารางที่ 2-1 จะเห็นได้ว่าในกลุ่มของผู้ชายปกติ อายุ 20-29 ปี มีระดับ $\dot{V}O_{2max}$ 43-52 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ซึ่งสัมพันธ์กับเกณฑ์คัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งระดับของ $\dot{V}O_{2max}$ 43-52 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที นั้นใกล้เคียงกับค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของนักกีฬาหลาย ๆ ประเภท เช่น ว่ายน้ำ บาสเกตบอล ขี่ม้า เป็นต้น

3.1.3 แอนแอโรบิกเทรดโฮลด์ (Anaerobic threshold) เป็นตำแหน่งที่กรดแล็กติกเริ่มมีการสะสมในกล้ามเนื้อ เนื่องจากการผลิตมีมากกว่าการกำจัดทิ้ง ซึ่งจะตรงกับช่วง 85-90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด หรือเป็นเปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ ของของนักกีฬาขณะแข่งขัน เมื่อระยะทางการแข่งขันเท่ากัน นักกีฬาวิ่งมาราธอนและนักกีฬาจักรยานชั้นนำ จะสามารถรักษาไว้ที่ระดับ 85-90 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ ขณะที่นักกีฬาทั่วไป จะสามารถรักษาระดับไว้ได้ที่ 70-75 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ และความหนักที่สูงกว่าตำแหน่งแอนแอโรบิกเทรดโฮลด์ กรดแล็กติกจะเริ่มมีการสะสมในกล้ามเนื้อซึ่งจะรบกวนกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อและการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตช้าลง ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการผลิตพลังงานของนักกีฬา

3.1.4 ความทนทานต่อความเมื่อยล้า (Fatigue resistance) เป็นความสามารถของนักกีฬาที่จะรักษาระดับความเร็วไว้ได้เป็นระยะยาวนานขณะออกกำลังกายประเภทอดทน ซึ่งความอดทนต่อความเมื่อยล้าจะได้รับการพัฒนาเป็นอย่างมากจากการฝึกซ้อมความอดทนที่ใช้เวลานานความหนักต่ำ จะทำให้นักกีฬามีความอดทนต่อความเมื่อยล้าเพิ่มขึ้น

3.1.5 การใช้พลังงาน สารอาหารคาร์โบไฮเดรตที่เก็บสะสมไว้ในรูปของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ตับ และกลูโคสในเลือด ขณะออกกำลังกาย ร่างกายจะใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่หดตัวเคลื่อนไหวร่างกายเป็นแหล่งพลังงานหลักก่อน แล้วเปลี่ยนมาใช้พลังงานจากกลูโคสในเลือดเมื่อมีการออกกำลังกายนานขึ้น เนื่องจากการสะสมของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หดตัวของกล้ามเนื้อมีจำนวนจำกัดและโดยที่จะไม่มีการสังเคราะห์เกิดขึ้นแทนที่ขณะประกอบกิจกรรมแหล่งพลังงานหลักขณะออกกำลังกายเป็นเวลานานจึงขึ้นอยู่กับกลูโคสในเลือด ซึ่งกลูโคสในเลือดและตับอาจจะสำรองพลังงานได้ประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ของความต้องการพลังงานทั้งหมด และถ้ากลูโคสในเลือดต่ำลงครึ่งหนึ่งของระดับปกติ เส้นใยกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายจะไม่สามารถระดับความหนักของการออกกำลังกายไว้ได้ และจะเป็นผลทำให้ร่างกายดึงไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมาใช้อีก ซึ่งจะทำให้เกิดผลความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และเป็นการเพิ่มปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ เพราะฉะนั้น นักกีฬาจำเป็นต้องมีการชดเชยไกลโคเจนขณะออกกำลังกาย เพื่อที่จะยืดเวลาการเกิดอาการความล้าของร่างกาย และช่วยรักษาระดับความสามารถในการออกกำลังกาย (สนธยา สีละมาด, 2555)

ความอดทนในการออกกำลังกายเป็นความสามารถของร่างกายที่จะรักษาประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาที่ยาวนานของการออกกำลังกาย ซึ่งมีความสำคัญสำหรับนักกีฬาที่ต้องเคลื่อนไหวให้คงที่ตลอดเวลาการแข่งขัน เมื่อออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องและยาวนานจะเกิดความเมื่อยล้า ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพและความต่อเนื่องของการเคลื่อนไหวลดลง โดยปัจจัยที่สัมพันธ์กับความอดทนในการออกกำลังกายนั้นมีหลายปัจจัย เช่น อายุ เพศ สัดส่วนของร่างกาย ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน แอนแอโรบิกเทรดโฮลด์ ความทนทานต่อความเมื่อยล้า รวมไปถึงการใช้พลังงาน ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ให้ความสำคัญกับปัจจัยการฟื้นฟูและการใช้พลังงานเป็นสำคัญ เนื่องจากขณะออกกำลังกายร่างกายจะใช้แหล่งพลังงานหลักจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ และจะเปลี่ยนมาใช้พลังงานจากกลูโคสในเลือดเมื่อมีการออกกำลังกายนานขึ้น เมื่อกลูโคสในเลือดต่ำลงร่างกายจะไม่สามารถรักษาระดับความหนักของการออกกำลังกายไว้ได้ และจะเป็นผลทำให้ร่างกายนำไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมาใช้เพิ่มขึ้นอีก ซึ่งจะทำให้เกิดผลความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและทำให้นักกีฬาต้องลดระดับความหนักและประสิทธิภาพของการออกกำลังกาย เนื่องจากแหล่งพลังงานหลักที่ใช้ในการออกกำลังกายไม่เพียงพอ เพราะฉะนั้นนักกีฬาจำเป็นต้องมีการชดเชยแหล่งพลังงานจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อช่วยรักษาประสิทธิภาพและเพิ่มเวลาในการออกกำลังกาย

การฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย

1. การฟื้นฟูไกลโคเจนในกล้ามเนื้อภายหลังออกกำลังกาย

ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะกลับคืนสู่ภาวะปกติภายในเวลาต่ำสุด 5 ชั่วโมง และสูงสุด 24 ชั่วโมง (แสดงดังตารางที่ 2-2) ซึ่งการฟื้นฟูไกลโคเจนนั้นขึ้นอยู่กับการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตอย่างเพียงพอ (Burke et al., 1995; Costill et al., 1981) ดังนั้นภายหลังการออกกำลังกายถ้าให้นักกีฬาบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตจะเพิ่มปริมาณและอัตราในการสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการบริโภคอาหารประเภทไขมันหรือโปรตีน ในกีฬาบางประเภทมีการแข่งขันติดต่อกันเป็นเวลานาน เช่น ไตรกีฬา ว่ายน้ำ ที่แข่งขันแบบเก็บคะแนนระยะยาว ซึ่งอาจยาวนานตั้งแต่ 1-3 สัปดาห์ บางชนิดกีฬาที่มีการแข่งขันหลายรายการหรือต่อเนื่องภายในวันเดียวกัน Burke, Loucks and Broad (2006) ได้ศึกษาสารอาหารคาร์โบไฮเดรตและแหล่งพลังงานที่ใช้สำหรับการฝึกและฟื้นตัวในนักกีฬาฟุตบอล พบว่าแหล่งพลังงานจากไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ และจะต้องถูกชดเชยกลับคืนอย่างรวดเร็วเพื่อรักษาประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

Zachwieja, Costill and Fink (1993) ศึกษาผลของการให้คาร์โบไฮเดรตที่มีต่ออัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจน โดยให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยาน 2 ชั่วโมง ที่ระดับความหนัก 70% $\dot{V}O_{2max}$

หลังจากออกกำลังกาย ให้กลุ่มตัวอย่างบริโภคเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรต (10 เปอร์เซ็นต์) หรือสารหลอก พบว่าระดับกลูโคสในเลือดและระดับอินซูลินในกลุ่มที่ได้รับเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับสารหลอกหลังออกกำลังกาย

Ivy et al. (2002) ศึกษาประสิทธิภาพของการฟื้นฟูไกลโคเจนเมื่อบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนระหว่าง กลุ่มที่ 1 (คาร์โบไฮเดรต 80 กรัม, โปรตีน 28 กรัม, ไขมัน 6 กรัม) กลุ่มที่ 2 (คาร์โบไฮเดรต 80 กรัม, ไขมัน 6 กรัม) และกลุ่มที่ 3 (คาร์โบไฮเดรต 108 กรัม, ไขมัน 6 กรัม)โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 7 คน ออกกำลังกายปั่นจักรยานตามโปรแกรมที่กำหนดเพื่อลดปริมาณไกลโคเจน พัก 4 ชั่วโมง ระหว่างช่วงพักให้คาร์โบไฮเดรตตามที่กำหนดจำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกหลังจากออกกำลังกายเพื่อลดปริมาณไกลโคเจน 10 นาที และครั้งที่ 2 หลังจากนั้น 2 ชั่วโมง พบว่าอาหารกลุ่มที่ 1 (คาร์โบไฮเดรต 80 กรัม, โปรตีน 28 กรัม, ไขมัน 6 กรัม) มีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูไกลโคเจนในกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายที่สูงกว่าในกลุ่มอื่น

Carrithers, Williamson, Gallagher, Godard, Schulze and Trappe (2000) ศึกษาเปรียบเทียบการได้รับคาร์โบไฮเดรตระหว่าง 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มที่ 1 (คาร์โบไฮเดรต 100 เปอร์เซ็นต์) กลุ่มที่ 2 (คาร์โบไฮเดรต 70 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 10 เปอร์เซ็นต์) กลุ่มที่ 3 (คาร์โบไฮเดรต 86 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 7 คน กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน และพัก 4 ชั่วโมง ให้บริโภคคาร์โบไฮเดรตทุก ๆ 30 นาที พบว่าระดับกลูโคสในเลือด ระดับอินซูลินและปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน

ปัจจัยที่จำกัดการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ คือ การขนส่งกลูโคสผ่านผนังเซลล์ ภายหลังการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันที่มีความหนักสูงจะทำให้มีการซึมผ่านกลูโคสเข้าไปในเซลล์ของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มีปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ไกลโคเจนเพิ่มขึ้นและกล้ามเนื้อจะมีความรู้สึกไวต่ออินซูลินมากขึ้น เมื่อปัจจัยทั้งหมดเกิดร่วมกับการบริโภคคาร์โบไฮเดรตเป็นจำนวนมากจะทำให้เกิดการสังเคราะห์ไกลโคเจนของกล้ามเนื้อในอัตราที่สูงมาก (ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552)

ตารางที่ 2-2 ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายต่ำสุดและสูงสุด ใน การออกกำลังกายจนหมดแรง (Fox and Mathews, 1985)

กระบวนการฟื้นตัว	ระยะเวลาของการฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย	
	ต่ำสุด	สูงสุด
การซ่อมแซมและฟื้นฟูของกล้ามเนื้อ	2 นาที	5 นาที
การเติมแหล่งเก็บของฟอสฟาเจน	3 นาที	5 นาที
การจ่ายคืนออกซิเจนที่เป็นหนี้ระยะแรก	2 นาที	4 นาที
การสร้างและสังเคราะห์ไกลโคเจนของกล้ามเนื้อ	5 ชั่วโมง (ภายหลังการออกกำลังกายที่มีเวลาพัก)	24 ชั่วโมง
การเติมไกลโคเจนในตับ	ไม่แน่ชัด	12-24 ชั่วโมง
การเคลื่อนย้ายกรดแล็กติกในเลือดและกล้ามเนื้อ	30 นาที (ช่วงออกกำลังเบา ๆ)	1 ชั่วโมง
	1 ชั่วโมง (ช่วงพักระยะฟื้นตัว)	2 ชั่วโมง
การจ่ายคืนออกซิเจนที่เป็นหนี้ระยะหลัง	30 นาที	1 ชั่วโมง
การสร้างแหล่งเก็บออกซิเจนขึ้นใหม่	10-15 วินาที	1 ชั่วโมง

ตารางที่ 2-2 แสดงให้เห็นว่าการสร้างและสังเคราะห์ไกลโคเจนของกล้ามเนื้อใช้เวลาน้อยที่สุด 5 ชั่วโมง ภายหลังการออกกำลังกายและมากที่สุด 24 ชั่วโมงและมีงานวิจัยการใช้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่าง ๆ และช่วงเวลาที่ต่างกันในการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายเพื่อเติมไกลโคเจนกลับคืน

ปัจจุบันมีศึกษาการใช้คาร์โบไฮเดรตหลังการออกกำลังกายมีอัตราในการสังเคราะห์ไกลโคเจนแตกต่างกัน โดยศึกษาจากหลาย ๆ ด้าน เช่น ระยะเวลาในการให้คาร์โบไฮเดรตในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ชนิดของคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น

van Loon et al. (2000) ได้ศึกษาการบริโภคคาร์โบไฮเดรตในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย โดยให้นักกีฬาจักรยานออกกำลังกายด้วยโปรแกรม Glycogen depletion ที่มีระดับความหนักปานกลางถึงระดับสูง และเปรียบเทียบระหว่างการบริโภคคาร์โบไฮเดรต 0.8 กรัมต่อกิโลกรัม

น้ำหนักตัวต่อชั่วโมง คาร์โบไฮเดรต 0.8 กรัม โปรตีน 0.4 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และคาร์โบไฮเดรต 1.2 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง โดยบริโภคทุก ๆ 30 นาที ในช่วงระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย พบว่าอัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจนสูงขึ้นในทุกกลุ่ม

Betts et al. (2007) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการบริโภคคาร์โบไฮเดรต 0.8 กรัม โปรตีน 0.4 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง คาร์โบไฮเดรต 0.8 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และคาร์โบไฮเดรต 1.1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง โดยให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง 90 นาที ที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ และมีช่วงระยะเวลาฟื้นตัว 4 ชั่วโมง และบริโภคคาร์โบไฮเดรตทุก ๆ 30 นาที หลังจากช่วงฟื้นตัวให้กลุ่มตัวออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ จนหมดแรง พบว่ากลุ่มที่ได้รับคาร์โบไฮเดรต 0.8, 1.1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการออกกำลังกายมากกว่ากลุ่มที่ได้รับคาร์โบไฮเดรต 0.8 กรัม โปรตีน 0.4 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง

Berardi et al. (2008) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีน (0.8, 0.4 กรัม) และคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว (1.2 กรัม) โดยให้กลุ่มตัวอย่าง 15 คน ปั่นจักรยาน 60 นาที และพัก 4 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างจะได้อาหารคาร์โบไฮเดรตในช่วงพักหลังออกกำลังกายในนาทีที่ 10, 60 และ 120 หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกาย 60 นาที พบว่า กลุ่มที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว (1.2 กรัม) มีประสิทธิภาพในการออกกำลังกายดีกว่ากลุ่มที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีน (0.8, 0.4 กรัม)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้สรุปปริมาณสารอาหารคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในการฟื้นฟูไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ระยะสั้นที่ควรบริโภค คือ 0.8-1.2 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง โดยบริโภคทุก ๆ 15-30 นาที ในช่วงระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกายเป็นเวลาอย่างน้อย 4-6 ชั่วโมง (Beelen et al., 2010) ดังนั้น การฟื้นฟูไกลโคเจนให้กลับสู่ภาวะปกติได้เร็วที่สุดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยรักษาประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

2. ผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬาที่ช่วยฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬาเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย และมีจำหน่ายทั่วไป ส่วนใหญ่นั้นมีราคาสูง ผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬามีหลายประเภท เช่น อาหารและเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา (Sport supplements) เช่น Sports drink, Sports gels และ Sports bar ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ออกแบบมาเพื่อช่วยชดเชยน้ำ อิเล็คโตรไลต์ และช่วยเติมแหล่งพลังงานหลักโดยเฉพาะจากคาร์โบไฮเดรตและสารอาหารประเภทอื่น ๆ ให้แก่ร่างกาย

Pascoe et al. (1993) ศึกษาผลของการให้เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาหลังออกกำลังกายที่มีระดับความหนักสูง ที่มีต่ออัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจน โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายที่ระดับ

ปานกลางและให้เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา 2 ครั้ง หลังจากออกกำลังกายเสร็จทันที และอีก 1 ชั่วโมง พบว่า อัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจนสูงขึ้นหลังจากได้รับเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาหลังจากออกกำลังกาย และ Casa (2000) ศึกษาการชดเชยน้ำและเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตในการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย พบว่า นักกีฬาควรมีการช่วยชดเชยน้ำ อิเล็คโตรไลต์ที่เสียไปหลังออกกำลังกาย และเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตช่วยเวลาและประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brink-Elfegoun et al. (2014) ศึกษาผลของเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาที่มีต่อการรักษาประสิทธิภาพในการออกกำลังกายในนักกีฬาเทนนิส โดยให้เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาช่วงเวลาก่อน ระหว่าง และหลังการแข่งขันในนักกีฬาเทนนิส 8 คน พบว่าเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาช่วยรักษาประสิทธิภาพและลดความเมื่อยล้าในการออกกำลังกาย จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าอาหารและเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายที่มีระยะเวลานานและช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจนหลังออกกำลังกาย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬาประเภทอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง ยี่ห้อเพาเวอร์บาร์ ซึ่งมีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 58 (Foster-Powell, Holt, & Brand-Miller, 2002) และมีส่วนประกอบของสารอาหารในปริมาณ 100 กรัม ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 สารอาหารในอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง ยี่ห้อเพาเวอร์บาร์ ปริมาณ 100 กรัม (PowerBar® Performance Energy Bar, INC., BOISE, USA)

สารอาหาร	**PowerBar®**
พลังงาน (แคลอรี)	369.23
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	30.76
น้ำตาล (กรัม)	38.46
ไขมัน (กรัม)	4.61
โปรตีน (กรัม)	12.30
ใยอาหาร (กรัม)	2.00
โซเดียม (มิลลิกรัม)	307.69
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	400

ตารางที่ 2-3 แสดงให้เห็นว่าโดยรวมพลังงานที่ได้จากสารอาหารในอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ให้พลังงานสูง และมีแร่ธาตุโซเดียม โพแทสเซียมสูง

แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาอาหารที่ได้จากธรรมชาติที่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจนหลังออกกำลังกาย และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

Kern, Heslin and Rezende (2007) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างคาร์โบไฮเดรตจากลูกเกดและ Sports gels โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาจักรยานจำนวน 8 คน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคาร์โบไฮเดรต 1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง จากอาหารทั้ง 2 ชนิด ในช่วงเวลา 45 นาทีก่อนออกกำลังกาย และกลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ พบว่าระดับกลูโคสในเลือด และการใช้พลังงานจากสารอาหารในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน

Nieman et al. (2012) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกล้วยหอม (0.2 กรัม คาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว) และ Sports drink (6 เปอร์เซ็นต์) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาจักรยานจำนวน 14 คน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับอาหารที่กำหนดทุก ๆ 15 นาที ในการปั่นจักรยาน 75 กิโลเมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด

จากงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าอาหารและเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันกับอาหารที่ได้จากธรรมชาติ รวมถึงผลไม้ต่าง ๆ ที่มีความปลอดภัยและราคาถูกส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน

2.1 กล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้าชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa* (ABB group) ‘Kluai Namwa’ ชื่ออื่น ๆ กล้วยใต้ (เชียงใหม่เชียงราย) กล้วยตานีอ่อง (อุบลราชธานี) กล้วยมะลิอ่อง (จันทบุรี) กล้วยอ่อง (ชัยภูมิ) กล้วยน้ำว้าสุกมักจะมีรสหวานเป็นอาหารที่ย่อยง่าย ส่วนใหญ่บริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก ประโยชน์ของกล้วยน้ำว้าจัดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานหลักที่สำคัญขณะออกกำลังกายอีกทั้งยังมีวิตามิน แร่ธาตุหลายชนิดที่จำเป็นต่อการฟื้นตัวของนักกีฬา กล้วยที่ปลูกและให้ผลผลิตมากที่สุดในประเทศไทย คือกล้วยน้ำว้า (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

จากรายงานพบว่ากล้วยน้ำว้า *Musa* (ABB group) ‘Kluai Namwa’ ให้พลังงานมากที่สุดต่อปริมาณ 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมและกล้วยไข่ (สุทธิชัย ปทุมล่องทอง, 2554) กล้วยน้ำว้ามีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 37 (จีรนันท์ แกล้วกล้า, 2552) และจากการศึกษาของริญ เจริญศิริและคณะ (2551) พบว่า กล้วยน้ำว้ามีปริมาณโพแทสเซียมสูง ซึ่งโพแทสเซียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาท ควบคุมการส่งออกซิเจนไปยังสมองและปรับระดับน้ำในร่างกายให้สมดุล (สุธาทิพ ภมรประวัติ, 2549) นอกจากนี้ ริญ เจริญศิริ และรัชนี คงคาฉุยฉาย (2551) ยังพบอีกว่ากล้วยน้ำว้ามีธาตุเหล็กมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างฮีมของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงและไมโอโกลบินใน

กล้ามเนื้อและเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานให้เซลล์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ (สุวิมล ตัณฑ์ศุภศิริ, 2551)

ตารางที่ 2-4 สารอาหารในกล้วยน้ำว้าสุก ปริมาณ 100 กรัม (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2556)

สารอาหาร	**กล้วยน้ำว้าสุก**
พลังงาน (แคลอรี)	122
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	34.51
น้ำตาล (กรัม)	29
ไขมัน (กรัม)	0.2
โปรตีน (กรัม)	0.8
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	5.65
โซเดียม (มิลลิกรัม)	4.71
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	23.56
ใยอาหาร (กรัม)	2.83
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	30
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.28
วิตามินเอ (RAE)	2.59
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.05
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.03
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	0.9
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	7.54
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	192.22
เบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม)	31.09
ทองแดง (มิลลิกรัม)	0.09
สังกะสี (มิลลิกรัม)	0.09
ซิลิเนียม (ไมโครกรัม)	0.3

ตารางที่ 2-4 แสดงให้เห็นว่าสารอาหารหลักที่ให้พลังงานในกล้วยน้ำว้ามีปริมาณสูง และยังมีวิตามินและแร่ธาตุที่หลากหลาย โดยแร่ธาตุที่สำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย โซเดียม และโพแทสเซียม เป็นต้น

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพระหว่างการสุกของกล้วย

การสุกของกล้วยแบ่งออกเป็น 8 ระยะ โดยจำแนกจากสีผิวภายนอกของเปลือกระยะการสุกที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคจะเริ่มตั้งแต่ระยะที่ 5 เป็นต้นไป ระยะการสุก 8 ระยะของกล้วยจำแนกจากสีผิวภายนอก (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

ระยะที่ 1 เปลือกเขียวผลแข็งไม่มีการสุก

ระยะที่ 2 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองเล็กน้อย

ระยะที่ 3 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองมากขึ้นแต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง

ระยะที่ 4 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองและมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว

ระยะที่ 5 เปลือกเป็นสีเหลืองแต่ปลายยังเป็นสีเขียว

ระยะที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง (ผลสุก)

ระยะที่ 7 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล (สุกเต็มที่มีกลิ่นหอม)

ระยะที่ 8 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป, เนื้อเริ่มอ่อนตัว และมีกลิ่นแรง)

2.3 กล้วยและการออกกำลังกาย

กล้วยเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต วิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญในการออกกำลังกาย กล้วยน้ำว้ามีธาตุเหล็กมาก สอดคล้องกับข้อแนะนำสำหรับนักกีฬาประเภทใช้ความอดทนสูง ควรเพิ่มการบริโภคอาหารที่มีธาตุเหล็กมากขึ้น 70 เปอร์เซ็นต์ (McGuire & Beerman, 2013)

Miller (2012) ศึกษาของการให้กล้วยหอมปริมาณ 150 กรัม และ 300 กรัม โดยให้ตามช่วงเวลาที่กำหนด ก่อนออกกำลังกาย 3 นาที ระหว่างออกกำลังกายระดับความหนักปานกลางนาทีที่ 5, 15, 30 และ 60 พบว่าระดับโพแทสเซียมและน้ำตาลกลูโคสในเลือดมีปริมาณสูงขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม

Murdoch et al. (1993) ได้ศึกษาการให้กล้วยหอมในระยะฟื้นตัว 20 นาที ของนักไตรกีฬาจำนวน 8 คน โดยให้นักไตรกีฬาออกกำลังด้วยการวิ่ง 90 นาที และต่อด้วยปั่นจักยาน 90 นาที ที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ และพัก 20 นาที หลังจากช่วงพักให้นักไตรกีฬาออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ จนหมดแรง พบว่ากล้วยหอมช่วยรักษาระดับกลูโคสในเลือด และเพิ่มความอดทนในการออกกำลังกาย

Mitchell et al. (2000) ศึกษาอิทธิพลของการบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมคาร์โบไฮเดรตก่อนออกกำลังกายส่งผลต่อภาวะน้ำตาลในเลือดสูง โดยให้นักกีฬากรีฑาจำนวน 6 คน และบริโภค

อาหารที่มีส่วนผสมคาร์โบไฮเดรตตามที่กำหนดดังนี้ คาร์โบไฮเดรตประเภทฟรุกโตส 72 กรัมต่อชั่วโมง กลูโคส 54 กรัมต่อชั่วโมง ซูโคส 54 กรัมต่อชั่วโมง กล้วยหอม 54 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อชั่วโมง และสารหลอก โดยให้นักกีฬาวิ่งระยะทาง 10 กิโลเมตร พบว่ากล้วยหอมช่วยเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายที่มีระยะเวลานานเมื่อเปรียบเทียบกับสารหลอก

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาหารและโภชนาการนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างเสริมสุขภาพของบุคคลทั่วไปและนักกีฬา ซึ่งการทำงานของร่างกายจะเป็นปกติได้ร่างกายต้องได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วน โดยเฉพาะนักกีฬาเป็นกลุ่มคนที่ต้องใช้พลังงานในการออกกำลังกายอย่างมาก ในการออกกำลังกายจำเป็นต้องมีแหล่งพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหว ซึ่งสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญและให้พลังงานรวดเร็วเหมาะสำหรับการออกกำลังกาย โดยเฉพาะการแข่งขันกีฬาที่มีความต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน หลายวันติดต่อกันหรือต่อเนื่องภายในวันเดียวกัน นักกีฬาจำเป็นต้องฟื้นฟูไกลโคเจนกลับคืนอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย คาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญในการเพิ่มระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อให้กลับคืนสู่ภาวะปกติ ซึ่งการฟื้นฟูไกลโคเจนนั้นขึ้นอยู่กับการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตอย่างเพียงพอ หลังจากการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตระดับน้ำตาลในเลือดจะสูงขึ้นสัมพันธ์กับระดับอินซูลิน โดยที่อินซูลินจะควบคุมการสร้างไกลโคเจน อินซูลินจะกระตุ้นให้นำกลูโคสมาสร้างเป็นไกลโคเจน ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬาที่จะช่วยชดเชยน้ำ อิเล็คโตรไลต์ และเติมแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตมากมาย เช่น Sports Drink, Sports Gels และ Sports bar แต่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีราคาสูง ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาวิจัยอาหารต่าง ๆ ที่จะช่วยเติมแหล่งพลังงานให้นักกีฬาที่มีความหลากหลายของสารอาหารมากขึ้น พบว่า อาหารจากธรรมชาติที่มีราคาถูกและปลอดภัยมีผลใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬา อาหารจากธรรมชาติอาจเป็นอีกทางสำหรับนักกีฬาที่สนใจเกี่ยวกับการเติมแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต ในขณะที่กล้วยน้ำว้าเป็นอาหารที่ได้จากธรรมชาติและมีราคาถูก กล้วยน้ำว้าอุดมไปด้วยสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานหลักที่สำคัญขณะออกกำลังกาย อีกทั้งยังมีวิตามินแร่ธาตุหลายชนิดที่จำเป็นต่อการฟื้นตัวของนักกีฬา โดยสารอาหารหลักในกล้วยอาจช่วยทำให้การออกกำลังกายและการแข่งขันกีฬามีประสิทธิภาพใกล้เคียงหรืออาจดีกว่าผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬา ซึ่งมีประโยชน์ต่อหลาย ๆ ชนิดกีฬาที่ให้ความสำคัญกับคาร์โบไฮเดรตในช่วงก่อน ระหว่างและหลังการแข่งขัน ผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของการช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวหลังออกกำลังกายหรือการแข่งขันที่มีช่วงระยะพักน้อย เพื่อให้ร่างกายมีการเติมแหล่งพลังงานจากไกลโคเจนที่เสียไป และทำให้การออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬาในช่วงถัดไปทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีความ

สนใจที่จะศึกษาผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด ซึ่งเป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experiment design) โดยมีแบบแผนการวิจัยเป็นแบบ Cross over design ระหว่างอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO) โดยผู้เข้าร่วมวิจัย 1 คน จะได้รับอาหารเสริมทั้ง 2 ชนิด โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

ประชากรและการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ออกกำลังกายเป็นประจำ เพศชาย อายุระหว่าง 20-25 ปี โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงที่ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ระดับ 43-52 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที จำนวน 16 คน โดยแต่ละคนเป็นอาสาสมัครที่เข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ด้วยความเต็มใจ และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

1. เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นบุคคลที่มีสุขภาพดี ออกกำลังกายเป็นประจำไม่น้อยกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์ แต่ละครั้งไม่น้อยกว่า 30-45 นาที และออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 2 ปี เพศชายที่มีอายุระหว่าง 20-25 ปี

1.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยผ่านการทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q*) และผลการประเมินของผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือเกิดอันตรายจากการออกกำลังกาย

1.3 คัดเลือกจากการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ระดับ 43-52 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

1.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีโรคประจำตัวและความผิดปกติทางร่างกายใด ๆ และผ่านการตรวจร่างกายโดยแพทย์

1.5 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องเป็นผู้สมัครใจ ยินดีบริโภคกล้วยน้ำว้าตามปริมาณที่กำหนดและให้ตรวจระดับกลูโคสในเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว

1.6 ผู้เข้าร่วมวิจัยรับทราบวิธีการวิจัยและยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

2. เกณฑ์การคัดผู้เข้าร่วมวิจัยออก

2.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยมีสิทธิ์ขอถอนตัวการจากทดลองได้ตลอดเวลา

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดความผิดปกติทางร่างกายและสิ่งเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อผู้เข้าร่วมวิจัย เช่น เป็นไข้หวัดใหญ่ หรืออุบัติเหตุทำให้กระดูกหัก เป็นต้น

3. ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ได้ขอความร่วมมือจากผู้เข้าร่วมวิจัยให้งดเว้นการบริโภคอาหารเสริมบางประเภทที่อาจจะมีผลต่ออัตราการเผาผลาญของร่างกาย เช่น แคปซูลแอลคานิทีน เครื่องดื่มประเภทกระตุ้นการทำงานของร่างกาย เช่น เครื่องดื่มชูกำลัง แอลกอฮอล์ เป็นต้น โดยผู้เข้าร่วมวิจัยต้องเขียนแบบบันทึกการบริโภคอาหาร 3 วัน โดยการจดบันทึก 3 วัน ก่อนการวิจัย เพื่อสังเกตการบริโภคอาหารต่าง ๆ และก่อนการวิจัย 1 วัน ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยงดเว้นการออกกำลังกายและบันทึกแบบบันทึก 24 ชั่วโมง เพื่อสังเกตกิจกรรมต่าง ๆ ที่กระทำภายใน 24 ชั่วโมง ก่อนการวิจัย

4. ข้อจำกัดของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถกำหนดปริมาณสารอาหารคาร์โบไฮเดรตในกล้วยน้ำว้าให้มีปริมาณเท่ากันได้ทุกผล เนื่องจากในการวิจัยใช้กล้วยน้ำว้าจำนวนมาก ผู้วิจัยไม่สามารถนำกล้วยน้ำว้ามาตรวจหาสารอาหารคาร์โบไฮเดรตได้ทุกผล แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้กล้วยน้ำว้าจากร้านค้าเดียวกัน กล้วยน้ำว้าทุกหวีที่ใช้ในการวิจัย 1 ครั้งจะมาจากเครือเดียวกันและมีความสุกใกล้เคียงกันที่สุด

การใช้พลังงานของผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ได้มีการคำนวณอย่างชัดเจน ซึ่งประเมินจากแบบบันทึกการบริโภคอาหาร 3 วัน และแบบบันทึก 24 ชั่วโมง เท่านั้น

การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบอาหารจากธรรมชาติและผลิตภัณฑ์สำหรับนักกีฬา โดยไม่ได้คำนึงถึงเฉพาะปริมาณคาร์โบไฮเดรต

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

1.1 จักรยาน Bicycle ergometer (Monark, 894E, Sweden) เป็นจักรยานล้อเดียวอยู่กับที่มีสายพานพันรอบ สามารถทำให้ตึงหรือคลายให้หย่อนได้ในระหว่างการปั่นจักรยาน มีตัวเลขบอกน้ำหนักถ่วงจากสายพาน สำหรับการเคลื่อนที่ 1 รอบ ทำให้เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 6 เมตร

1.2 เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง (Zepper, ZT-120, China)

1.3 นาฬิกาจับเวลา (Casio, HS-30W, China)

1.4 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย ที่แสดงการกำหนดช่วงอัตราการเต้นของหัวใจได้ (Ciclo sport, CP-8, Germany)

1.5 เครื่องชั่งอาหาร (Electronic compact scale, SF-400A, China)

1.6 เครื่องช่วยฟังการเต้นของหัวใจ (Stethoscope focal standard, FC-205, Japan)

1.7 เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายแบบเครื่องชั่ง (Tanita, SC-330, Japan)

1.8 แผ่นบอกระดับความเหนื่อยสำหรับการปั่นจักรยาน (Nakkanung, Pinthong, Dabayebeh, Chuanchaiyakul, & Robertson, 2012)

1.9 แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q*)

1.10 แบบบันทึกการบริโภคอาหาร 3 วัน (3-days food record) หมายถึง แบบบันทึกอาหารเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอาหารภายใน 3 วันก่อนการวิจัย (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2547)

1.11 แบบบันทึกการเคลื่อนไหว โดยให้บันทึกกิจกรรมทุกอย่างที่ทำใน 24 ชั่วโมงก่อนการวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เลือด

2.1 เครื่องวิเคราะห์กลูโคส (ACCU-CHEK®, Performa, USA)

2.2 แถบตรวจน้ำตาลในเลือด (ACCU-CHEK®, Performa, Germany)

2.3 เข็มเจาะเลือด (ACCU-CHEK®, Softclix Lancet, Germany)

2.4 แอลกอฮอล์

2.5 สำลี

หมายเหตุ: การวิเคราะห์และเจาะเลือดในการวิจัยครั้งนี้โดยผู้เชี่ยวชาญ

3. อาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง ยี่ห้อเพาเวอร์บาร์ (PowerBar® performance energy bar, INC., BOISE, USA) โดยใช้ในการวิจัยครั้งนี้ปริมาณ 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง

4. อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า

เตรียมกล้วยน้ำว้าสุกระดับ 6 หมายถึง ลักษณะของเปลือกกล้วยน้ำว้าจะมีสีเหลืองทั้งลูกไม่มีสีเขียวหรือจุดสีดำปะปนอยู่ โดยใช้ในการวิจัยครั้งนี้ปริมาณ 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง โดยอาหารเสริมทั้ง 2 ชนิด ผู้วิจัยหั่นเป็นชิ้น ๆ พอดีคำ และชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดของแต่ละคนด้วยเครื่องชั่งอาหาร (Electronic compact scale, SF-400A, China)

วิธีการทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

1. การทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q*) เป็นแบบสอบถาม มีคำถามทั้งหมด 7 ข้อ และผลการประเมินของผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือเกิดอันตรายจากการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ก)

2. การทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (Maximum oxygen consumption) โดยใช้แบบทดสอบของออสตรานด์-ไรห์มิ่ง (Astrand et al., 2003) (ภาคผนวก จ)

3. การทดสอบความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน (Maximal power output, P_{max}) (ดัดแปลงจาก Karp et al., 2006)

3.1 ปรับเบาะจักรยานวัดงานให้เหมาะสมกับช่วงขาและเท้าของผู้รับการทดสอบ

3.2 ระหว่างการทดสอบ ให้ปั่นจักรยานด้วยความเร็วคงที่ 60 รอบ/นาที

3.3 เมื่อเริ่มการทดสอบจะให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานเริ่มที่ระดับความหนักของงาน 2 กิโลปอนด์ และเพิ่มขึ้น 0.5 กิโลปอนด์ ทุก ๆ 2 นาที ปั่นจักรยานไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้ เสร็จสิ้นการทดสอบ

4. การทดสอบสมรรถภาพโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1) ((ดัดแปลงจาก Betts et al., 2007)

4.1 ปรับเบาะจักรยานวัดงานให้เหมาะสมกับช่วงขาและเท้าของผู้รับการทดสอบ

4.2 ระหว่างการทดสอบ ให้ปั่นจักรยานด้วยความเร็วคงที่ 60 รอบต่อนาที

4.3 เมื่อเริ่มการทดสอบจะให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานเป็น 2 ช่วงสลับกัน แต่ละช่วงใช้เวลา 2 นาที หมายถึง ปั่นจักรยานที่ความหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ P_{max} เป็นเวลา 2 นาที แล้วสลับปั่นจักรยานที่ความหนัก 50 เปอร์เซ็นต์ P_{max} เป็นเวลา 2 นาที สลับแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้เข้ารับการทดลองจะรักษารอบของการปั่นจักรยานไม่ได้ แล้วจึงลดระดับความหนักลงเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ P_{max} ปั่นจักรยานสลับความหนัก 50 เปอร์เซ็นต์ P_{max} เป็นเวลา 2 นาที จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้เช่นเดิม แล้วลดระดับความหนักลงเรื่อย ๆ จากระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ P_{max}, 70 เปอร์เซ็นต์ P_{max}, 60 เปอร์เซ็นต์ P_{max}, และความหนักสุดท้ายที่ 50 เปอร์เซ็นต์ P_{max} แล้วปั่นจักรยานไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้ เสร็จสิ้นการทดสอบ

5. การทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย Endurance time (Test 2) (ดัดแปลงจาก Betts et al., 2007)

5.1 ปรับเบาะจักรยานวัดงานให้เหมาะสมกับช่วงขาและเท้าของผู้รับการทดสอบ

5.2 ระหว่างการทดสอบ ให้ปั่นจักรยานด้วยความเร็วคงที่ 60 รอบต่อนาที

5.3 เมื่อเริ่มการทดสอบจะให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 60 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ แล้วปั่นจักรยานไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานเกิน 1 นาที เสร็จสิ้นการทดลอง

หมายเหตุ: การทดสอบความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน การทดสอบสมรรถภาพโปรแกรม Glycogen depletion และ การทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย Endurance time มีข้อกำหนดเพื่อความปลอดภัย และการได้ข้อมูลที่ถูกต้องดังนี้

ก. ผู้วิจัยได้เตรียมแผ่นบอกระดับความเหนื่อย มีระดับคะแนน 1-10 เรียงจากความรู้สึกสบาย ๆ ไปจนถึงรู้สึกเหนื่อยมากที่สุด ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเลือกระดับว่า ขณะออกกำลังกายนั้นความเหนื่อยอยู่ในระดับใด โดยเลือกทุก ๆ 3 นาที เพื่อสังเกตอาการและความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข. ผู้เข้าร่วมวิจัยจะมีสายคาดหน้าอกซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

- เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัย เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัยสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ให้หยุดการทดสอบทันที แม้ว่าผู้เข้าร่วมวิจัยจะยังสามารถออกกำลังกายต่อได้ก็ตาม

- เพื่อความถูกต้องของข้อมูลในการทดสอบ ในกรณีถ้าผู้เข้าร่วมวิจัยรู้สึกเหนื่อยและบอกผู้วิจัยว่าไม่สามารถออกกำลังกายต่อได้ แต่อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดยังไม่สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยไม่สามารถให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดการออกกำลังกายได้ แต่จะโน้มน้าวให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังต่อจนอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัยสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จึงหยุดการทดสอบ

ในการวิจัยครั้งนี้มีพยาบาลวิชาชีพคอยดูแลและปฐมพยาบาลอย่างใกล้ชิด และมีมาตรการประสานงานกับหน่วยฉุกเฉินของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับผู้เข้าร่วมวิจัย

6. การได้รับอาหารเสริมในระยะฟื้นตัว (Recovery period) ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และให้อาหารเสริมตามที่กำหนดเป็นทุก ๆ 30 นาที จำนวนทั้งหมด 8 ครั้ง ดังนี้

- การวิจัยที่ 1 อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรต/กิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง

- การวิจัยที่ 2 อาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง

หมายเหตุ: ในช่วงเวลาการพักทั้ง 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้จัดเตรียมห้องพักสำหรับการพักผ่อนซึ่งมีสิ่งอำนวยความสะดวกและผ่อนคลายความเครียด เช่น โทรทัศน์ เบาะนอน เก้าอี้นั่งพัก เป็นต้น

7. การเจาะเลือดเพื่อวัดระดับกลูโคสในเลือด ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดทางปลายนิ้วโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเจาะเลือดเรียงตามลำดับจากนิ้วนาง กลาง ชี้ และโป้ง จากมือซ้ายไปขวาในช่วงเวลาที่กำหนด ปริมาณเลือดที่เจาะครั้งละ 0.0006 มิลลิลิตร หรือประมาณ 1 หยด รวมทั้งหมด 8 ครั้งต่อการวิจัย ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยต้องทำการทดสอบทั้งการวิจัยที่ 1 และ 2 รวมทั้งหมดต้องเจาะเลือด 16 ครั้ง และวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์กลูโคส (ACCU-CHEK®, Performa, USA) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

หมายเหตุ: หลังจากเจาะเลือดเสร็จในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยเตรียมสำลี แอลกอฮอล์เพื่อห้ามเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัย

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 3-1 ขั้นตอนที่ 1 รับสมัครอาสาสมัครตามเกณฑ์ที่กำหนดและคัดเลือกจากการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน

เวลา	กิจกรรม
สัปดาห์ที่ 1	1. รับสมัครอาสาสมัครตามเกณฑ์ที่กำหนด
	2. ผู้วิจัยอธิบาย ชี้แจงรายละเอียด ขั้นตอนในการวิจัยต่าง ๆ ให้อาสาสมัครทุกคนรับทราบ
	3. คัดเลือกอาสาสมัครทั้งหมดที่มาสมัครด้วยแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q*) และผลการประเมินของอาสาสมัครต้องไม่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ หรือเกิดอันตรายจากการออกกำลังกาย
	4. คัดเลือกอาสาสมัครให้ได้จำนวน 16 คน โดยคัดเลือกจากทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ระดับ 43-52 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที
	5. ตรวจสุขภาพ ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 16 คน

ตารางที่ 3-2 ขั้นตอนที่ 2 ชี้แจงรายละเอียดแบบบันทึกต่าง ๆ และทดสอบความสามารถพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

เวลา	กิจกรรม
สัปดาห์ที่ 2	1. ผู้วิจัยอธิบาย ชี้แจงรายละเอียด แบบบันทึกการบริโภคอาหาร 3 วัน แบบบันทึก 24 ชั่วโมงและขั้นตอนในการวิจัยต่าง ๆ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนรับทราบอย่างชัดเจน
	2. ดำเนินการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันและกล้ามเนื้อ ของผู้เข้าร่วมวิจัย
	3. ดำเนินการทดสอบความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน (Maximal power output, P_{max}) ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 16 คน เพื่อหาค่า P_{max} หลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้น นำค่า P_{max} ที่ได้ของแต่ละคน คำนวณค่า 50, 60, 70, 80 เปอร์เซ็นต์ P_{max} ของแต่ละคนเพื่อใช้ในการวิจัยต่อไป

TIME Pre 30m 60m 90m 1h 2h 3h 4h 30m 60m Post

▼ หมายถึง การให้อาหารเสริมทุก ๆ 30 นาที ในช่วง Recovery

☆ หมายถึง การประเมินผลความอดทนในการออกกำลังกาย

◇ หมายถึง การเจาะเลือดประเมินระดับกลูโคสในเลือด

ภาพที่ 3-1 รูปแบบการวิจัย

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการวิจัยที่ 1 และ 2 ตามรูปแบบการวิจัย

เวลา	กิจกรรม
สัปดาห์ที่ 3 และ 5	1. ผู้เข้าร่วมวิจัยถึงห้องปฏิบัติการ โดยก่อนการวิจัยให้นั่งพัก 5-10 นาที แล้วจับชีพจรขณะพัก ส่งแบบบันทึกอาหารและแบบบันทึก 24 ชั่วโมง
	2. ดำเนินการเจาะเลือดและเริ่มขั้นตอนแรก โดยปั่นจักรยานตามโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1) ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยจะใช้เวลาในการปั่นจักรยานประมาณ 60-90 นาที โดยปั่นจักรยานจนกระทั่งผู้ร่วมวิจัยไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้เกินเวลา 1 นาที ซึ่งสังเกตจากอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัยสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จึงหยุดการทดสอบ
	3. หลังจากทดสอบ Glycogen depletion (Test 1) เสร็จ ดำเนินการเจาะเลือดผู้เข้าร่วมวิจัยทันทีและเจาะเลือดครั้งถัดไปตามเวลาที่กำหนด รวมทั้งหมด 8 ครั้ง เพื่อประเมินค่าระดับกลูโคสในเลือดและเข้าสู่ช่วง Recovery ให้นั่งพัก 4 ชั่วโมง โดย ทุก ๆ 30 นาที จะให้อาหารเสริมตามที่กำหนดในแต่ละสัปดาห์และผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องบริโภคให้หมดภายในเวลา 5-10 นาที หลังจากได้รับอาหารเสริมในแต่ละครั้งรวมทั้งหมด 8 ครั้ง **- การวิจัยที่ 1** อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง **- การวิจัยที่ 2** อาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรตต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตรต่อคนต่อชั่วโมง
	4. เริ่มปั่นจักรยานขั้นตอน Endurance time (Test 2) โดยปั่นจักรยานที่ความเร็ว 60 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ ของแต่ละคน จนกระทั่งผู้ร่วมวิจัยไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้เกินเวลา 1 นาที ซึ่งสังเกตจากอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัยสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จึงหยุดการทดสอบ และบันทึกผลเวลาความอดทนในการออกกำลังกาย หลังทดสอบขั้นตอน Test 2 เสร็จ ดำเนินการเจาะเลือดครั้งสุดท้าย

หมายเหตุ: การวิจัยในสัปดาห์ที่ 3 จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 8 คน จากการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลาก กลุ่มที่ 1 ทำการวิจัยที่ 1 ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและกลุ่มที่ 2 ทำการวิจัยที่ 2 ได้รับอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง หลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการพัก 1 สัปดาห์ในสัปดาห์ที่ 4 และเริ่มการวิจัยอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 5 โดยกลุ่มที่ 1 และ 2 จะสลับ

การวิจัยกัน กลุ่มที่ 1 ทำการวิจัยที่ 2 ได้รับอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง และกลุ่มที่ 2 ทำการวิจัยที่ 1 ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การประเมินลักษณะทางกายภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย ดำเนินการเก็บข้อมูล อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน เปอร์เซ็นต์ไขมันและกล้ามเนื้อ บันทึกผลและนำข้อมูลที่ได้ คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การประเมินระดับกลูโคสในเลือดจากการเก็บตัวอย่างเลือดทางปลายนิ้ว ในช่วงเวลาระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์กลูโคส (ACCU-CHEK®, Performa, USA) นำค่าที่ได้ คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละการวิจัย และนำผลกลูโคสในเลือดแต่ละครั้ง ซึ่งมีทั้งหมด 8 ครั้ง มาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวิจัยที่ 1 และ 2

3. การประเมินความอดทนในการออกกำลังกาย ดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนเวลาที่สามารถปั่นจักรยานหลังจากเสร็จการทดสอบ Endurance time (Test 2) บันทึกผลและนำค่าที่ได้ คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละการวิจัย นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบระหว่างวิจัยที่ 1 และ 2

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน เปอร์เซ็นต์ไขมันและกล้ามเนื้อ ระดับกลูโคสในเลือดและความอดทนในการออกกำลังกาย

2. ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือดระหว่างการทดลองที่ 1 และ 2 โดยใช้สถิติ Paired samples t-test และ Repeated measures ANOVA โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด การวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experiment design) โดยมีแบบแผนการวิจัยเป็นแบบ Cross over design ระหว่างอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอข้อมูลในรูปตารางข้อมูลและความเรียงตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO) ที่มีต่อระดับกลูโคสในเลือด

ตอนที่ 3 การศึกษาผลของอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO) ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกาย

โดยการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ แทนความหมายในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

Λ	แทน	ค่า Wilks' lambda
F- test	แทน	ค่าสถิติทดสอบเอฟ
$\overline{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
p-value	แทน	ค่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานกลาง
Mean difference	แทน	ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย
t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที

ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นคนปกติที่ออกกำลังกายเป็นประจำเพศชาย จำนวน 16 คน และถอนตัวระหว่างการวิจัย 1 คน เนื่องจากผู้ร่วมวิจัยไม่สามารถมาทดสอบตามเวลาที่กำหนดได้ ดังนั้นข้อมูล

ที่นำมาวิเคราะห์ได้จากผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 15 คน สำหรับค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อธิบายลักษณะทางกายภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย แสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	$\bar{x}$	SD
อายุ (ปี)	20.73	0.79
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.99	8.41
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	172.27	6.19
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)	63.46	7.38
ไขมัน (%)	15.12	4.00
กล้ามเนื้อ (%)	80.43	3.78
$\dot{V}O_{2max}$ (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	50.40	7.27

จากตารางที่ 4-1 จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 15 คน มีอายุเฉลี่ย 20.73 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 64.99 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 172.27 เซนติเมตร อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเฉลี่ย 63.46 ครั้งต่อนาที ร้อยละเฉลี่ยของไขมัน 15.12 ร้อยละเฉลี่ยของกล้ามเนื้อ 80.43 และ $\dot{V}O_{2max}$ 50.40 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว จากข้อมูลค่าเฉลี่ยลักษณะทางกายของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันและตรงตามเกณฑ์คัดเลือกที่กำหนด

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุดและต่ำสุดของเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1) ของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO

อาหารเสริม	เวลา (นาที)		
	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
BAN	72.33	88	62
CHO	72.60	85	61

จากตารางที่ 4-2 จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 15 คน แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุดและต่ำสุดของเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1) ของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้รับ

อาหารเสริม BAN และ CHO ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันส่งผลต่อการใช้พลังงานจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อใกล้เคียงกัน

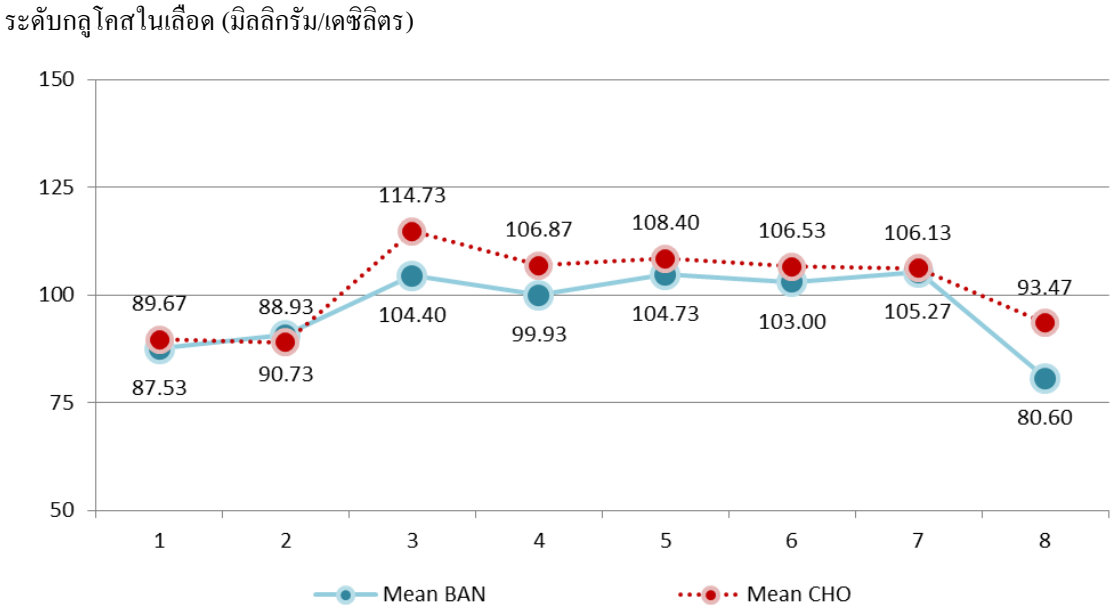
ตอนที่ 2 การศึกษาผลของอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO) ที่มีต่อระดับกลูโคสในเลือด

การเจาะเลือดเพื่อประเมินระดับกลูโคสในเลือดในช่วงเวลาที่กำหนดรวมทั้งหมด 8 ครั้งต่อการได้รับอาหารเสริม ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับอาหารเสริมที่ 1 (BAN) และ 2 (CHO) รวมทั้งหมดต้องเจาะเลือด 16 ครั้ง แสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกลูโคสในเลือด จำแนกตามอาหารเสริม (BAN) และ (CHO) ตามช่วงเวลาในการวิจัย (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

		ระดับกลูโคสในเลือด							
	อาหารเสริม	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ครั้งที่ 4**	**ครั้งที่ 5**	**ครั้งที่ 6**	**ครั้งที่ 7**	**ครั้งที่ 8**
$\overline{X}$ (SD)	BAN	87.53 (5.65)	90.73 (8.59)	104.40 (13.12)	99.93 (8.43)	104.73 (7.96)	103.00 (7.98)	105.27 (12.35)	80.60 (11.71)
	CHO	89.67 (3.47)	88.93 (15.99)	114.73 (13.32)	106.87 (18.92)	108.40 (10.56)	106.53 (7.98)	106.13 (7.17)	93.47 (10.83)

จากตารางที่ 4-3 จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 15 คน การวิจัยที่ 1 (BAN) มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกลูโคสในเลือดครั้งที่ 1-8 ตามลำดับดังนี้ 87.53 (5.65), 90.73 (8.59), 104.40 (13.12), 99.93 (8.43), 104.73 (7.96), 103.00 (7.98), 105.27 (12.35) และ 80.60 (11.71) มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร การวิจัยที่ 2 (CHO) มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกลูโคสในเลือดครั้งที่ 1-8 ตามลำดับดังนี้ 89.67 (3.47), 88.93 (15.99), 114.73 (13.32), 106.87 (18.92), 108.40 (10.56), 106.53 (7.98), 106.13 (7.17) และ 93.47 (10.83) มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งภาพรวมของค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดของกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม แสดงได้ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือด จำแนกตามอาหารเสริม (BAN) และ (CHO) ตามช่วงเวลาในการวิจัยทั้ง 8 ครั้ง

การทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างของระดับกลูโคสในเลือดในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ระหว่างอาหารเสริม (BAN) และ (CHO) และผลการทดสอบสมมติฐานความเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสในเลือดเมื่อมีการวัดซ้ำของ BAN และ CHO ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4-4 และ 4-5

ตารางที่ 4-4 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของระดับกลูโคสในเลือด ระหว่าง BAN และ CHO

Treatment	**ค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดทั้ง 8 ช่วงเวลา**							
	T1	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**	**T7**	**T8**
BAN	87.53	90.73	104.40	99.93	104.73	103.00	105.27	80.60
CHO	89.67	88.93	114.73	106.87	108.40	106.53	106.13	93.47
Multivariate test	Wilks'Lambda (Λ) = 0.541, Multivariate F-test = 2.231, p-value = .067							
Univariate F-test	1.252	0.157	4.830	1.796	1.237	1.548	0.055	*10.150**
p-value	0.273	0.695	0.036	0.191	0.276	0.224	0.816	0.004
Eta-square	0.043	0.006	0.147	0.060	0.042	0.052	0.002	0.266

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการทดสอบสมมติฐานในภาพรวมของความแตกต่างพบว่าค่า Wilks' Lambda (Λ) ไม่มีความแตกต่างกัน (Λ = 0.541, Multivariate F-test = 2.231, p-value = .067) แสดงว่าระดับความแตกต่างเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดทั้ง 8 ครั้ง ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 15 คน ระหว่างอาหารเสริม BAN และ CHO ไม่แตกต่างกันทางสถิติและเมื่อพิจารณานัยสำคัญในแต่ละครั้งพบว่า ระดับกลูโคสในช่วงเวลาที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Univariate F-test = 10.150, p-value = .004, Eta-square = 0.266) แสดงว่าระดับความแตกต่างเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดช่วงเวลาที่ 8 ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 15 คน ระหว่างอาหารเสริม BANและ CHO แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4-5 การทดสอบสมมติฐานความเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสในเลือด เมื่อมีการวัดซ้ำของ BAN และ CHO

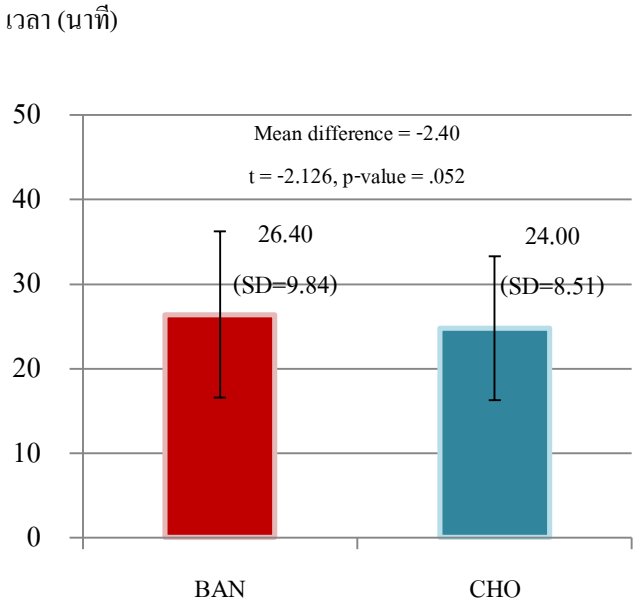
Treatments	**ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดของการวัดซ้ำในแต่ละครั้ง**						
	T1-T2	**T2-T3**	**T3-T4**	**T4-T5**	**T5-T6**	**T6-T7**	**T7-T8**
BAN	3.20	13.67	-4.47	4.80	-1.73	2.27	-24.67
Multivariate test	Wilks' Lambda (Λ) = 0.054, Multivariate F-test = 20.111, p-value = .000						
Univariate F-test	2.095	*21.872***	3.095	3.133	0.449	0.903	*31.981***
p-value	0.170	0.000	0.100	0.098	0.514	0.358	0.000
Eta-square	0.130	0.610	0.181	0.183	0.031	0.061	0.696
CHO	-0.74	25.80	-7.86	1.53	-1.87	-0.40	-12.66
Multivariate test	Wilks' Lambda (Λ) = 0.046, Multivariate F-test = 23.961, p-value = .000						
Univariate F-test	0.033	*28.867***	4.301	0.144	0.499	0.025	*12.264**
p-value	0.859	0.000	0.057	0.710	0.492	0.876	0.004
Eta-square	0.002	0.673	0.235	0.010	0.034	0.002	0.467

** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001; * นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการทดสอบสมมติฐานในภาพรวมของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดของการวัดซ้ำในแต่ละครั้งของ BAN (Wilks' Lambda (Λ) = 0.054, Multivariate F-test = 20.111, p-value = .000) และ CHO (Wilks' Lambda (Λ) = 0.046, Multivariate F-test = 23.961, p-value = .000) พบว่าค่า Wilks' Lambda (Λ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าระดับความแตกต่างเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดทั้ง 8 ครั้ง ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 15 คน ที่ได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณานัยสำคัญในแต่ละครั้งพบว่า ระดับกลูโคสเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ T2-T3 และ T7-T8 ของกลุ่มที่ได้รับ BAN (Univariate F-test = 21.872, 31.981, p-value = .000, .000, Eta-square = 0.610, 0.696) และ CHO

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Univariate F-test = 28.867, 12.264, p-value = .000, .004, Eta-square = 0.673, 0.467) ตามลำดับ แสดงว่าระดับกลูโคสเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ T2-T3 และ T7-T8 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับ BAN และ CHO แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 3 การศึกษาผลของอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO) ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกาย



ภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความอดทนในการออกกำลังกายจำแนกตามอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO)

จากภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความอดทนในการออกกำลังกายระหว่างอาหารเสริม (BAN) (26.40 นาที) (SD = 9.84) และ (CHO) (24.00 นาที) (SD = 8.51) ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 2.40 นาที (Mean difference = -2.40) และผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความอดทนในการออกกำลังกายด้วยสถิติทดสอบที พบว่า ระดับความแตกต่างเฉลี่ยของความอดทนในการออกกำลังกายระหว่าง (BAN) และ (CHO) ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01 (t = -2.126, p-value = 0.052)

บทที่ 5
สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาจากวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกายที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด
2. เพื่อเปรียบเทียบความอดทนในการออกกำลังกาย และระดับกลูโคสในเลือดระหว่างการให้อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง

สมมติฐานของการวิจัย

1. กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งมีระดับกลูโคสในเลือดแตกต่างกัน
2. กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งมีความอดทนในการออกกำลังกายแตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

1. กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งมีระดับกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างกัน
2. กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งมีความอดทนในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผล

จากการศึกษาผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ตลอดจนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาอภิปรายผลตามสมมติฐานในแต่ละข้อดังนี้

กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า (BAN) และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง (CHO) มีระดับกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4-4) ผลการทดสอบสมมติฐานในภาพรวมของความแตกต่างพบว่าค่า Wilks' Lambda (Λ) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Λ = 0.541, Multivariate F-test = 2.231, p-value = .067) แสดงว่าระดับความแตกต่างเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดทั้ง 8 ครั้ง ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 15 คน ระหว่างอาหารเสริม (BAN) และ (CHO) ไม่แตกต่างกัน อาหารเสริม (BAN) และ (CHO) นั้นเป็นแหล่งของสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเมื่อบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรต ระดับกลูโคสในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นและจะเหนี่ยวนำให้มีการหลั่งอินซูลินจากเซลล์ตับอ่อน อินซูลินจะออกมาเพื่อปรับความสมดุลให้ระดับกลูโคสในเลือดกลับเข้าสู่ภาวะปกติ กลูโคสในเลือดจะถูกนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง และทำให้ระดับกลูโคสในเลือดต่ำลง และส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือดกลับสู่ภาวะปกติ (สุนีย์ สหัสโพธิ์, 2543) จากการศึกษาของ Kaastra et al. (2006) โดยให้นักกีฬาบริโภคคาร์โบไฮเดรตในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกายพบว่า ระดับกลูโคสในเลือดและระดับอินซูลินสูงขึ้น ซึ่งระดับอินซูลินสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fernandez et al. (2009) และ Wallis et al. (2008) พบว่า การดื่มเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรต ส่งผลให้ระดับอินซูลินสูงขึ้นในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย และพบว่าระดับกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างกันระหว่างเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตที่มีส่วนผสมต่างกัน โดยมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก เช่นเดียวกับ Kern et al. (2007) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการให้ลูกเกด และ Sports gels โดยบริโภคก่อนออกกำลังกาย 45 นาที และให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ พบว่า ระดับกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nieman et al. (2012) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกล้วยหอมและ Sports drink เมื่อกลุ่มตัวอย่างได้รับทุก ๆ 15 นาที ในการปั่นจักรยาน 75 กิโลเมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด

เมื่อเปรียบเทียบระดับกลูโคสในเลือดช่วงเวลา T2 กับ T3 ของกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO มีค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดสูงขึ้นจากช่วงเวลา T2 ถึง T3 (90.73-104.40, 88.93-114.73 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) (ตารางที่ 4-4) ผลการทดสอบทางสถิติของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดของการวัดซ้ำในแต่ละครั้งช่วงเวลา T2 กับ T3 ของอาหารเสริม BAN และCHO พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Univariate F-test = 21.872, 28.867, p-value = .000, .000, Eta-square = 0.610, 0.673) ตามลำดับ (ตารางที่ 4-5) หลังจากที่ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายด้วยโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1) และได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO เป็นครั้งแรก คาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในอาหารเสริมเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งกลูโคสในเลือดจะถูกพาไปยังเซลล์ทุกชนิดเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและเพื่อ

สังเคราะห์สารอื่น ๆ ในภาวะปกติปริมาณกลูโคสในเลือดจะมีประมาณ 70-105 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และจะเพิ่มขึ้นหลังได้รับอาหาร 30-60 นาที เป็น 130 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และจะกลับสู่ภาวะปกติภายใน 3 ชั่วโมง (วีนัส ลีพหกุล และคณะ, 2545) ซึ่งระดับกลูโคสที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fallowfield and Williams (1997) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการให้คาร์โบไฮเดรตในปริมาณต่างกัน และ Betts et al. (2007) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างคาร์โบไฮเดรตและคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีน ซึ่งทั้ง 2 งานวิจัยมีวิธีการทดลองคล้ายกัน โดยให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง 90 นาที ที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ และให้พัก 4 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างจะได้รับอาหารเสริมในช่วงพัก และสุดท้ายออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ จนหมดแรง พบว่าหลังจากกลุ่มตัวอย่างได้รับคาร์โบไฮเดรตเป็นครั้งแรกในช่วงพักหลังออกกำลังกาย ระดับกลูโคสในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นภายในช่วงเวลา 30-60 นาที

กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO มีค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดช่วงเวลาที่ T3 มีแนวโน้มแตกต่างกัน (ตารางที่ 4-4) แสดงให้เห็นว่าหลังจากที่ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับอาหารเสริมเป็นครั้งแรก ระดับกลูโคสในเลือดสูงขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม แต่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม CHO มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Univariate F-test = 4.830, p-value = .036, Eta-square = 0.147) ทั้งนี้อาหารเสริม CHO มีแนวโน้มระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่า BAN อาจเนื่องมาจากค่าดัชนีน้ำตาลมีความแตกต่างกันระหว่างอาหารเสริม CHO มีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 58 (Foster-Powell, Holt, & Brand-Miller, 2002) และอาหารเสริม BAN มีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 37 (จีรนันท์ แกล้วกล้า, 2552) ซึ่งค่าดัชนีน้ำตาลอาหารเสริม CHO มีค่าสูงกว่า BAN ส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือดมีแนวโน้มสูงกว่า ค่าดัชนีน้ำตาลเป็นอัตราการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตต่อระดับน้ำตาลในเลือด ในอาหารแต่ละชนิดที่มีสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบจะมีอัตราการย่อยและการดูดซึมแตกต่างกัน ในอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงอาหารจะถูกย่อยและดูดซึมได้เร็ว และทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ อาหารจะถูกย่อยและดูดซึมได้ช้าและทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ (Jenkins et al.,1981) ซึ่งค่าดัชนีน้ำตาลมีความสัมพันธ์กับระดับกลูโคสในเลือดที่เพิ่มขึ้น และมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูง และอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ พบว่าอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงจะมีระดับกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นภายในเวลา 30-60 นาที (Ludwig, 2002) ดังนั้นระดับกลูโคสในเลือดของอาหารที่มีดัชนีน้ำตาลสูงจึงมีค่าระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Anderson, 2012)

เมื่อเปรียบเทียบระดับกลูโคสในเลือดช่วงเวลา T7 กับ T8 ของกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO มีค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดต่ำลงจากช่วงเวลา T7 ถึง T8 (105.27-80.60, 106.13-93.47 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) (ตารางที่ 4-4) ผลการทดสอบทางสถิติของความแตกต่าง

ระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดของการวัดซ้ำในแต่ละครั้งช่วงเวลา T7 กับ T8 ของอาหารเสริม BAN และCHO พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Univariate F-test = 31.981, 12.264, p-value = .000, .004, Eta-square = 0.696, 0.467) ตามลำดับ (ตารางที่ 4-5) หลังจากผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับอาหารเสริมทุก ๆ 30 นาที ในช่วงฟื้นตัวเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และเข้าสู่ช่วงออกกำลังกาย 60 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ (Test 2) ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลางจะได้รับแหล่งพลัง กลูโคส ไกลโคเจน และกรดไขมัน ไตรกลีเซอร์ไรด์ เป็นแหล่งพลังงานโดยรวมในปริมาณที่เท่า ๆ กัน และเมื่อมีการออกกำลังกายอย่างยาวนานต่อไปอีก ทั้งไกลโคเจนและไตรกลีเซอร์ไรด์จะถูกนำมาใช้เป็นพลังงานน้อยลง (ธีรศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552) ซึ่งการออกกำลังกายใน Test 2 มีความหนักระดับปานกลางส่งผลให้ระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลง (Costill & Hargreaves, 1992) กลูโคสในเลือดจะเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้มากขึ้น และหลังจากระดับของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อต่ำลง (Coggan & Coyle, 1991) ร่างกายจะใช้แหล่งพลังงานจากกลูโคสมากขึ้นส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือดหลังจากออกกำลังกายใน Test 2 ลดลงต่ำกว่าช่วงฟื้นตัว ระดับกลูโคสในเลือดที่ลดต่ำลงหลังจากออกกำลังกายสอดคล้องกับวิจัยของ Wong et al. (2000) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง Sports drink และสารหลอก โดยให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง 90 นาที และให้พัก 4 ชั่วโมง โดยทุก ๆ 30 นาที กลุ่มตัวอย่างจะได้รับเครื่องดื่มในช่วงพัก และออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ จนหมดแรง แสดงให้เห็นว่าหลังจากช่วงออกกำลังกายจนหมดแรง ระดับกลูโคสในเลือดจะลดต่ำกว่าช่วงฟื้นตัว

กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO มีค่าเฉลี่ยของระดับกลูโคสในเลือดช่วงเวลา T8 แตกต่างกัน (ตารางที่ 4-4) แสดงให้เห็นว่าหลังจากที่ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกาย Endurance time (Test 2) ระดับกลูโคสในเลือดของกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN ต่ำกว่า CHO อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Univariate F-test = 10.150, p-value = .004, Eta-square = 0.266) เนื่องจากในการออกกำลังกาย Endurance time (Test 2) เป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลางร่างกายจึงใช้แหล่งพลังงานหลักจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ จากการศึกษาของ Romijn et al. (1993) พบว่าการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางจนถึงระดับความหนักสูง ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อใช้แหล่งพลังงานมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมด และเมื่อออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลง (Costill & Hargreaves, 1992) เมื่อปริมาณไกลโคเจนลดลง ร่างกายจะปรับเปลี่ยนมาใช้กลูโคสในเลือดเป็นแหล่งพลังงานมากขึ้น (Coggan & Coyle, 1991) ส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือดลดลง เมื่อพิจารณาจากผลการวิจัยความอดทนในการออกกำลังกาย พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN (26.40 นาที) มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยเวลาสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม CHO (24.00 นาที) แสดงให้เห็นว่าระดับกลูโคสในเลือดที่ลดลงของ

อาหารเสริม BAN อาจสัมพันธ์กับเวลาในการออกกำลังกาย Endurance time (Test 2) เพราะค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายของกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN มีเวลานานกว่าจึงอาจส่งให้ใช้พลังงานจากกลูโคสในเลือดมากกว่า และทำให้ระดับกลูโคสในเลือดของกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN ลดลงต่ำกว่าอาหารเสริม CHO

กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO มีความอดทนในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4-3) (Mean difference = -2.40, t-ratio = -2.126, p-value = .052) แสดงว่าระดับความแตกต่างเฉลี่ยของความอดทนในการออกกำลังกายของกลุ่มทดลองทั้ง 15 คน ระหว่างอาหารเสริม BAN และ CHO ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับกลูโคสในเลือดช่วงเวลาฟื้นตัวหลังได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO ไม่แตกต่างกัน (T3-T7) (ตารางที่ 4-4) ซึ่งการฟื้นฟูไกลโคเจนนั้นขึ้นอยู่กับการได้รับอาหารคาร์โบไฮเดรตอย่างเพียงพอ (Burke et al., 1995; Costill et al., 1981) หลังจากการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรต ระดับน้ำตาลในเลือดจะสูงขึ้นสัมพันธ์กับระดับอินซูลินที่สูงเช่นเดียวกัน (Zachwieja et al., 1993) โดยอินซูลินจะเป็นตัวควบคุมการสร้างไกลโคเจน อินซูลินจะกระตุ้นให้นำกลูโคสมาสร้างไกลโคเจนโดยการเพิ่มการสร้างเอนไซม์ Glycogen synthase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ (Ivy, 1998) ซึ่งการออกกำลังกายใน Test 2 ใช้แหล่งพลังงานหลักจากไกลโคเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ Ivy et al. (2002) ให้นักกีฬาปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ $\dot{V}O_{2max}$ และพักเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งในช่วงพักนักกีฬาจะได้รับคาร์โบไฮเดรต พบว่า ในช่วงของการพักเมื่อได้รับคาร์โบไฮเดรตส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือด ระดับอินซูลินและปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Carrithers et al. (2000) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการบริโภคคาร์โบไฮเดรตและคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนทุก ๆ 30 นาที หลังจากออกกำลังกาย พบว่าระดับกลูโคสในเลือด ระดับอินซูลินและปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน ซึ่งจากงานวิจัยครั้งนี้พบว่า ระดับกลูโคสในเลือดช่วงเวลาฟื้นตัวหลังได้รับอาหารเสริม BAN และ CHO ไม่แตกต่างกัน จึงอาจส่งผลต่อการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อแหล่งพลังงานที่ใช้ในออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน อาจส่งผลให้เวลาของความอดทนในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกันด้วย

สรุปผลวิจัยพบว่า หลังจากการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางถึงระดับสูง (Test 1) ร่างกายจะใช้แหล่งพลังงานจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ซึ่งระยะเวลาในการออกกำลังกาย Test 1 ใกล้เคียงกัน แสดงว่าก่อนที่ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับอาหารเสริมน่าจะมีระดับไกลโคเจนลดลงใกล้เคียงกัน การให้อาหารเสริม BAN และ CHO เป็นครั้งแรกในช่วงเวลาฟื้นตัว ระดับกลูโคสในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นภายในเวลา 30-60 นาที ซึ่งอาหารเสริม CHO มีแนวโน้มระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่าอาหารเสริม BAN เนื่องจากอาหารเสริม CHO มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงกว่า แต่อย่างไรก็ตาม

หลังจากช่วงเวลา 30-60 นาทีแรกที่ได้รับอาหารเสริม ระดับกลูโคสของอาหารเสริม BAN และ CHO นั้นค่อย ๆ มีระดับใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีการบริโภคอาหารเสริมทุก ๆ 30 นาที ในช่วงเวลาพักหลังออกกำลังกาย ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติพบว่าระดับกลูโคสในเลือดช่วงเวลาฟื้นตัวของอาหารเสริมทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน หลังจากช่วงเวลาฟื้นตัว ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลาง (Test 2) พบว่าระดับกลูโคสในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอาหารเสริมทั้ง 2 ชนิด ซึ่งในอาหารเสริม BAN มีระดับกลูโคสในเลือดลดลงต่ำกว่าอาหารเสริม CHO เนื่องจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการออกกำลังกายใน Test 2 เมื่อออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลง ร่างกายจะใช้แหล่งพลังงานจากกลูโคสในเลือดมากขึ้นส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือดลดลง และเมื่อพิจารณาจากผลการวิจัยความอดทนในการออกกำลังกาย พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BAN มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยเวลาสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม CHO แสดงให้เห็นว่าระดับกลูโคสในเลือดที่ลดลงของอาหารเสริม BAN อาจสัมพันธ์กับเวลาในการออกกำลังกาย (Test 2) เพราะค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายของอาหารเสริม BAN มีเวลานานกว่าจึงอาจส่งผลให้ใช้พลังงานจากกลูโคสในเลือดมากกว่าจึงทำให้ระดับกลูโคสในเลือดของอาหารเสริม BAN ลดลงต่ำกว่าอาหารเสริม CHO แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า ความอดทนในการออกกำลังกายของอาหารเสริม BAN และ CHO ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากระดับกลูโคสในเลือดในช่วงเวลาฟื้นตัวนั้นไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการเก็บสะสมแหล่งพลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อแหล่งพลังที่ใช้ในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกันอาจส่งผลให้ความอดทนในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน

จากงานวิจัยฉบับนี้แสดงให้เห็นว่า BAN เป็นแหล่งพลังที่มีประสิทธิภาพเมื่อนำมาใช้ในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย แม้ว่าในช่วงแรกที่บริโภคอาหารเสริม CHO นั้นมีแนวโน้มระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่าอาหารเสริม BAN แต่หลังจากนั้นระดับกลูโคสในเลือดของอาหารเสริม BAN และ CHO ไม่มีความแตกต่างกันในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย แสดงว่าการให้ BAN สามารถเพิ่มและรักษาระดับกลูโคสในเลือดเทียบเท่า CHO ในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย แม้ว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความอดทนในการออกกำลังกายของทั้ง 2 อาหารเสริมจะไม่แตกต่างกัน แต่ในอาหารเสริม BAN มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยเวลาของความอดทนในการออกกำลังกายสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม CHO เป็นเวลา 2.40 นาที ซึ่งเวลาที่สามารถออกกำลังกายได้นานกว่าของอาหารเสริม BAN นี้จะมีผลต่อการตัดสินชัยชนะอย่างมากในกีฬาหลาย ๆ ชนิด เช่น ว่ายน้ำ กรีฑา ไตรกีฬา เป็นต้น กล้วยน้ำว้านั้นปลูกและให้ผลผลิตมากที่สุดในประเทศไทย กล้วยน้ำว้าเป็นอาหารที่ได้จากธรรมชาติ หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก และเหมาะสำหรับคนไทย ดังนั้นนักกีฬาที่ต้องการ

เติมสารอาหารคาร์โบไฮเดรตในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย กล้วยน้ำว้าอาจเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับนักกีฬาได้

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ไทยที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และอุดมไปด้วยสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับนักกีฬาในการใช้อาหารคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากธรรมชาติ บริโภคได้ง่าย ราคาถูก ประหยัดค่าใช้จ่าย และมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่งสำหรับนักกีฬา

สำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษากับนักกีฬาชนิดต่าง ๆ ซึ่งนักกีฬาจะสมรรถภาพหรือการใช้พลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกายแตกต่างกัน เช่น นักกีฬาวิ่งมาราธอน นักไตรกีฬา นักว่ายน้ำระยะไกล เป็นต้น

2. ควรมีการศึกษากับกล้วยน้ำว้าที่แปรรูป เช่น กล้วยน้ำว้าตาก กล้วยน้ำว้าอบ เพราะกล้วยน้ำว้าที่แปรรูปนั้นบริโภคได้ง่าย สะดวกในการพกพา ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ด้วย

บรรณานุกรม

กัลยา กิจบุญชู. (2551). โภชนาการเพื่อสมรรถนะการออกกำลังกายและกีฬา. *วารสารโภชนาการ, 43*(3), 39-45.

จีรนันท์ แกล้วกล้า. (2552). *โภชนาการสำหรับนักกีฬาและผู้ออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล. (2552). *หลักวิทยาศาสตร์ในการฝึกกีฬา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นฤมล ลีลายุวัฒน์. (2553). *สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย.* ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นัยนา บุญทวียุวัฒน์. (2553). *ชีวเคมีทางโภชนาการ*. กรุงเทพฯ: เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. (2545). *กล้วย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. (2556). *อาหารและโภชนาการ*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิชิต ภูติจันทร์ และสมหวัง ชาญศิริวัฒน์. (2547). *โภชนศาสตร์การกีฬา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ริญ เจริญศิริ, ชนิลเนตร ต่อสหะกุล และรัชนี คงคาฉุยฉาย. (2551). ปริมาณเกลือแร่ชนิดต่าง ๆ โพลีฟีนอลแทนนิน และไฟเตทในผลไม้ไทย. *วารสารโภชนาการ*, *43*(4), 17-27.

ริญ เจริญศิริ และรัชนี คงคาฉุยฉาย. (2551). *โภชนาการกับผลไม้*. กรุงเทพฯ: สารคดี.

วีนัส ลีฬหกุล, สุภาณี พุทธเดชาคุ้ม และถนอมขวัญ ทวีบูรณ์. (2545). *โภชนศาสตร์ทางการพยาบาล*. กรุงเทพฯ: บุญศิริการพิมพ์.

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2556). *โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปคำนวณสารอาหาร INMUCAL-Nutrients V3 ฐานข้อมูลชุด NB1*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล.

สนธยา สีละมาด. (2555). *หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุกัญญา เจริญวัฒนะ. (2547). *สภาพโภชนาการนักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุทธิชัย ปทุมล่องทอง. (2554). *กล้วย สุดยอดอาหารโภชนาการ*. กรุงเทพฯ: วี.พริ้นท์.

สุธาทิพ ภมรประวัติ. (2549). กล้วยลดอันตรายจากความดันเลือด. *วารสารหมอชาวบ้าน, 329*(28), 19-26.

สุนีย์ สหัสโพธิ์. (2543). *ชีวเคมีทางโภชนาการ*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สุวิมล ตัณฑ์ศุภศิริ. (2551). *สารอาหาร อาหารหลักและการกำหนดรายการอาหาร*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. (2541). *หลักโภชนาการปัจจุบัน*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

Anderson, M. L. (2012). The effect of a dietary carbohydrase enzyme system on blood glucose levels when combined with foods of varying glycemic index in male sprague–dawley rats. *Journal of Medicinal Food, 15*(1), 71-77.

Astrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Stromme, S. B. (2003). *Textbook of physiology*. USA: Human Kinetic.

Beelen, M., Burke, L. M., Gibala, M. J., & van Loon, L. J. C. (2010). Nutritionl strategies to promote postexercise recovery. *Journal of Physical Activity and Health*, *20*(6), 1-17.

Berardi, J. M., Noreen, E. E., & Lemon, P. W. (2008). Recovery from a cycling time trial is enhanced with carbohydrate-protein supplementation vs. isoenergetic carbohydrate supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 5*(24), 1-11.

Betts, J., Williams, C., Duffy, K., & Gunner, F. (2007). The influence of carbohydrate and protein ingestion during recovery from prolonged exercise on subsequent endurance performance. *Journal of Sports Sciences, 25*(13), 1449-1460.

Brink-Elfegoun, T., Ratel, S., Leprêtre, P., Metz, L., Ennequin, G., Doré, E., Martin, V., Bishop, D., Aubineau, N., Lescuyer, J., Duclos, M., Sirvent, P., & Peltier, S. (2014). Effects of sports drinks on the maintenance of physical performance during 3 tennis matches: A randomized controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 11*(46), 1-10.

Burke, L. M., Collier, G. R., Beasley, S. K., Davis, P. G., Fricker, P. A., Heeley, P., & Hargreaves, M. (1995). Effect of coingestion of fat and protein with carbohydrate feedings on muscle glycogen storage. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.), 78*(6), 2187-2192.

Burke, L. M., Loucks, A. B., & Broad, N. (2006). Energy and carbohydrate for training and recovery. *Journal of Sports Sciences, 24*(7), 675-685.

Carrithers, J. A., Williamson, D. L., Gallagher, P. M., Godard, M. P., Schulze, K. E., & Trappe, S. W. (2000). Effects of postexercise carbohydrate-protein feedings on muscle glycogen restoration. *Journal of Applied Physiology, 88*(6), 1976-1982.

Casa, D. J. (2000). National athletic trainers' association position statement: Fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training, 35*(2), 212-224.

Coggan, A. R., & Coyle, E. F. (1991). Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: Effects on metabolism and performance. *Exercise and Sport Science Reviews, 19*, 1-40.

Costill, D. L., & Hargreaves M. (1992). Carbohydrate nutrition and fatigue. *Sports Medicine*, *13*(2), 86-92.

Costill, D. L., Sherman, W. M., Fink, W. J., Maresh, C., Witten, M., & Miller, J. M. (1981). The role of dietary carbohydrates in muscle glycogen resynthesis after strenuous running. *The American Journal of Clinical Nutrition, 34*(9), 1831-1836.

Dalgleish, J., & Dollery, S. (2001). *The health & fitness handbook.* Edinburgh, Scotland: Pearson Education.

Fallowfield, J. L., & Williams, C. (1997). The influence of a high carbohydrate intake during recovery from prolonged, constant-pace running. *International Journal of Sport Nutrition, 7*(1), 10-25.

Fernandez, J. M., Da Silva-Grigoletto, M. E., Ruano-Ruiz, J. A., Caballero-Villarraso, J., Moreno-Luna, R., Tunez-Finana, I., Tasset-Cuevas, I., Perez-Martinez, P.,Lopez-Miranda, J., & Perez-Jimenez, F. (2009). Fructose modifies the hormonal response and modulates lipid metabolism during aerobic exercise after glucose supplementation. *Clinical Science, 116(*2), 137-45.

Foster-Powell, K., Holt, S. H., & Brand-Miller, J. C. (2002). International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition, 76*(1), 5-56.

Fox, E. L., & Mathews, D. K. (1985). *The physiological basis of physical education and athletics.* Japan: Holt-Saunders.

Ivy, J. L. (1998). Glycogen resynthesis after exercise: Effect of carbohydrate intake. *International Journal of Sports Medicine, 19*(2), S142-S145.

Ivy, J. L., Goforth, H. W., Damon, B. M., McCauley, T. R., Parsons, E. C., & Price, T. B. (2002). Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied Physiology*, *93*(4), 1337-1344.

Jenkins, D. J., Wolever, T. M., Taylor, R. H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J. M., Bowjing, A. C., Newman, H. C., Jenkins, A. L., & Goff, D. V. (1981). Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition, 34*(3), 362-366.

Jentjens, R., & Jeukendrup, A. (2003). Determinants of postexercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 33*(2), 117-144.

Kaastra, B., Manders, R. J. F., Breda, E. V., Kies, A., Jeukendrup, A. E., Keizer, H. A., Kuipers, H., & Van Loon, L. J. C. (2006). Effects of increasing insulin secretion on acute postexercise blood glucose disposal. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 38*(2), 268-75.

Karp, J. R., Johnston, J. D., Tecklenburg, S., Mickleborough, T. D., Fly, A.D., & Stager, J. M. (2006). Chocolate milk as a post-exercise recovery aid. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 16*(1), 78-91.

Kern, M., Heslin, C. J., & Rezende, R. S. (2007). Metabolic and performance effects of raisins versus sports gel as pre-exercise feedings in cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21*(4), 1204-1207.

Koopman, R., Saris, W. H., Wagenmakers, A. J., & van Loon, L. J. (2007). Nutritional interventions to promote post-exercise muscle protein synthesis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 37*(10), 895-906.

Ludwig, D. S. (2002). The glycemic index physiological mechanisms relating to obesity, diabetes and cardiovascular disease. *American Medical Association, 287*(18), 2414-2423.

McArdle, W., Katch, F., & Katch, V., (2001). *Exercise physiology*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

McGuire, M., & Beerman, K. A. (2013). *Nutrition sciences from fundamentals to food*. United States: Washington State University.

McLeay, Y., Barne, M. J., Munde, T., Suzanne, M. H., Roger, D. H., & Stephen, R. S. (2012). Effect of New Zealand blueberry consumption on recovery from eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of the International Society of Sports Nutrition 2012, 9*(19), 1-12.

Miller, K. C. (2012). Plasma Potassium concentration and content changes after banana ingestion in exercised men. *Journal of Athletic Training*, *47*(6), 648-654.

Mitchell, J. B., Braun, W. A., Pizza, F. X., Forrest, M. (2000). Pre-exercise carbohydrate and fluid ingestion: Influence of glycemic response on 10-km treadmill running performance in the heat. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *40*(1), 41-50.

Murdoch, S. D., Bazzarre, T. L., Snider, I. P., & Goldfarb, A. H. (1993). Differences in the effects of carbohydrate food form on endurance performance to exhaustion. *International Journal of Sport Nutrition, 3*(1), 41-54.

Nakkanung, N., Pinthong, M., Dabayebeh, I., Chuanchaiyakul, R., & Robertson, R. (2012). Validation of the Omni scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise in young female: Thai version. *Journal of Sports Science and Health, 13*(3), 100-110.

Nieman, D. C., Gillitt, N. D., Henson, D. A., Wei, S., Shanely, R. A., Amy, M., Knab, K. C., Fuxia, J. (2012). Bananas as an energy source during exercise: A metabolomics approach. *PLoS ONE*, *7*(5), 1-7.

Pascoe, D. D., Costill, D. L., Fink, W. J., Robergs, R. A., & Zachwieja, J. J. (1993). Glycogen resynthesis in skeletal muscle following resistive exercise. *Medicine and Science in Sport and Exercise, 25*(3), 349-354.

Power, S. K., & Dodd, S. L. (1997). *The essentials of total fitness.* Boston: Allyn & Bacon.

Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *The American Journal of Physiology, 265*(3 Pt 1), E380-E391.

van Loon, L. J., Greenhaff, P. L., Constantin-Teodosiu, D., Saris, W. H., & Wagenmakers, A. J. (2001). The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *The Journal of Physiology*, *536*(1), 295-304.

van Loon, L. J., Saris, W. H., Kruijshoop, M., & Wagenmakers, A. J. (2000). Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: Carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysatemixtures. *The American Journal of Clinical Nutrition, 72*(1), 106-111.

Wallis, G. A., Hulston, C. J., Mann, C. H., Roper, H. P., Tipton, K. D., & Jeukendrup, A. E. (2008). Postexercise muscle glycogen synthesis with combined glucose and fructose ingestion. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 40*(10), 1789-1794.

Wilmore, J., Costill, D., & Kenney, W. (2008). *Physiology of Sport and Exercise*. IL: Human Kinetics.

Wong, S. H., Williams, C., & Adams, N. (2000). Effects of ingesting a large volume of carbohydrate-electrolyte solution on rehydration during recovery and subsequent exercise capacity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism 10*(4), 375-393.

Wright, H. (2005). The glycaemic index and sports nutrition. *South African Journal of Clinical Nutrition, 18*(3), 222-228.

Zachwieja, J. J., Costill, D. L., & Fink, W. J. (1993). Carbohydrate ingestion during exercise: Effects on muscle glycogen resynthesis after exercise. *International Journal of Sport Nutrition, 3*(4), 418-430.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบประเมิน PAR-Q* แบบบันทึกการทดสอบต่าง ๆ แบบบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน และ
แบบบันทึกการเคลื่อนไหว 24 ชั่วโมง

แบบประเมิน PAR-Q*

ชื่อ-สกุล.....

กรุณาตอบคำถาม 7 ข้อ ดังต่อไปนี้

	ใช่	ไม่ใช่
1. แพทย์เคยบอกว่าท่านมีปัญหาเรื่องโรคหัวใจและต้องระมัดระวังถ้าต้องออกแรงหรือออกกำลังกาย และควรปรึกษาแพทย์ก่อน	☐	☐
2. เวลาท่านออกแรงหรือออกกำลังกายรู้สึกเจ็บ-แน่นบริเวณหน้าอก	☐	☐
3. ในช่วงประมาณ 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านมีอาการเจ็บ-แน่นหน้าอกทั้ง ๆ ที่ไม่ได้ออกแรงหรือออกกำลังกาย	☐	☐
4. ท่านเคยเสียการทรงตัว เนื่องจากอาการหน้ามืด วิงเวียน หรือเคยหมดสติ	☐	☐
5. ท่านมีปัญหาเรื่องกระดูกและข้อ และการออกกำลังกายจะทำให้อาการหนักขึ้น	☐	☐
6. ปัจจุบันท่านรับประทานยาลดความดันโลหิต หรืออาการเกี่ยวกับหัวใจซึ่งแพทย์เป็นผู้สั่งยา	☐	☐
7. ท่านมีเหตุผลอื่น ๆ ที่ทำให้ท่านไม่ควรออกแรงหรือออกกำลังกาย	☐	☐

แบบบันทึก
การทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน

ชื่อ-สกุล.....

อายุ.....น้ำหนัก.....ส่วนสูง.....

วัน/ เดือน/ ปีที่ทดสอบ.....เวลา.....น.

หน่วยวัด	**อัตราการเต้นของหัวใจนาทีที่**							**ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ นาทีที 5 และ 6**	**VO_{2max} (ml/kg/min)**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**		
อัตราการเต้นของหัวใจ									
น้ำหนักถ่วง									

ผลการคัดเลือก □ ผ่าน □ ไม่ผ่าน

กำหนด CODE NO …….

ลงชื่อ.....ผู้บันทึกผลการทดสอบ

CODE NO.....

แบบบันทึก
การทดสอบความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน

วัน/ เดือน/ ปีที่ทดสอบ.....เวลา.....น.

เวลา (นาที)	0	2	4	6	8	10	12	14
โหลดงาน (kpm)	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
ผ่าน ☑								

เวลา (นาที)	16	18	20	22	24	26
โหลดงาน (kpm)	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
ผ่าน ☑						

ผลการคำนวณค่าความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน

100% P_{max}	**90% P_{max}**	**80% P_{max}**	**70% P_{max}**	**60% P_{max}**	**50% P_{max}**

ลงชื่อ.....ผู้บันทึกผลการทดสอบ

CODE NO ……

แบบบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน

ใส่เครื่องหมาย x หน้าข้อของวันที่บันทึก

.... วันทำงานปกติ .... วันหยุดเสาร์อาทิตย์ .... วันนักขัตฤกษ์ .... วันพิเศษเช่นงานเลี้ยงวันเกิด

.... อาหารตามปกติ

มื้ออาหาร	เมนู (Menu)		ส่วนประกอบ (Ingredient)				สำหรับเจ้าหน้าที่	
	รายการอาหาร	จำนวนที่กิน	ชนิด	ปริมาณที่กิน			Food code	น้ำหนักอาหาร
				กิน	ไม่กิน	จำนวน		
เช้า								
กลางวัน								
เย็น								

คำแนะนำการลงบันทึกอาหารใน 1 วัน

1. บันทึกอาหารทุกมื้อว่ากินหรือไม่ อาหารว่าง วิตามินหรือยาบำรุงที่กินในวันนั้น
2. ให้ระบุว่าเป็นวันทำงาน วันหยุดเสาร์อาทิตย์หรือนักขัตฤกษ์ หรือวันพิเศษ เช่น งานเลี้ยงวันเกิดอาหารตามปกติหรือป่วยโดยมีวิธีการบันทึก ดังนี้

ช่องที่ 1	**ช่องที่ 2 เมนู (Menu)**		**ช่องที่ 3 ส่วนประกอบ (Ingredient)**				**สำหรับเจ้าหน้าที่**	
				ปริมาณที่กิน				
มื้ออาหาร	**รายการอาหาร**	**จำนวนที่กิน**	**ชนิด**	**กิน**	**ไม่กิน**	**จำนวน**	**Food code**	**น้ำหนักอาหาร**
มื้อ, เวลา สถานที่	เช่น ก๋วยเตี๋ยวน้ำใส่หมูเติมเครื่องปรุงน้ำตาล น้ำส้ม	1 ชาม ปกติ	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ คะน้า ถั่วงอกดิบ หมูสับ ตับหมูหั่นบาง น้ำตาล	/ / / /	/	1 ทัพพี - 2 ช้อนโต๊ะ 3 ชิ้น 2 ช้อนชา		

ช่องที่ 1 มื้ออาหาร เช่น มื้อเช้าที่บ้าน

ช่องที่ 2 เมนู (Menu) ชื่ออาหารที่กิน การเติมเครื่องและราคาที่ซื้อมา เช่น ปกติ 20 บาท พิเศษ 30 บาท

ช่องที่ 3 ส่วนประกอบ (Ingredient) ให้ระบุชนิดอย่างละเอียดดังนี้

ชนิด เช่น ไข่เป็ด ไข่ไก่ การปรุง สุก ดิบ เช่น ถั่วงอกดิบ
ยี่ห้อ เช่น มันทอดกรอบเลย์ รสชาติ เช่น นมสดพลาสเจอไรซ์รสจืด
ลักษณะพิเศษ เช่น โค้กไดเอท ขนาด เช่น ตับหมูขนาด กว้าง ยาว หนา เช่น หั่นบาง 3 ชิ้น

ปริมาณอาหารที่บริโภคหรือไม่ โดยใส่เครื่องหมาย/ และระบุจำนวนโดยใช้บันทึกอาหารเป็นกลุ่มดังนี้

กลุ่ม 1 ข้าว-แป้ง	ข้าว ก๋วยเตี๋ยวเป็นทัพพี ขนมจีนเป็นจับ ข้าวเหนียวเป็นปั้นหรือกระติ๊บ ขนมปังเป็นแผ่น เช่น ข้าว 2 ทัพพี ขนมจีน 1 จับใหญ่ ขนมปังฟาร์มเฮ้าส์ 1 แผ่นมีขอบ
กลุ่ม 2 ผัก	ผักที่หั่นเป็นทัพพีเช่น คะน้าสด 1 ทัพพี ผักที่เป็นลูกใช้ผล เช่น มะเขือเทศ 1 ผล
กลุ่ม 3 ผลไม้	ผลไม้ขนาดเล็กเป็นผล ขนาดใหญ่เป็นเสี้ยว พู หรือคำเช่น มะละกอสุกหั่น 6-8 คำ
กลุ่ม 4 เนื้อสัตว์ ไข่ ถั่ว	เนื้อปลา หมูสับเป็นช้อนกินข้าว กินทั้งตัวนับเป็นตัว เป็นชิ้นนับตามลักษณะ
กลุ่ม 5 เครื่องดื่ม	ภาชนะบรรจุระบุเช่น 250 ซีซี เตรียมเอง เช่นกาแฟ 2 ช้อนชา น้ำตาลทราย 2 ช้อนชา
กลุ่ม 6 อาหารจานเดียวหรือขนม	บันทึกรวมเช่น จานใหญ่ ส้มตำปู 20 บาท เต้าส่วนถ้วยเล็ก 10 บาท กะทิ 2 ช้อนโต๊ะ
กลุ่ม 7 ขนมขบเคี้ยว	ระบุยี่ห้อ ราคา น้ำหนัก เช่น ฮานามิ 24 บาทครึ่งถุง
กลุ่ม 8 ยาบำรุงต่าง ๆ	น้ำมันปลา 1 แคปซูล ยาดองเหล้า 1 แก้วยาเล็ก

แบบบันทึกการเคลื่อนไหว 24 ชั่วโมง

เวลา	กิจกรรม	หมายเหตุ
6.00		
7.00		
8.00		
9.00		
10.00		
11.00		
12.00		
13.00		
14.00		
15.00		
16.00		
17.00		
18.00		
19.00		
20.00		
21.00		
22.00		
23.00		
24.00		
1.00		
2.00		
3.00		
4.00		
5.00		

รายงานผลการละเมิดข้อขอตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ได้ขอความร่วมมือจากผู้เข้าร่วมวิจัยให้งดเว้นการบริโภคอาหารเสริมบางประเภทที่อาจจะมีผลต่ออัตราการเผาผลาญของร่างกาย เช่น แคปซูลแอลคานิทีน เครื่องดื่มประเภทกระตุ้นการทำงานของร่างกาย เช่น เครื่องดื่มชูกำลัง แอลกอฮอล์ เป็นต้น โดยผู้เข้าร่วมวิจัยต้องเขียนแบบบันทึกการบริโภคอาหาร 3 วัน โดยการจดบันทึก 3 วัน ก่อนการวิจัย เพื่อสังเกตการบริโภคอาหารต่าง ๆ และก่อนการวิจัย 1 วัน ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยงดเว้นการออกกำลังกายและบันทึกแบบบันทึก 24 ชั่วโมง เพื่อสังเกตกิจกรรมต่าง ๆ ที่กระทำภายใน 24 ชั่วโมง ก่อนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ไม่มีผู้เข้าร่วมวิจัยคนใดละเมิดข้อตกลงของการวิจัย โดยสังเกตจากแบบบันทึกการบริโภคอาหาร 3 วัน และแบบบันทึก 24 ชั่วโมง ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดอย่างครบถ้วน

CODE NO ……

แบบบันทึกผลของอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรต

ชีพจรขณะพัก.....เจาะเลือดก่อนการทดลอง.....

ตอนที่ 1

โหลดงาน (kpm)	**80 % P_{max}**	**70 % P_{max}**	**60 % P_{max}**	**50 % P_{max}**

เริ่มปั่นจักรยาน เวลา.....เสร็จสิ้นการปั่นจักรยาน เวลา.....

ตอนที่ 2

ประเภทอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรต ☐ กล้วยน้ำว้า ☐ Power bar

ปริมาณน้ำหนักอาหารที่รับประทานต่อครั้ง.....

เวลา	**ค่าที่ได้จากการเจาะเลือด**	**เวลา**	**รับประทานอาหารเสริมหมดภายใน กี่นาที**
	☐		☐
	☐		☐
	☐		☐
			☐
	☐		☐
			☐
	☐		☐
			☐
	☐		

ตอนที่ 3

โหลดงานที่ใช้.....เริ่มปั่นจักรยาน เวลา.....เสร็จสิ้นการปั่นจักรยาน เวลา.....

เจาะเลือดหลังการทดลอง.....ความอดทนในการออกกำลังกาย เวลา.....

ภาคผนวก ข

เอกสารชี้แจงข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัย และใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด

เรียน ผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้

เอกสารฉบับนี้เป็นเอกสารที่แสดงข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของท่านในการเข้าร่วมศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามก่อนที่จะตกลงเข้าร่วมการศึกษาวิจัยนี้ ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างละเอียดให้ท่านได้รับทราบถึงเหตุผล และรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้หากมีข้อสงสัยใด ๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้วิจัย และท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมการวิจัยนี้

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลโดยใช้ระยะเวลาในการวิจัยทั้งหมด 5 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการทดสอบ ดังนี้

1. การทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q*)
2. การทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (Maximum oxygen consumption)
3. การทดสอบความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน (Maximal power output)
4. การทดสอบสมรรถภาพโปรแกรม (Glycogen depletion)
5. การทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย (Endurance time)
6. การได้รับอาหารเสริมในระยะฟื้นตัว (Recovery period)
7. การเจาะเลือดเพื่อวัดระดับกลูโคสในเลือด โดยเก็บตัวอย่างเลือดทางปลายนิ้วทั้งหมดจำนวน 16 ครั้ง

ในการดำเนินการวิจัยผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้นและมีสิทธิ์ที่จะบอกเลิกหรือปฏิเสธการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ ซึ่งการบอกเลิกการวิจัยนี้จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ที่จะส่งผลเกิดขึ้นกับท่าน ขอขอบคุณการเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นแนวทางสำหรับผู้ออกกำลังกาย นักกีฬาและผู้ฝึกสอนกีฬา ในการใช้อาหารเสริมประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากธรรมชาติไปประยุกต์ใช้กับการออกกำลังกายรวมไปถึงการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลไม้ไทยอย่าง กล้วยน้ำว้า หากท่านมีปัญหาสงสัยประการใด สามารถสอบถามได้โดยตรงจากผู้วิจัย นายสุพล เพ็ชรบัว นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร

มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา โทรศัพท์ 089-009-8288

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการทดลอง

1. เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นบุคคลที่มีสุขภาพดี ออกกำลังกายเป็นประจำไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์ แต่ละครั้งไม่น้อยกว่า 30-45 นาที และออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 2 ปี เพศชาย ที่มีอายุระหว่าง 20-25 ปี

1.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยผ่านการทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR - Q*) และผลการประเมินของผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือเกิดอันตรายจากการออกกำลังกาย

1.3 คัดเลือกจากการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ระดับ 43-52 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที

1.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีโรคประจำตัวและความผิดปกติทางร่างกายใด ๆ และผ่านการตรวจร่างกายโดยแพทย์

1.5 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องเป็นผู้สมัครใจ ยินดีรับประทานกล้วยน้ำว้าตามปริมาณที่กำหนด และให้ตรวจระดับกลูโคสในเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว

1.6 ผู้เข้าร่วมวิจัยรับทราบวิธีการวิจัยและยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

2. เกณฑ์การคัดผู้เข้าร่วมวิจัยออก

2.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยมีสิทธิ์ขอถอนตัวการจากทดลองได้ตลอดเวลา

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดความผิดปกติทางร่างกายและสิ่งเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย เช่น เป็นไข้หวัดใหญ่ หรืออุบัติเหตุทำให้กระดูกหัก เป็นต้น

3. ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ได้ขอความร่วมมือจากผู้เข้าร่วมวิจัยให้งดเว้นการบริโภคอาหารเสริมบางประเภทที่อาจจะมีผลต่ออัตราการเผาผลาญของร่างกาย เช่น แคปซูลแอลคานิทีน เครื่องดื่มประเภทกระตุ้นการทำงานของร่างกาย เช่น เครื่องดื่มชูกำลัง แอลกอฮอล์ เป็นต้น โดยผู้เข้าร่วมวิจัยต้องเขียนแบบบันทึกการบริโภคอาหาร 3 วัน โดยการจดบันทึก 3 วัน ก่อนการวิจัย เพื่อสังเกตการบริโภคอาหารต่าง ๆ และก่อนการวิจัย 1 วัน ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยงดเว้นการออกกำลังกายและบันทึกแบบบันทึก 24 ชั่วโมง เพื่อสังเกตกิจกรรมต่าง ๆ ที่กระทำภายใน 24 ชั่วโมง ก่อนการวิจัย

รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย

ท่านจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยทั้งหมด หากท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสม และยินยอมที่จะเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ท่านจะได้รับการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR - Q*) เป็นแบบประสอบถามมีคำถามทั้งหมด 7 ข้อ และผลการประเมินของผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือเกิดอันตรายจากการออกกำลังกาย

2. การทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (Maximum oxygen consumption) ขั้นตอนการทดสอบดังนี้

2.1 จัดระดับเบาะจักยานให้พอเหมาะ และให้ผู้ทดสอบขึ้นนั่งบนเบาะ โดยเข่าข้างที่เท้าเหยียบบันไดต่ำสุด งอเล็กน้อย

2.2 ตั้งเครื่องให้จังหวะที่ความเร็ว 50 รอบ/นาที ให้ผู้ทดสอบปั่นจักรยานตามเสียงจังหวะเพื่อรักษาความเร็วให้คงที่ โดยเท้าข้างหนึ่งต้องอยู่บันไดต่ำสุดขณะเสียงให้จังหวะดัง

2.3 ให้ผู้ทดสอบปั่นจักรยาน 2-3 นาที เพื่ออบอุ่นร่างกาย

2.4 การเลือกน้ำหนักถ่วงขึ้นอยู่กับเพศ อายุ และสมรรถภาพของแต่ละคน โดยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 120-170 ครั้ง/นาที ระดับน้ำหนักถ่วงสำหรับผู้ชายที่ออกกำลังกายคือ 2-3 กิโลปอนด์

2.5 เริ่มจับเวลาเมื่อผู้ทดสอบสามารถปั่นจักรยานรักษาความเร็วคงที่ 50 รอบ/นาที ตามน้ำหนักถ่วงที่กำหนดให้

2.6 นับและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาที เป็นเวลา 6 นาที (นับจากวินาทีที่ 45 ถึงวินาทีที่ 60 ของแต่ละนาที) โดยใช้เครื่องช่วยหูฟัง ฟังที่บริเวณหลอดเลือด Carotid artery

2.7 ถ้าถึงนาทีที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจยังต่ำกว่า 120 ครั้ง/นาที ให้เพิ่มน้ำหนักถ่วงอีก 1 กิโลปอนด์ และขยายเวลาออกไปอีก 1 นาที เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจสม่ำเสมอ

2.8 นำอัตราการเต้นของหัวใจช่วงนาทีที่ 5 และนาทีที่ 6 มาหาค่าเฉลี่ย ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจทั้ง 2 ช่วง แตกต่างกันมากกว่า 5 ครั้ง/นาที ให้ขยายระยะเวลาการทดสอบออกไปอีก 1 นาทีหรือมากกว่า จนกว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะแตกต่างกันไม่เกิน 5 ครั้ง/นาที

3. การทดสอบความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน

3.1 ปรับเบาะจักรยานวัดงานให้เหมาะสมกับช่วงขาและเท้าของผู้รับการทดสอบ

3.2 ระหว่างการทดสอบ ให้ปั่นจักรยานด้วยความเร็วคงที่ 60 รอบ/นาที

3.3 เมื่อเริ่มการทดสอบจะให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานเริ่มที่ระดับความหนักของงาน 2 กิโลปอนด์ และเพิ่มขึ้น 0.5 กิโลปอนด์ ทุก ๆ 2 นาที ปั่นจักรยานไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้ เสร็จสิ้นการทดสอบ

4. การทดสอบสมรรถภาพโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1)

4.1 ปรับเบาะจักรยานวัดงานให้เหมาะสมกับช่วงขาและเท้าของผู้รับการทดสอบ

4.2 ระหว่างการทดสอบ ให้ปั่นจักรยานด้วยความเร็วคงที่ 60 รอบ/นาที

4.3 เมื่อเริ่มการทดสอบจะให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานเป็น 2 ช่วงสลับกัน แต่ละช่วงใช้เวลา 2 นาที หมายถึง ปั่นจักรยานที่ความหนัก 80% P_{max} เป็นเวลา 2 นาที แล้วสลับปั่นจักรยานที่ความหนัก 50% P_{max} เป็นเวลา 2 นาที สลับแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้เข้ารับการทดลองจะรักษารอบของการปั่นจักรยานไม่ได้ แล้วจึงลดระดับความหนักลงเป็น 70% P_{max} ปั่นจักรยานสลับความหนัก 50% P_{max} เป็นเวลา 2 นาที จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้เช่นเดิม แล้วลดระดับความหนักลงเรื่อย ๆ จากระดับ 80% P_{max}, 70% P_{max}, 60% P_{max}, และความหนักสุดท้ายที่ 50% P_{max} แล้วปั่นจักรยานไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานเกิน 1 นาที เสร็จสิ้นการทดสอบ

5. การทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย Endurance time (Test 2)

5.1 ปรับเบาะจักรยานวัดงานให้เหมาะสมกับช่วงขาและเท้าของผู้รับการทดสอบ

5.2 ระหว่างการทดสอบ ให้ปั่นจักรยานด้วยความเร็วคงที่ 60 รอบ/นาที

5.3 เมื่อเริ่มการทดสอบจะให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 60% $\dot{V}O_{2max}$ แล้วปั่นจักรยานไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานเกิน 1 นาที เสร็จสิ้นการทดลอง

หมายเหตุ: การทดสอบความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน การทดสอบสมรรถภาพโปรแกรม Glycogen depletion และ การทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย Endurance time มีข้อกำหนดเพื่อความปลอดภัย และการได้ข้อมูลที่ถูกต้องดังนี้

(1.) ผู้วิจัยได้เตรียมแผ่นบอกระดับความเหนื่อย มีระดับคะแนน 1-10 เรียงจากความรู้สึกสบาย ๆ ไปจนถึงรู้สึกเหนื่อยมากที่สุด ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเลือกระดับว่า ขณะออกกำลังกายนั้นความเหนื่อยอยู่ในระดับใด โดยเลือกทุก ๆ 3 นาที เพื่อสังเกตอาการและความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัย

(2.) ผู้เข้าร่วมวิจัยจะมีสายคาดหน้าอกซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

(2.1) เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัย เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัยสูงกว่า 90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ให้หยุดการทดสอบทันที แม้ว่าผู้เข้าร่วมวิจัยจะยังสามารถออกกำลังกายต่อได้ก็ตาม

(2.2) เพื่อความถูกต้องของข้อมูลในการทดสอบ ในกรณีถ้าผู้เข้าร่วมวิจัยรู้สึกเหนื่อยและบอกผู้วิจัยว่าไม่สามารถออกกำลังกายต่อได้ แต่อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดยังไม่สูงกว่า 90% ผู้วิจัยไม่สามารถให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดการออกกำลังกายได้ แต่จะโน้มน้าวให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังต่อจนอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัยสูงกว่า 90% จึงหยุดการทดสอบ

ในการวิจัยครั้งนี้มีพยาบาลวิชาชีพคอยดูแลและปฐมพยาบาลอย่างใกล้ชิด และมีมาตรการประสานงานกับหน่วยฉุกเฉินของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับผู้เข้าร่วมวิจัย

6. การได้รับอาหารเสริมในระยะฟื้นตัว (Recovery period) ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และให้อาหารเสริมตามที่กำหนดเป็นทุก ๆ 30 นาที จำนวนทั้งหมด 8 ครั้ง ดังนี้

- การวิจัยที่ 1 อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรต/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/ชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตร/คน/ชั่วโมง
- การวิจัยที่ 2 อาหารเสริมคาร์โบไฮเดรต 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรต/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/ชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตร/คน/ชั่วโมง

หมายเหตุ**:** ในช่วงเวลาการพักทั้ง 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้จัดเตรียมห้องพักสำหรับการพักผ่อนซึ่งมีสิ่งอำนวยความสะดวกและผ่อนคลายความเครียด เช่น โทรทัศน์ เบาะนอน เก้าอี้นั่งพัก เป็นต้น

7. การเจาะเลือดเพื่อวัดระดับกลูโคสในเลือด ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดทางปลายนิ้วโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเจาะเลือดเรียงตามลำดับจากนิ้วนาง กลาง ชี้ และโป้ง จากมือซ้ายไปขวาในช่วงเวลาที่กำหนด ปริมาณเลือดที่เจาะครั้งละ 0.6 ไมโครลิตร รวมทั้งหมด 8 ครั้ง/การวิจัย ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยต้องทำการทดสอบทั้งการวิจัยที่ 1 และ 2 รวมทั้งหมดต้องเจาะเลือด 16 ครั้ง และวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์กลูโคส (ACCU-CHEK®, Performa, USA) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/เดซิลิตร

หมายเหตุ: หลังจากเจาะเลือดเสร็จในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยเตรียมสำลี แอลกอฮอล์เพื่อห้ามเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัย

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

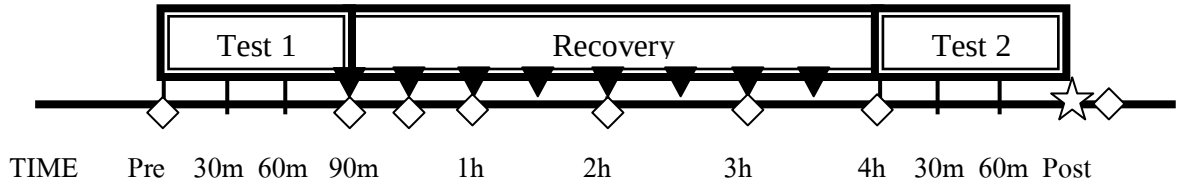
ขั้นตอนที่ 1 รับสมัครอาสาสมัครตามเกณฑ์ที่กำหนดและคัดเลือกจากการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน

เวลา	กิจกรรม
สัปดาห์ที่ 1	1. รับสมัครอาสาสมัครตามเกณฑ์ที่กำหนด
	2. ผู้วิจัยอธิบาย ชี้แจงรายละเอียด ขั้นตอนในการวิจัยต่าง ๆ ให้อาสาสมัครทุกคนรับทราบ
	3. คัดเลือกอาสาสมัครทั้งหมดที่มาสมัครด้วยแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q*) และผลการประเมินของอาสาสมัครต้องไม่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ หรือเกิดอันตรายจากการออกกำลังกาย
	4. คัดเลือกอาสาสมัครให้ได้จำนวน 16 คน โดยคัดเลือกจากทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ระดับ 43-52 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที
	5. ตรวจสุขภาพ ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 16 คน

ขั้นตอนที่ 2 ชี้แจงรายละเอียดแบบบันทึกต่าง ๆ และทดสอบความสามารถพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

เวลา	กิจกรรม
สัปดาห์ที่ 2	1. ผู้วิจัยอธิบาย ชี้แจงรายละเอียด แบบบันทึกการบริโภคอาหาร 3 วัน แบบบันทึก 24 ชั่วโมงและขั้นตอนในการวิจัยต่าง ๆ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนรับทราบอย่างชัดเจน
	2. ดำเนินการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันและกล้ามเนื้อ ของผู้เข้าร่วมวิจัย
	3. ดำเนินการทดสอบความสามารถสูงสุดในการปั่นจักรยาน (Maximal Power Output, P_{max}) ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 16 คน เพื่อหาค่า P_{max} หลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้น นำค่า P_{max} ที่ได้ของแต่ละคน คำนวณค่า 50 %, 60 %, 70%, 80 % P_{max} ของแต่ละคนเพื่อใช้ในการวิจัยต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการวิจัยที่ 1 และ 2 ตามรูปแบบการวิจัย



▼ **หมายถึง การให้อาหารเสริมทุก ๆ 30 นาที ในช่วง Recovery**

☆ **หมายถึง การประเมินผลความอดทนในการออกกำลังกาย**

◇ **หมายถึง การเจาะเลือดประเมินระดับกลูโคสในเลือด**

เวลา	กิจกรรม
สัปดาห์ที่ 3 และ 5	1. ผู้เข้าร่วมวิจัยถึงห้องปฏิบัติการ โดยก่อนการวิจัยให้นั่งพัก 5-10 นาที แล้วจับชีพจรขณะพัก ส่งแบบบันทึกอาหารและแบบบันทึก 24 ชั่วโมง
	2. ดำเนินการเจาะเลือดและเริ่มขั้นตอนแรก โดยปั่นจักรยานตามโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1)
	3. หลังจากทดสอบ Glycogen depletion (Test 1) เสร็จ ดำเนินการเจาะเลือดผู้เข้าร่วมวิจัยทันทีและเจาะเลือดครั้งถัดไปตามเวลาที่กำหนด รวมทั้งหมด 8 ครั้ง เพื่อประเมินค่าระดับกลูโคสในเลือดและเข้าสู่ช่วง Recovery ให้นั่งพัก 4 ชั่วโมง โดยทุก ๆ 30 นาที จะให้อาหารเสริมตามที่กำหนดในแต่ละสัปดาห์และผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องรับประทานให้หมดภายในเวลา 5-10 นาที หลังจากได้รับอาหารเสริมในแต่ละครั้ง รวมทั้งหมด 8 ครั้ง - **การวิจัยที่ 1** อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรต/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/ชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตร/คน/ชั่วโมง - **การวิจัยที่ 2** อาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง 1.2 กรัมคาร์โบไฮเดรต/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/ชั่วโมง และน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตร/คน/ชั่วโมง
	4. เริ่มปั่นจักรยานขั้นตอน Endurance time (Test 2) โดยปั่นจักรยานที่ความเร็ว 60 % $\dot{V}O_{2max}$ ของแต่ละคน จนกระทั่งผู้ร่วมวิจัยไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้ บันทึกผลการทดลองความอดทนในการออกกำลังกาย หลังทดสอบขั้นตอน Test 2 เสร็จ ดำเนินการเจาะเลือดครั้งสุดท้าย

หมายเหตุ: การวิจัยในสัปดาห์ที่ 3 จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 8 คน จากการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลาก กลุ่มที่ 1 ทำการวิจัยที่ 1 ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าและกลุ่มที่ 2 ทำการวิจัยที่ 2ได้รับอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตชนิดแท่ง หลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการพัก 1 สัปดาห์ในสัปดาห์ที่ 4 และเริ่มการวิจัยอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 5 โดยกลุ่มที่ 1 และ 2 จะสลับการวิจัยกัน กลุ่มที่ 1 ทำการวิจัยที่ 2 ได้รับอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรตแท่ง และกลุ่มที่ 2 ทำการวิจัยที่ 1 ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด

วันให้คำยินยอม วันที่ ……เดือน……..พ.ศ. ……

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง จนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับและจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม……ผู้ยินยอม

(……)

ลงนาม……พยาน

(……..……..)

ลงนาม……ผู้ทำวิจัย

(…..…นายสุพล……เพ็ชรบัว……...)

ภาคผนวก ค

แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง

แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง โปรแกรมการทดลองเรื่อง ผลฉับพลันของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้า ในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกาย และระดับกลูโคสในเลือด

คำชี้แจง

โปรแกรมการทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริมคาร์โบไฮเดรตด้วยกล้วยน้ำว้าในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ที่มีต่อความอดทนในการออกกำลังกายและระดับกลูโคสในเลือด

2. เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระดับของความอดทนในการออกกำลังกาย และระดับกลูโคสในเลือดระหว่างการให้อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า และอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรต

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้ช่วยตรวจสอบคุณภาพด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลองที่ใช้ในการวิจัยเพื่อผู้วิจัยจะได้นำไปปรับปรุงแก้ไขและดำเนินการตามขั้นตอนต่อไป แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 อธิบายวิธีการและวัตถุประสงค์ของโปรแกรมการทดลอง

ตอนที่ 2 แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง

ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านลงความเห็นเกี่ยวกับคุณภาพด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง โดยให้ข้อคิดเห็นโดยใช้เครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างดังนี้

+1 คือ แน่ใจว่ามีความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง

0 คือ ไม่แน่ใจว่ามีความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง

-1 คือ แน่ใจว่าไม่มีความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง

ขอแสดงความนับถือ

นายสุพล เพ็ชรบัว

นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

รูปแบบการทดลอง

TIME Pre 30m 60m 90m 1h 2h 3h 4h 30m 60m Post

▼ **หมายถึง การให้อาหารเสริมทุก ๆ 30 นาที ในช่วง Recovery**

☆ **หมายถึง การประเมินผลความอดทนในการออกกำลังกาย**

◇ **หมายถึง การเจาะเลือดเพื่อนำไปประเมินระดับกลูโคสในเลือด**

ตอนที่ 1

ข้อที่	วิธีการและวัตถุประสงค์ของโปรแกรมการทดลองทั้งหมด	จำนวนข้อคำถาม
1	**โปรแกรม Glycogen depletion (Test 1)** **วิธีการทดลอง** โดยให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานเป็น 2 ช่วงสลับกัน ด้วยความเร็วคงที่ 85-100 รอบ/นาที แต่ละช่วงใช้เวลา 2 นาที หมายถึง ปั่นจักรยานที่ความหนัก 90% P_{max} เป็นเวลา 2 นาที แล้วสลับปั่นจักรยานที่ความหนัก 50% P_{max} เป็นเวลา 2 นาที สลับแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้เข้ารับการทดลองจะรักษารอบของการปั่นจักรยานไม่ได้ แล้วจึงลดระดับความหนักลงเป็น 80% P_{max} ปั่นจักรยานสลับความหนัก 50% P_{max} เป็นเวลา 2 นาที จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้เช่นเดิม แล้วลดระดับความหนักลงเรื่อย ๆ จากระดับ 90% P_{max}, 80% P_{max}, 70% P_{max}, 60% P_{max}, และความหนักสุดท้ายที่ 50% P_{max} แล้วปั่นจักรยานไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้ เสร็จสิ้นการทดลอง **วัตถุประสงค์** เพื่อทำให้ระดับไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อของผู้เข้าร่วมการทดลองหมดหรือเหลือน้อยที่สุด	2

ข้อที่	วิธีการและวัตถุประสงค์ของโปรแกรมการทดลองทั้งหมด	จำนวนข้อคำถาม
2	**การเจาะเลือด** **วิธีการทดลอง** ดำเนินเก็บตัวอย่างเลือดทางปลายนิ้วปริมาณ 0.6 ไมโครลิตร ในช่วงเวลาที่กำหนดทั้งหมด 8 ครั้ง โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์กลูโคส (ACCU-CHEK®, Performa, USA) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อเดซิลิตร **วัตถุประสงค์** เพื่อวัดระดับกลูโคสในเลือดมีการตอบสนองเป็นอย่างไร	**3**
3	**โปรแกรมการทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย** **Endurance time (Test 2)** **วิธีการ** โดยให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 70% $\dot{V}O_{2max}$ ด้วยความเร็วคงที่ 85-100 รอบ/นาที แล้วปั่นจักรยานไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษารอบของการปั่นจักรยานได้ เสร็จสิ้นการทดลอง **วัตถุประสงค์** เพื่อทดสอบระยะเวลาของความอดทนในการออกกำลังกาย Endurance time	**2**

ตอนที่ 2

ข้อที่	ประเด็นตรวจสอบ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ข้อเสนอแนะ
โปรแกรม Glycogen depletion trial (Test 1)					
1	โหลดงานที่ใช้ในโปรแกรม 50-90% P_{max}				
2	ความเร็วในการปั่นจักรยาน 85-100 รอบ/ นาที				
การเจาะเลือด					
3	ความถี่หรือจำนวนครั้งในการเจาะเลือด 8 ครั้ง/ คน/ การวิจัย				
4	ความห่างของช่วงระยะเวลาในการเจาะเลือดแต่ละครั้งตามรูปแบบการทดลอง				
5	ปริมาณเลือดที่เก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง				
โปรแกรมการทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย Endurance time (Test 2)					
6	โหลดงานที่ใช้ในโปรแกรม 70% $\dot{V}O_{2max}$				
7	ความเร็วในการปั่นจักรยาน 85-100 รอบต่อนาที				

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านผู้เชี่ยวชาญ ที่กรุณาเสียสละเวลาในการพิจารณาคุณภาพด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

.....ลายมือชื่อผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่.....

แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลอง

การหาความสอดคล้องของวัตถุประสงค์และเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน สามารถสรุปได้ ดังนี้

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			SUM (x)	SUM (x)/n	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	3/3	1.00
2	1	1	1	3	3/3	1.00
3	1	1	1	3	3/3	1.00
4	1	1	-1	1	1/3	0.33
5	1	1	1	3	3/3	1.00
6	0	1	1	2	2/3	0.66
7	0	1	1	2	2/3	0.66
รวม						0.80

จากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมการทดลอง ดังนี้

1. ลดระดับความหนักของการออกกำลังกายในโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1) จากระดับ 50-90 % P_{max} เหลือ 50–80 % P_{max}

2. ลดระดับความหนักของการออกกำลังกายในโปรแกรมการทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย Endurance time (Test 2) จาก 70% VO_{2max} เหลือ 60% VO_{2max}

3. ลดระดับจำนวนรอบในการปั่นจักรยานทั้งโปรแกรม Glycogen depletion (Test 1) และโปรแกรมการทดสอบความอดทนในการออกกำลังกาย Endurance time (Test 2) จาก 85-100 รอบ/ นาที เหลือ 60 รอบ/ นาที

4. การเจาะเลือดเพื่อวัดระดับกลูโคสในเลือด ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดทางปลายนิ้ว ซึ่งเจาะเลือดเรียงตามลำดับจากนิ้วนาง กลาง ชี้ และโป้ง จากมือซ้ายไปขวาตามช่วงเวลาที่กำหนด จากเดิมเจาะเรียงลำดับจากนิ้วก้อย นาง กลาง ชี้ จากมือซ้ายไปขวา

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นสำหรับการศึกษาวิจัยไปทำการทดสอบหาค่าความเที่ยงตรง ดังนี้

การหาค่าความเที่ยงตรง โดยนำแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน หลังจากนั้นนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

โดยใช้สูตร $$IOC = \frac{\sum x}{n}$$

$\sum x$ หมายถึง ผลรวมคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ

n หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

เกณฑ์

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 มีความเที่ยงตรง สามารถใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุง ไม่สามารถใช้ได้

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของโปรแกรมการทดลองโปรแกรมการทดลองประกอบด้วย

นพ.วิชัย จุลวนิชย์พงษ์	โรงพยาบาลชลบุรี
ดร.อรวรรณ ภู่ชัยวัฒนานนท์	โรงพยาบาลรามาธิบดี
ดร.ภัณฑิลา ธาราเบ็ญจศีล	มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือด

การวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือด

1. คุณสมบัติทั่วไปของ ACCU-CHEK Performa

1.1 เทคโนโลยีล่าสุด พร้อมระบบตรวจสอบปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อการตรวจ เช่น ความเข้มข้นของเลือด ความชื้น อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในขณะตรวจ พร้อมปรับค่าต่าง ๆ ให้เข้าสู่สภาพสมดุล โดยอัตโนมัติ

1.2 เก็บข้อมูลในหน่วยความจำได้มากถึง 500 ค่า

1.3 สามารถดูค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือด 7 วัน 14 วัน และ 30 วันที่ผ่านมาได้ ทำให้สามารถติดตามแนวโน้มการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้

1.4 ใช้เลือดน้อยมาก เพียง 0.6 ไมโครลิตร ประมวลผลได้รวดเร็ว ภายในเวลาเพียง 5 วินาที สามารถตรวจเลือดได้จากแหล่งต่าง ๆ 5 แห่ง ได้แก่ ปลายนิ้ว ฝ่ามือ หน้าขา น่อง และแขน

1.5 มีระบบตรวจสอบแผ่นตรวจเลือด โดยอัตโนมัติ และสามารถจำแนกได้ว่า เลือดเพียงพอหรือไม่ สิ่งที่หยดลงไปภายในแถบวัด เป็นเลือด หรือ น้ำยาตรวจสอบคุณภาพ

2. วิธีเตรียมการเจาะเลือด

2.1 ปุ่มเปิดเครื่องอยู่ด้านบนทางขวา เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรก ระบบจะให้ตั้งวันเวลา

2.2 เตรียมเข็ม แอลกอฮอล์ สำลี

2.3 วิธีการใส่เข็มในปากกาเจาะนิ้ว ให้เช็คดูว่าตัวเลขบนแผ่นโค้ดตรงกับกล่องหรือไม่ แล้วจึงเสียบเข้าไปในเครื่องทางด้านข้างของเครื่องก่อนใช้งาน และให้เสียบการ์ดลงไปให้สนิท

2.4 นำแผ่นตรวจกลูโคสออกจากกล่อง แล้วเสียบด้านที่เป็นขั้วโลหะ เข้าไปในเครื่อง เครื่องจะแสดงตัวเลขโค้ดขึ้นมาให้ดูอีกครั้งว่าเป็นตัวเดียวกันกับที่อยู่บนกล่องหรือไม่

3. วิธีการเจาะเลือด

3.1 ใช้แอลกอฮอล์เช็ดที่ปลายนิ้ว กดปลายปากกาให้ติดสนิทกับนิ้ว บีบปลายมือให้ตึงเล็กน้อย แล้วกดปุ่มเจาะเลือด

3.2 เมื่อเจาะเลือดแล้ว บีบเบา ๆ เลือดจะไหลออกมาแล้ว นำเลือดไปแตะเบา ๆ บนแผ่นตรวจกลูโคส

3.3 แตะด้านข้างเบา ๆ เลือดจะไหลเข้าไป

3.4 เลือดไหลเข้าไปตามแรงตึงผิวของเลือด จากนั้นรออ่านผลและใช้สำลีสะอาดเช็ดแผลให้สะอาด

3.5 รอประมาณ 5 วินาที ผลการอ่านค่าน้ำตาลในเลือด นำแถบวัดระดับกลูโคสในเลือดออกจากเครื่อง และดันตรงปลายปากกาเบา ๆ เข็มจะหลุดออก

ภาคผนวก จ

วิธีการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (Maximum oxygen consumption)

การทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน

(Maximum oxygen consumption)

วิธีการทดสอบ

1. จัดระดับเบาะจักยานให้พอเหมาะ และให้ผู้ทดสอบขึ้นนั่งบนเบาะ โดยเข่าข้างที่เท้าเหยียบบันไดต่ำสุด งอเล็กน้อย

2. ตั้งเครื่องให้จังหวะที่ความเร็ว 50 รอบ/นาที ให้ผู้ทดสอบปั่นจักรยานตามเสียงจังหวะ เพื่อรักษาความเร็วให้คงที่ โดยเท้าข้างหนึ่งต้องอยู่บันไดต่ำสุดขณะเสียงให้จังหวะดัง

3. ให้ผู้ทดสอบปั่นจักรยาน 2-3 นาที เพื่ออบอุ่นร่างกาย

4. การเลือกน้ำหนักถ่วงขึ้นอยู่กับเพศ อายุ และสมรรถภาพของแต่ละคนโดยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 120-170 ครั้ง/นาที ระดับน้ำหนักถ่วงสำหรับผู้ชายที่ออกกำลังกาย คือ 2-3 กิโลปอนด์

5. เริ่มจับเวลาเมื่อผู้ทดสอบสามารถปั่นจักรยานรักษาความเร็วคงที่ 50 รอบ/นาที ตามน้ำหนักถ่วงที่กำหนดให้

6. นับและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาที เป็นเวลา 6 นาที (นับจากวินาทีที่ 45 ถึงวินาทีที่ 60 ของแต่ละนาที) โดยใช้เครื่องช่วยหูฟัง ฟังที่บริเวณหลอดเลือด Carotid artery

7. ถ้าถึงนาทีที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจยังต่ำกว่า 120 ครั้ง/นาที ให้เพิ่มน้ำหนักถ่วงอีก 1 กิโลปอนด์ และขยายเวลาออกไปอีก 1 นาที เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจสม่ำเสมอ

8. นำอัตราการเต้นของหัวใจช่วงนาทีที่ 5 และนาทีที่ 6 มาหาค่าเฉลี่ย ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจทั้ง 2 ช่วง แตกต่างกันมากกว่า 5 ครั้ง/นาที ให้ขยายระยะเวลาการทดสอบออกไปอีก 1 นาทีหรือมากกว่า จนกว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะแตกต่างกันไม่เกิน 5 ครั้ง/นาที

การคำนวณ

1. อ่านค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากตารางโดยหาความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยที่นับได้และน้ำหนักที่ใช้ถ่วงจักรยานวัดงาน มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที

2. นำค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนที่อ่านได้คูณกับค่า Correction factor ตามอายุเพื่อปรับแก้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น

3. เปรียบเทียบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดกับน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยนำค่าที่ได้ในข้อ 2 คูณด้วย 1,000 มิลลิลิตร และหารด้วยน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัมของผู้ทดสอบ ค่าที่ได้เป็นปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที

ตารางภาคผนวก จ-1 ค่าทำนายปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่สัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจขณะที่ปั่นจักรยานและน้ำหนักที่ใช้ถ่วงจักรยานวัดงานในเพศชาย

Working pulse	**Maximal oxygen uptake (Liters/ min)**					**Working pulse**	**Maximal oxygen uptake (Liters/ min)**				
	300 kpm/min	**600 kpm/min**	**900 kpm/min**	**1200 kpm/min**	**1500 kpm/min**		**300 kpm/min**	**600 kpm/min**	**900 kpm/min**	**1200 kpm/min**	**1500 kpm/min**
	50w	100w	150w	200w	250w		50w	100w	150w	200w	250w
120	2.2	3.5	4.8			148		2.4	3.2	4.3	5.4
121	2.2	3.4	4.7			149		2.3	3.2	4.3	5.4
122	2.2	3.4	4.6			150		2.3	3.2	4.2	5.3
123	2.1	3.4	4.6			151		2.3	3.1	4.2	5.2
124	2.1	3.3	4.5	6.0		152		2.3	3.1	4.1	5.2
125	2.0	3.2	4.4	5.9		153		2.2	3.0	4.1	5.1
126	2.0	3.2	4.4	5.8		154		2.2	3.0	4.0	5.1
127	2.0	3.1	4.3	5.7		155		2.2	3.0	4.0	5.0
128	2.0	3.1	4.2	5.6		156		2.2	2.9	4.0	5.0
129	1.9	3.0	4.2	5.6		157		2.1	2.9	3.9	4.9
130	1.9	3.0	4.1	5.5		158		2.1	2.9	3.9	4.9
131	1.9	2.9	4.0	5.4		159		2.1	2.8	3.8	4.8
132	1.8	2.9	4.0	5.3		160		2.1	2.8	3.8	4.8
133	1.8	2.8	3.9	5.3		161		2.0	2.8	3.7	4.7
134	1.8	2.8	3.9	5.2		162		2.0	2.8	3.7	4.6
135	1.7	2.8	3.8	5.1		163		2.0	2.8	3.7	4.6
136	1.7	2.7	3.8	5.0		164		2.0	2.7	3.6	4.5

ตารางภาคผนวก จ-1 (ต่อ)

Working pulse	Maximal oxygen uptake (Liters/ min)					Working pulse	Maximal oxygen uptake (Liters/ min)				
	300 kpm/min	**600 kpm/min**	**900 kpm/min**	**1200 kpm/min**	**1500 kpm/min**		**300 kpm/min**	**600 kpm/min**	**900 kpm/min**	**1200 kpm/min**	**1500 kpm/min**
	50w	100w	150w	200w	250w		50w	100w	150w	200w	250w
137	1.7	2.7	3.7	5.0		165		2.0	2.7	3.6	4.5
138	1.6	2.7	3.7	4.9		166		1.9	2.7	3.6	4.5
139	1.6	2.6	3.6	4.8		167		1.9	2.6	3.5	4.4
140	1.6	2.6	3.6	4.8	6.0	168		1.9	2.6	3.5	4.4
141		2.6	3.5	4.7	5.9	169		1.9	2.6	3.5	4.3
142		2.5	3.5	4.6	5.8	170		1.8	2.6	3.4	4.3
143		2.5	3.4	4.6	5.7						
144		2.5	3.4	4.5	5.7						
145		2.4	3.4	4.5	5.6						
146		2.4	3.3	4.4	5.6						
147		2.4	3.3	4.4	5.5						

ตารางภาคผนวก จ-2 ค่า Correction factor ตามอายุ สำหรับแก้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด

อายุ		**Factor**	**อายุ**		**Factor**
15	=	1.10	40	=	0.830
16	=	1.09	41	=	0.820
17	=	1.08	42	=	0.810
18	=	1.07	43	=	0.800
19	=	1.06	44	=	0.790
20	=	1.05	45	=	0.780

ตารางภาคผนวก จ-2 (ต่อ)

อายุ		Factor	อายุ		Factor
21	=	1.04	46	=	0.774
22	=	1.03	47	=	0.768
23	=	1.02	48	=	0.762
24	=	1.01	49	=	0.756
25	=	1.00	50	=	0.750
26	=	0.987	51	=	0.742
27	=	0.974	52	=	0.734
28	=	0.961	53	=	0.726
29	=	0.948	54	=	0.718
30	=	0.935	55	=	0.710
31	=	0.922	56	=	0.704
32	=	0.909	57	=	0.698
33	=	0.896	58	=	0.692
34	=	0.883	59	=	0.686
35	=	0.870	60	=	0.680
36	=	0.862	61	=	0.674
37	=	0.854	62	=	0.668
38	=	0.846	63	=	0.662
39	=	0.838	64	=	0.656
			65	=	0.650