

ผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อคุณภาพน้ำเชื้อสุกรแช่เย็น

นางสาวกมลทิพย์ กระจกศรี 5712400034

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมนานี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยจำนวน 4 ฉบับเพื่อให้ทราบถึง ผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อคุณภาพน้ำเชื้อสุกรแช่เย็น พบว่าการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 0.01, 0.1, 0.62, 1.0, 1.24, 2.48, 5 และ 10 mM ไม่ส่งผลต่ออัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิสุกรที่ทำการเก็บรักษาในวันที่ 1 3 5 7 และ 10 วัน แต่การเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10 mM ส่งผลให้อสุจิของสุกรที่ทำการเก็บรักษาวันที่ 3 และ 5 วัน มีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ดี (เปรียบเทียบผลการเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 5 และ 10 mM ในการเก็บรักษาวันที่ 3 : 45.00, 48.16, 52.83 และ 52.00 % ตามลำดับ และการเก็บรักษาในวันที่ 5 : 35.33, 37.83, 44.00 และ 43.00 % ตามลำดับ) ($p<0.05$) และการเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับ 5 และ 10 mM ยังส่งผลให้เกิดความสมบูรณ์ของอะโครโซมและไมโทคอนเดรียที่ทำการเก็บรักษาในวันที่ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (เปรียบเทียบผลการเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 5 และ 10 mM ในการเก็บรักษาวันที่ 3 : 74.70, 76.54, 76.46 และ 78.82 % ตามลำดับ และการเก็บรักษาในวันที่ 5 : 64.63, 69.54, 73.81 และ 75.37 % ตามลำดับ) ($p<0.05$)

คำสำคัญ แอล-คาร์นิทีน น้ำยาเจือจาง คุณภาพน้ำเชื้อสุกรแช่เย็น

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตสุกรนิยมใช้เทคโนโลยีการผสมเทียมเพื่อการขยายพันธุ์สุกรอย่างแพร่หลาย โดยใช้น้ำเชื้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15-20 °ซ และใช้น้ำเชื้อภายในวันแรกหรือวันต่อมาภายหลังจากการรีดในการจัดการผสมเทียม ซึ่งน้ำยาเจือจางที่ใช้เป็นประเภท short-term สามารถเก็บรักษาได้ 2-3 วัน (Johnson et al., 2000 อ้างโดย พัทธรา ธนานุรักษ์ และคณะ, 2559) ในขณะที่น้ำยาเจือจางประเภท long-term เป็นประเภทที่มีองค์ประกอบซับซ้อน มักจะใช้ในกรณีแหล่งน้ำเชื้ออยู่ไกลจากฟาร์มแม่พันธุ์ อย่างไรก็ตามในการเก็บรักษาน้ำเชื้อสุกรนั้น น้ำเชื้อจะเกิดการเสื่อมสภาพ (Gadea, 2003 อ้างโดย พัทธรา ธนานุรักษ์ และคณะ, 2559) เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์สุจิประกอบด้วย phospholipid, sterol, saturated fatty acid และ polyunsaturated fatty acid (PUFA) ซึ่งเซลล์สุจิสุกรมี PUFA ปริมาณสูงจึงมีความไวต่อการเกิดความเสื่อมของเยื่อหุ้มเซลล์สุจิ เนื่องจาก PUFA สามารถก่อให้เกิด lipid peroxidation (LPO) ที่มีผลต่อความเสียหายแก่สุจิ (Awda et al., 2009 อ้างโดย ชีรภัทร แก้วกันหา และคณะ, 2560) จึงมีการศึกษาการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระในสูตรน้ำยาเจือจางน้ำเชื้อ พบว่าสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพสุจิและลดสารอนุมูลอิสระได้ สารต้านอนุมูลอิสระที่นำมาใช้ในสูตรน้ำยาเจือจางแล้วส่งผลดีต่อคุณภาพสุจิที่ยืดอายุการเก็บรักษา เช่น แอล-คาร์นิทีน (Manee-in et al., 2014 อ้างโดย ชีรภัทร แก้วกันหา และคณะ, 2560)

แอล-คาร์นิทีน (L-carnitine) เป็นกรดอะมิโนที่ผลิตได้ที่ตับและไต ช่วยเพิ่มการผลิตและการเคลื่อนที่ของเซลล์สุจิ พาไขมันเข้าสู่ไมโทคอนเดรียเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นโคแฟกเตอร์ทำงานร่วมกับกรดไขมันสายยาวของกรดไขมัน ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์สุจิจะไปเสริมการทำงานของไมโทคอนเดรีย โดยจะช่วยสลาย Polyunsaturated fatty acid ให้เป็นพลังงาน ทำให้มีการเคลื่อนที่เพิ่มสูงขึ้น (Lenzi et al., 2003 อ้างโดย พัทธรา ธนานุรักษ์, 2559)

ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ให้ทราบถึงผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อคุณภาพน้ำเชื้อสุกรแช่เย็น

แอล-คาร์นิทีน (L-carnitine)

แอล-คาร์นิทีน เป็นกรดอะมิโนที่ผลิตได้ที่ตับ โดยมีการสังเคราะห์จากกรดอะมิโน 2 ชนิด ได้แก่ Lysine และ Methionine พร้อมอาศัยตัวเร่งให้เกิดการสังเคราะห์ ได้แก่ Niacin วิตามิน B6 วิตามิน C และธาตุเหล็ก มีคุณสมบัติเป็นโคแฟกเตอร์ทำงานร่วมกับกรดไขมันสายยาวของกรดไขมัน ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์สุจิ จะไปเสริมการทำงานของไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ทำให้มีการเคลื่อนที่เพิ่มสูงขึ้น (Lenzi et al., 2003 อ้างโดย พัทธรา ธนานุรักษ์, 2559) แอล-คาร์นิทีนช่วยให้ร่างกายเปลี่ยนกรดไขมันเป็นพลังงาน พลังงานที่ได้ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในส่วนของกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย ในขณะที่ตับแอล-คาร์นิทีนทำหน้าที่

สำคัญในระบบเมตาบอลิซึมเพื่อสร้างพลังงาน โดยผ่านกระบวนการเผาผลาญกรดไขมันที่เรียกว่า Bata-oxidation ซึ่งเกิดภายในไมโทคอนเดรียของเซลล์ต่างๆ รวมไปถึงเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจและเซลล์กล้ามเนื้อลาย โดยปกติแอล-คาร์นิทีนจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Acyl-Carnitine ทำหน้าที่ขนส่งไขมันสายยาวเพื่อนำไปเผาผลาญในไมโทคอนเดรียแล้วจึงกลับมาเป็นแอล-คาร์นิทีน นอกจากนี้สามารถพบแอล-คาร์นิทีนในอาหารประเภทเนื้อ ผลิตภัณฑ์ประเภทยีสต์ ผักสีเขียว ผลไม้ประเภทอะโวคาโด ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากถั่วหมัก

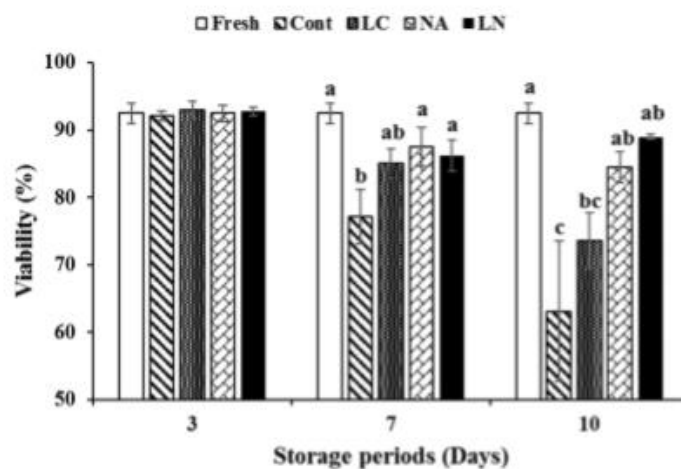
ผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อการมีชีวิตของอสุจิสุกร

จากการศึกษาทางทดลองของ Vongpralub et al. (2016) ดังตารางที่ 1 พบว่า ที่ทำการทดลองเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางน้ำเชื้อสุกร ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1, 1 และ 5 mM นำน้ำเชื้อเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 17°C เป็นเวลา 10 วัน ประเมินอัตราการมีชีวิตรอดของตัวอสุจิที่มีอะโครโซมสมบูรณ์และไม่โทคอนเดรียสภาพปกติโดยวิธีการย้อมสีฟลูออเรสเซนซ์ที่วันที่ 1, 5 และ 10 ของการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างของอัตราการการมีชีวิตรอดของอสุจิที่มีอะโครโซมสมบูรณ์และไม่โทคอนเดรียสภาพปกติในการเสริมแอล-คาร์นิทีนในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Lee et al. (2014) ที่ทำการทดลองเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 0.62, 1.24 และ 2.48 mM เก็บรักษาน้ำเชื้อที่อุณหภูมิ 18°C เป็นเวลา 10 วัน ประเมินอัตราการมีชีวิตรอดของตัวอสุจิที่วันที่ 3, 7 และ 10 ไม่พบความแตกต่างของอัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อการมีชีวิตของอสุจิสุกร

ระดับ L- Carnitine (mM)	วันที่			อ้างอิง
	1	5	10	
0	81.89 ± 3.09	79.68 ± 3.94	73.10 ± 6.74	Vongpralub et al. (2016)
0.1	81.95 ± 1.63	80.56 ± 2.20	75.76 ± 5.64	
1	82.79 ± 2.11	80.92 ± 3.52	76.53 ± 5.17	
5	82.42 ± 3.76	78.63 ± 5.23	71.58 ± 5.61	
	วันที่			
	3	7	10	
0	87.7 ± 1.3	84.5 ± 2.2	79.1 ± 2.8	Lee et al. (2014)
0.62	89.2 ± 0.4	87.3 ± 1.8	81.3 ± 3.6	
1.24	90.2 ± 0.7	88.0 ± 2.4	83.7 ± 4.7	
2.48	89.1 ± 0.5	87.6 ± 1.8	80.8 ± 2.7	

จากการศึกษาทดลองของ Lee et al. (2016) พบว่าการเสริมแอล-คาร์นิทีน (LC) ในน้ำยาเชื้อจำที่ระดับความเข้มข้น 0.01 mM เปรียบเทียบผลการทดลองกับน้ำเชื้อสดอายุ 1 วัน กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริม Nicotinic acid (NA) และกลุ่มที่เสริม LC ร่วมกับ NA เก็บรักษาน้ำเชื้อที่อุณหภูมิ 18°C ประเมินอัตราการมีชีวิตรอดที่วันที่ 3, 7 และ 10 ไม่พบความแตกต่างของอัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิสุกรเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในการประเมินผลวันที่ 7 จะเห็นได้ว่าน้ำเชื้อสดกับกลุ่มที่ทำการเสริม LC กลุ่มเสริม NA และกลุ่มเสริม LC ร่วมกับ NA ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีผลที่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 10 น้ำเชื้อสด กลุ่มเสริมสาร NA และกลุ่มที่เสริม LC ร่วมกับ NA ให้ผลดีที่สุด อย่างไรก็ตามการเสริม LC กลุ่มที่เสริม NA และกลุ่มที่เสริม LC ร่วมกับ NA ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (รูปที่ 1) ผลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานทดลองของ Vongpralub et al. (2016) และงานทดลองของ Lee et al. (2014) ทั้งนี้การมีชีวิตรอดของอสุจิจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการเก็บรักษาน้ำเชื้อและสารอนุมูลอิสระที่จะทำลายเซลล์อสุจิ แอล-คาร์นิทีนจะให้ผลทางอ้อมคือสลาย PUFA ที่มีใน seminal plasma ทำให้มีการแตกตัวน้อยส่งผลให้สารอนุมูลอิสระลดลง ทำให้ไม่พบความแตกต่างกันของการมีชีวิตรอดของอสุจิ



รูปที่ 1 แสดงผลการเสริมแอล-คาร์นิทีนต่ออัตราการมีชีวิตของอสุจิสุกร

หมายเหตุ □ = น้ำเชื้อสด ▨ = กลุ่มควบคุม ▤ = การเสริมแอล-คาร์นิทีน

▩ = การเสริม Nicotinic acid ■ = การเสริมแอล-คาร์นิทีนร่วมกับ nicotinic acid

^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันบนชุดข้อมูลเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่มา: Lee et al. (2016)

ผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของอสุจิสุกร

จากการศึกษาทางทดลองของ พัชรา ธานนุรักษ์ และคณะ (2559) ทำการทดลองเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางน้ำเชื้อ ที่ระดับความเข้มข้น 0 1 5 และ 10 mM เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17°C ประเมินผลการทดลองที่วันที่ 1 3 และ 5 พบว่าการเสริมแอล-คาร์นิทีน ที่ระดับ 5 และ 10 mM ส่งผลให้การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวอสุจิในวันที่ 3 และ 5 สามารถเคลื่อนที่ได้ดีที่สุด (p<0.05) (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาผลการทดลองของ Vongpralub et al. (2016) ในตารางที่ 2 ทำการเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับ 0 0.1 1 และ 5 mM ส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของอสุจิสุกร (p>0.05) ทั้งนี้ในการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจาง จะไปช่วยการทำงานของไมโทคอนเดรียสลายกรดไขมันให้เป็นพลังงานแก่ตัวอสุจิ ทำให้อสุจิมีพลังงานที่จะสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ หากจะทำการเสริมแอล-คาร์นิทีน ควรพิจารณาความเข้มข้นของสารให้เหมาะสมกับการนำไปใช้เพื่อที่สารจะสามารถทำงานร่วมกับเอนไซม์ชนิดอื่นๆได้ และส่งผลดีแก่ตัวอสุจิ หากทำการเสริมในระดับที่ต่ำจะส่งผลให้มีความเข้มข้นไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 2 ผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของอสุจิสุกร

ระดับ L-Carnitine (mM)	วันที่			อ้างอิง	
	1	3	5		
0	73.50 ± 8.40	45.00 ± 7.37 ^b	35.33 ± 5.31 ^b	พัชรา ธานนุรักษ์ และคณะ (2559)	
1	76.00 ± 5.13	48.16 ± 6.24 ^b	37.83 ± 6.30 ^b		
5	76.66 ± 7.22	52.83 ± 4.91 ^a	44.00 ± 4.69 ^a		
10	75.00 ± 9.67	52.00 ± 4.00 ^a	43.00 ± 4.47 ^a		
	วันที่				
	1	4	7	10	
0	84.06 ± 5.34	79.87 ± 4.76	74.33 ± 7.77 ^b	67.44 ± 10.26	Vongpralub et al. (2016)
0.1	85.00 ± 4.87	81.78 ± 5.60	77.50 ± 8.18 ^{ab}	70.94 ± 9.28	
1	85.94 ± 5.29	83.06 ± 5.88	77.33 ± 9.02 ^{ab}	73.39 ± 9.91	
5	86.94 ± 5.82	83.00 ± 6.00	76.11 ± 11.29 ^{ab}	70.61 ± 11.98	

^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อความสมบูรณ์ของอะโครโซมและไมโทคอนเดรีย

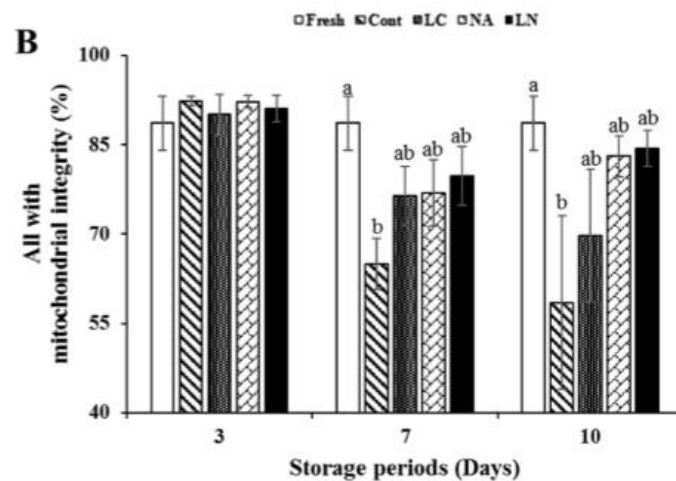
จากการศึกษาทดลองของ พัชรา ธานนุรักษ์. (2559). ในตารางที่ 3 พบว่าการเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับความเข้มข้น 10 mM ส่งผลให้ความสมบูรณ์ของอะโครโซมและไมโทคอนเดรียในการเก็บรักษาวันที่ 3 มีค่าดีที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับการเสริมที่ระดับ 1 และ 5 mM ในการเก็บรักษาวันที่ 5 พบว่าการเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10 mM ส่งผลให้ความสมบูรณ์ของอะโครโซมและไมโทคอนเดรียมีค่าดีที่สุด ($p < 0.05$) Lee et al. (2014) กล่าวว่า การเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับความเข้มข้น 1.24 mM ให้ผลดีที่สุดในการเก็บรักษาวันที่ 3 และ 10 เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมแอล-คาร์นิทีน ที่ระดับความเข้มข้น 0.62 และ 2.48 mM อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันในการเก็บรักษาวันที่ 7 ($p < 0.05$) (ตารางที่ 3) แอล-คาร์นิทีนที่ใช้ในน้ำยาเจือจางน้ำเชื้อจะช่วยในการดึงไขมันมาเผาผลาญในไมโทคอนเดรียจึงทำให้พบความสมบูรณ์ของอะโครโซมและไมโทคอนเดรียของอสุจิที่ดี ทั้งนี้การเสริมในระดับที่เหมาะสมจะส่งผลที่ดีในการเก็บรักษาระยะยาว และการเสริมที่ระดับ 5 และ 10 mM จะทำให้เห็นผลในการเก็บรักษาระยะสั้นที่ดีแต่ไม่มีผลแสดงให้ทราบในระยะยาว

ตารางที่ 3 ผลการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางต่อความสมบูรณ์ของอะโครโซมและไมโทคอนเดรีย

ระดับ L- Carnitine (mM)	วันที่			อ้างอิง
	1	3	5	
0	84.33 ± 4.42	74.70 ± 6.12 ^b	64.63 ± 7.93 ^c	พัชรา ธานนุรักษ์ และคณะ (2559)
1	83.11 ± 2.26	76.54 ± 5.54 ^{ab}	69.54 ± 7.87 ^b	
5	84.71 ± 7.87	76.46 ± 3.74 ^{ab}	73.81 ± 6.98 ^{ab}	
10	82.51 ± 10.25	78.82 ± 5.23 ^a	75.37 ± 6.13 ^a	
	วันที่			
	3	7	10	
0	70.7 ± 2.2 ^b	73.5 ± 1.6 ^b	67.1 ± 2.2 ^b	Lee et al. (2014)
0.62	76.5 ± 2.3 ^{ab}	84.8 ± 5.4 ^{ab}	71.3 ± 2.4 ^b	
1.24	79.2 ± 3.1 ^a	82.5 ± 6.3 ^{ab}	73.3 ± 1.2 ^a	
2.48	72.9 ± 2.4 ^{ab}	80.2 ± 5.3 ^{ab}	70.8 ± 0.6 ^b	

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาผลงานทดลองของ Lee et al. (2016) ทำการทดลองโดยเสริมแอล-คาร์นิทีนที่ระดับความเข้มข้น 0.01 mM เก็บน้ำเชื้อที่อุณหภูมิ 18°C เป็นเวลา 10 วัน ประเมินความสมบูรณ์ของไมโทคอนเดรียในวันที่ 3, 7 และ 10 เปรียบเทียบผลกับน้ำเชื้อสดอายุ 1 วัน กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริม NA และกลุ่มที่เสริม LC ร่วมกับ NA ไม่พบความแตกต่างของความสมบูรณ์ของไมโทคอนเดรีย เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในการเก็บรักษาน้ำเชื้อที่ 7 และ 10 วัน พบว่าน้ำเชื้อสด กลุ่มเสริม LC กลุ่มเสริม NA และกลุ่มเสริม LC ร่วมกับ NA ให้ผลที่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (รูปที่ 2) ทั้งนี้อาจมีผลมาจากระดับความเข้มข้นของแอล-คาร์นิทีนที่ใช้ในการเสริมมีความเข้มข้นไม่เพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างจากงานทดลองนี้



รูปที่ 2 แสดงผลการเสริมแอล-คาร์นิทีนต่อความสมบูรณ์ของไมโทคอนเดรีย

หมายเหตุ □ = น้ำเชื้อสด ▨ = กลุ่มควบคุม ■ = การเสริมแอล-คาร์นิทีน ▩ = การเสริม Nicotinic acid
 ■ = การเสริมแอล-คาร์นิทีนร่วมกับ nicotinic acid

^{ab} ตัวอักษรที่ต่างกันบนชุดข้อมูลเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่มา: Lee et al.(2016)

สรุป

การเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ส่งผลดีต่อการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและส่งผลที่ดีต่อความสมบูรณ์ของอะโครโซมและไมโทคอนเดรียของอสุจิสุกร อย่างไรก็ตามการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางทำให้ไม่พบความแตกต่างของอัตราการมีชีวิตรอดของตัวอสุจิสุกร

เอกสารอ้างอิง

- กรพกา เทรดดิ้ง จก. 2560. “สารละลายของแอล-คาร์นิทีน”. <https://www.kornpaka.com/content/12460/สารละลายของแอล-คาร์นิทีน>. สืบค้นเมื่อ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2561.
- พัชรา ธานุรักษ์ และคณะ. 2559. “การเสริมแอล-คาร์นิทีน ในน้ำยาเจือจางชนิดเก็บรักษาระยะสั้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเชื้อสุกรที่เก็บรักษาด้วยวิธีแช่เย็น”. **แก่นเกษตร 44** (ฉบับพิเศษ 1): 25-30
- Lee, Y.J. et al. 2014. Effects of L-carnitine during the Storage of Fresh Semen in Miniature Pigs. **Reprod Dev Biol 38** (4): 171-177.
- Lee, Y.J. et al. 2016. Effect of L-Carnitine and Nicotinic Acid on Sperm Characteristics in Miniature Pigs. **Reprod Dev Biol 40** (1): 1-5.
- Pompam Ly. 2016. “L-Carnitine คืออะไรและมีประโยชน์อย่างไร”. <https://healthgossip.co/what-is-l-carnitine/>. สืบค้นเมื่อ วันที่ 2 เมษายน 2561.
- Vongpralub et al. 2016. Comparison of Effect of Different Antioxidants Supplemented to Long-term Extender on Boar Semen Quality Following Storage at 17°C. **Thai J Vet Med 46** (1): 119-126.