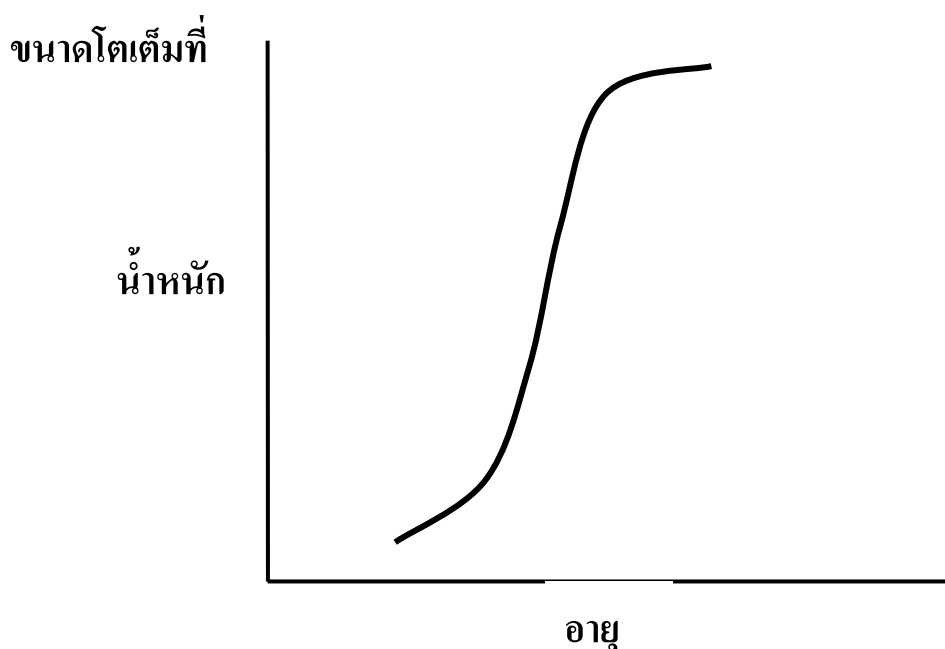


## การเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory Growth)

ความหมายอย่างง่าย ของคำว่า การเจริญเติบโตชดเชย คือ สัตว์แสดงการเจริญเติบโต  
ฟื้นคืนเมื่อได้รับอาหารที่ดีขึ้นหลังจากขาด และร่างกายจะกลับสู่ปกติ

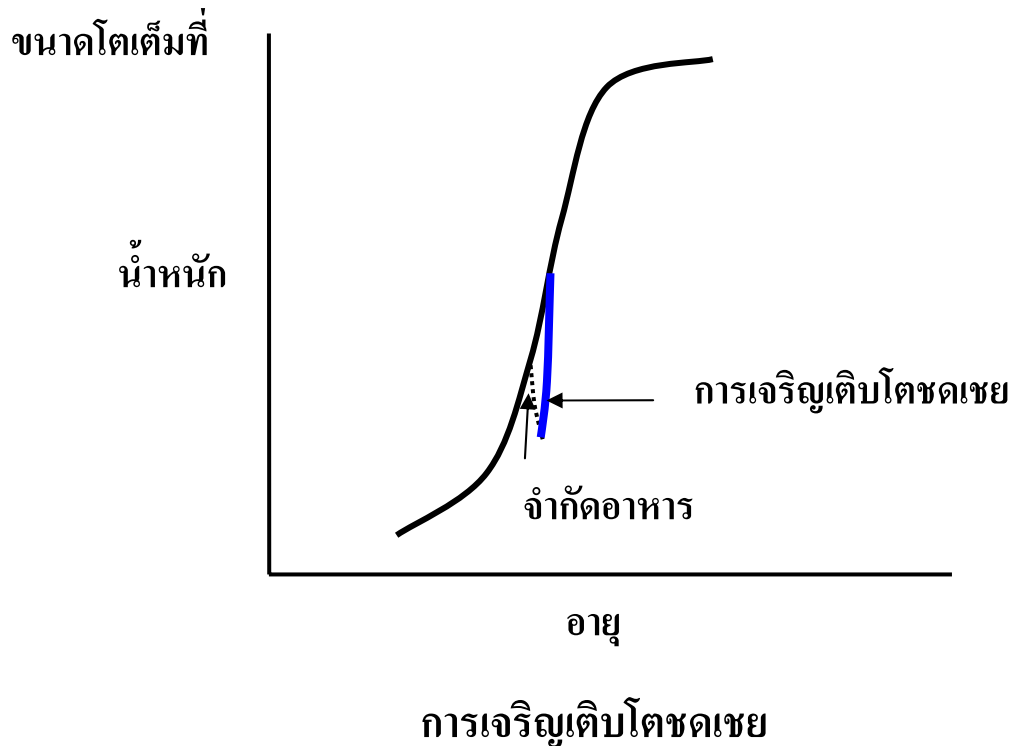
การเจริญเติบโตปกติ (Normal Growth) คือการเพิ่มในขนาดและน้ำหนักของสัตว์  
ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เปิดโอกาสให้สัตว์สามารถแสดงศักยภาพการเจริญเติบโตได้เต็มที่



การเจริญเติบโตเป็นปกติ กราฟเป็นรูป sigmoid curve หรือ ตัว S

**Nutritional Stress** (ความเครียดด้านอาหาร) คือ ความไม่เพียงพอของอาหารที่สัตว์  
ได้รับ ทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพ ทำให้สัตว์ไม่สามารถแสดงศักยภาพทางพันธุกรรม  
ได้เต็มที่ สัตว์อาจมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ในกรณีที่รุนแรงอาจมีการสูญเสียน้ำหนัก  
ร่างกาย

Compensatory Growth (การเจริญเติบโตชดเชย) คือ อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน) ที่เกิดขึ้นกับสัตว์เมื่อได้รับอาหารเต็มที่หลังจากที่ได้รับ nutritional stress เป็นระยะเวลาหนึ่ง สัตว์จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าสัตว์คู่แข่งที่มีพันธุกรรมเหมือนกัน โดยถ้าภายใต้สภาพแวดล้อมเหมือนกันแล้วสัตว์คู่แข่งทั้งสองจะมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากัน



### ผลของการเกิด nutritional stress ต่อสภาพร่างกายของสัตว์

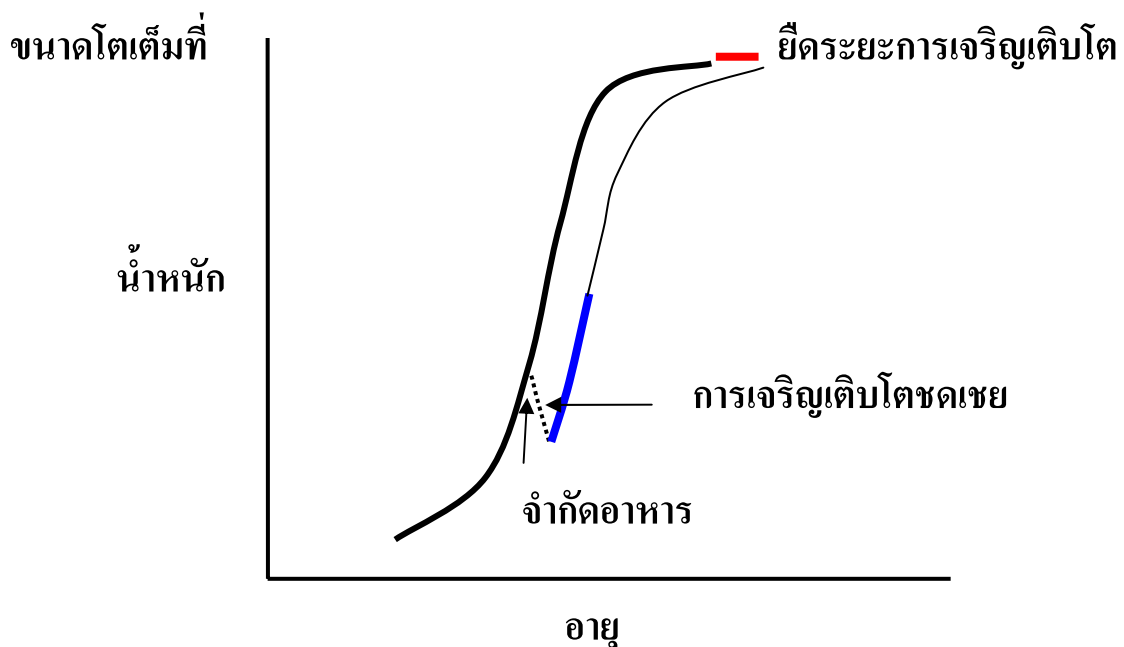
การเกิด nutritional stress มีผลต่อสภาพร่างกายของสัตว์ขณะที่ได้รับอาหารเต็มที่หลังจากเกิด nutritional stress

ส่วนประกอบของร่างกายอาจเปลี่ยนไป ร่างกายประกอบด้วยเนื้อเยื่อไขมันเป็นปริมาณน้อยกว่ากลุ่มสัตว์ปกติ การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของร่างกายเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในขนาดน้ำหนักของอวัยวะภายใน โดยเฉพาะ ตับ กระเพาะ และลำไส้ อวัยวะภายในเหล่านี้ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อ nutritional stress อวัยวะภายในมีขนาดลดลง และมีกิจกรรมลดลง สัตว์กินอาหารลดลงในปลายระยะการ

เกิด nutritional stress มีผลต่อมาถึงสภาพการผลิตฮอร์โมนของร่างกาย และปริมาณ metabolites ในกระแสเลือด ร่างกายมีความต้องการอาหารสำหรับการดำรงชีพลดลง

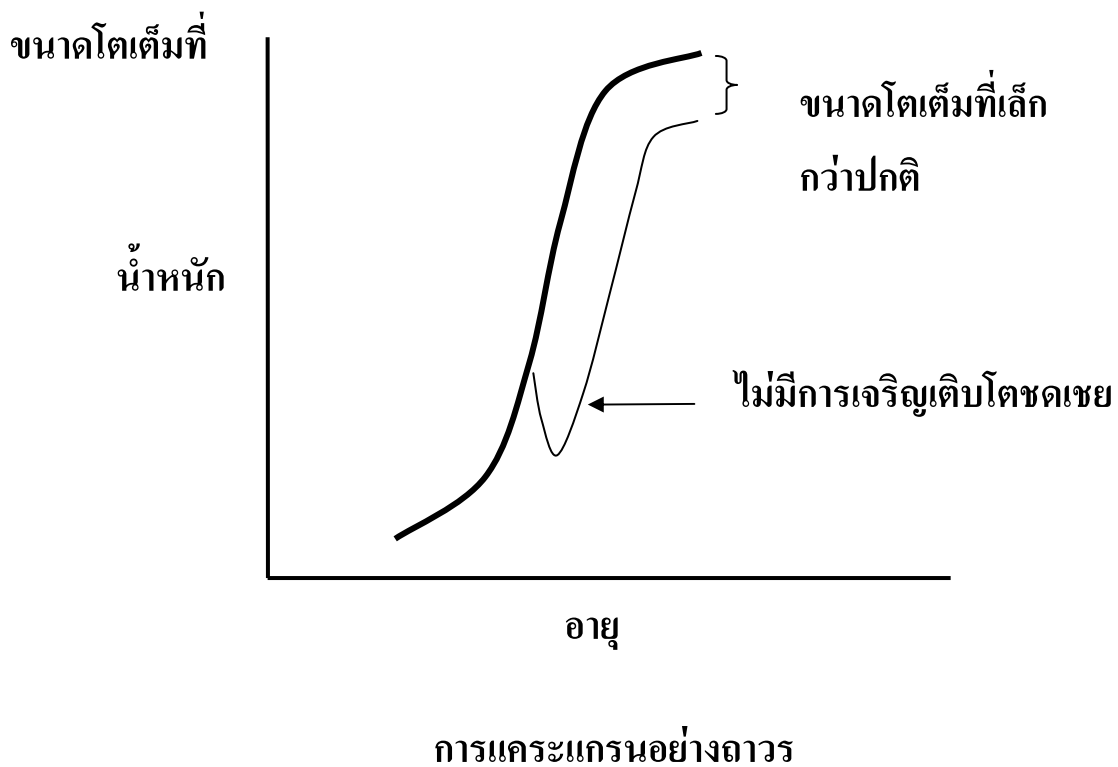
### ลักษณะการเกิดขึ้นของการเจริญเติบโตชดเชย

การเจริญเติบโตชดเชยเกิดขึ้นด้วยขนาดที่ไม่แน่นอน ขนาดที่ไม่แน่นอนของการเกิดขึ้นของการเจริญเติบโตชดเชยนี้ จะเห็นได้จากการรายงานในโค ซึ่งรายงานนี้แสดงให้เห็นว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างน้ำหนักที่สูญเสีย (ในฤดูกาลที่ขาดแคลนพืชอาหาร) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ในฤดูกาลที่มีพืชอาหารอุดมสมบูรณ์ในช่วงถัดมา) ในกรณีที่มีการเจริญเติบโตชดเชยเกิดขึ้นไม่มาก แต่สัตว์ก็ยังสามารถมีน้ำหนักโตเต็มที่ของร่างกายได้เท่ากับสัตว์กลุ่มปกติ ทั้งนี้อาจเกิดจากร่างกายมีการยืดอายุโตเต็มที่ออกไป หรือนั่นคือ ยืดระยะเวลาเจริญเติบโตออกไป สัตว์จะใช้เวลานานขึ้นในการที่จะถึงน้ำหนักโตเต็มที่ที่ปกติ



ระยะเวลาเจริญเติบโตยืดออกไป

สำหรับกรณีที่สัตว์ไม่มีการเจริญเติบโตชัดเจน ทั้งนี้อาจเกิดจากการขาดอาหารรุนแรง และเป็นเวลานานเกินไป สัตว์กลุ่มนี้จะไม่สามารถมีน้ำหนักโตเต็มที่ที่ปกติได้ไม่ว่าจะด้วยวิธีการใด ในกรณีเช่นนี้เป็นการแคระแกรนอย่างถาวรเกิดขึ้นกับร่างกาย



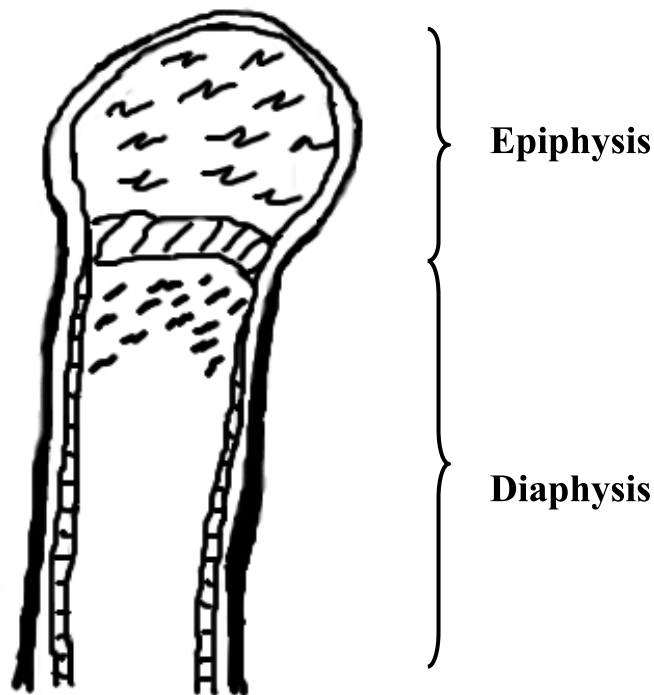
### ศักยภาพของการเจริญเติบโตชัดเจน

ในที่นี้จะกล่าวถึงปัจจัยที่เกิดมาจากตัวสัตว์ที่มีผลต่อศักยภาพของการเจริญเติบโตชัดเจน

1. การเชื่อมติดกันของกระดูก epiphysis และ diaphysis ร่างกายจะมีขนาดโครงร่างคงที่ (ไม่รวมถึงน้ำหนักร่างกาย) ต่อเมื่อกระดูก epiphysis และ diaphysis เชื่อมติดกัน หรือนั่นคือ ร่างกายถึงอายุโตเต็มที่

สัตว์ที่เคยได้รับอาหารไม่เพียงพอ อาจมีการยืดอายุการเชื่อมติดกันของกระดูก

epiphysis กับ diaphysis ออกไป สัตว์จึงยังสามารถมีการเจริญเติบโตเกิดขึ้นต่อไปได้อีกหลายปี โดยแม้จะถึงอายุปกติของการโตเต็มที่แล้ว



แสดงส่วนของกระดูกที่กำลังเจริญเติบโตเมื่อผ่าตามยาว

ลักษณะเดียวกับที่กล่าวมานั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การเจริญเติบโตชัดเจนจะสามารถเกิดขึ้นได้จะต้องก่อนการเชื่อมติดกันของกระดูก epiphysis กับ diaphysis ในกรณีของสัตว์ที่กระดูก epiphysis กับ diaphysis เชื่อมติดกันแล้วหรือร่างกายโตเต็มที่แล้ว และมีการสูญเสียน้ำหนักร่างกายเมื่อได้รับอาหารไม่เพียงพอ แต่เมื่อสัตว์ได้รับอาหารเต็มที่แล้ว น้ำหนักร่างกายจะกลับสู่ระดับปกติอย่างรวดเร็ว (recovery of weight) ลักษณะเช่นนี้เป็นการกลับคืนสู่น้ำหนักปกติของขนาดโตเต็มที่ ถือว่าไม่ใช่เป็นการเจริญเติบโตชัดเจน เพราะในระยะโตเต็มที่แล้วนั้น ร่างกายไม่มีการเจริญเติบโตเกิดขึ้น ลักษณะเช่นนี้เป็นการกลับคืนสู่น้ำหนักปกติ ไม่ตรงตามความหมายของคำว่า การเจริญเติบโตชัดเจน

2. ประสิทธิภาพในการเก็บกักโภชนะในร่างกาย มีรายงานในสุกร แสดงให้เห็นว่า การเก็บกักโปรตีนไว้ในร่างกาย จะมีระดับเพิ่มขึ้นอย่างคงที่จากคลอดจนถึงอายุประมาณ 200 วัน และแล้วจะลดลงอย่างคงที่ ในแกะก็มีการแนะนำไว้เช่นเดียวกัน

ถ้าการเจริญเติบโตของร่างกายเกิดขึ้นจากการสะสมโปรตีนไว้ในร่างกายแล้ว ระดับของการเจริญเติบโตของร่างกายก็จะต้องขึ้นกับการเก็บกักโปรตีนไว้ในร่างกาย

การเจริญเติบโตของร่างกายยังขึ้นกับประสิทธิภาพการเก็บกักพลังงานไว้ในร่างกาย จะมีระดับสูงสุดต่อเมื่อน้ำหนักร่างกายประมาณ 25 % ของน้ำหนักโตเต็มที่ และแล้วจะลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้มีการรายงานว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของร่างกายก็จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อหลังจากร่างกายมีน้ำหนักประมาณ 30 % ของขนาดโตเต็มที่

ดังนั้นจึงอาจสรุปว่า การเจริญเติบโตชดเชย จะมีศักยภาพมากสุดในสัตว์ที่มีน้ำหนักร่างกายประมาณ 25 – 30 % ของขนาดโตเต็มที่ หากต่ำหรือสูงกว่าน้ำหนักนี้แล้ว การเจริญเติบโตชดเชยจะมีศักยภาพลดลง และถ้าอายุน้อยหรือมากเกินไปแล้ว สัตว์ก็จะไม่สามารถมีการเจริญเติบโตชดเชยได้

แกะที่อายุน้อยกว่า 3 เดือน และแกะที่โตเต็มที่ก็จะไม่สามารถมีการเจริญเติบโตชดเชย โคที่อายุต่ำกว่า 16 สัปดาห์ ก็จะไม่มีการเจริญเติบโตชดเชย

### ขนาดและระยะเวลาการเกิดขึ้นของการเจริญเติบโตชดเชย

การเจริญเติบโตชดเชยเกิดขึ้นด้วยขนาดและระยะเวลาความยาวนานที่มีความผันแปรอยู่มาก มีน้อยรายของการเจริญเติบโตชดเชยที่มีระดับมากกว่า 2 เท่า ของกลุ่มปกติ

มีการทดลองในแกะ พบว่าการเจริญเติบโตชดเชยอาจสูงถึง 1.8 ถึง 2 เท่า ของกลุ่มปกติ ในโคก็มีระดับเดียวกัน การเกิดขึ้นของการเจริญเติบโตชดเชยมีระยะเวลาสั้นมาก โดยทั่วไปประมาณ 4 สัปดาห์

การที่ร่างกายสามารถมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าปกติได้เมื่อได้รับอาหารเต็มที่ หลังจากการขาดอาหารนั้น สามารถอธิบายได้จากการอธิบายผลการทดลองของ Campbell (1988) โดยการทดลองให้ฮอร์โมน porcine growth hormone แก่สุกร พบว่า สุกรมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจาก 500 กรัมต่อวัน ไปเป็นมากกว่า 700 กรัมต่อวัน งานทดลองนี้ได้อธิบายไว้ว่า ร่างกายสุกรยังสามารถมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นไปตามความสามารถทางพันธุกรรมที่มีอยู่ หรืออาจกล่าวได้ว่า กระบวนการชีวเคมีต่าง ๆ ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย ยังสามารถมีศักยภาพเพิ่มขึ้นตามความสามารถทางพันธุกรรม ในการเลี้ยงสัตว์ทุกวันนี้ มีสัตว์น้อยตัวที่มีอัตราการเจริญเติบโตเกิดขึ้นเต็มความสามารถทางพันธุกรรมแล้ว

ดังนั้นการที่ร่างกายได้รับอาหารเต็มที่หลังจากการขาดอาหาร จึงสามารถทำให้ร่างกายมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นได้ และมากกว่าที่เกิดขึ้นในกลุ่มปกติ

## การเปลี่ยนแปลงปริมาณการกินอาหารในระยะการเจริญเติบโตชดเชย

เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกินอาหารของสัตว์ ดังนั้นรายงานเกี่ยวกับปริมาณการกินอาหารของสัตว์ในระยะการเจริญเติบโตชดเชยจึงมีความขัดแย้งกัน

ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดความแตกต่างในรายงานต่าง ๆ ก็คือ ความแตกต่างระหว่างตัวสัตว์ โดยแม้ว่าสัตว์จะได้รับอาหารชนิดเดียวกัน ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ อาหารที่สัตว์กิน สัตว์จะกินอาหารเป็นปริมาณต่างกันในอาหารที่มีพลังงานระดับแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ขนาดและความสามารถในการดูดซึมของระบบทางเดินอาหาร

การรายงานเกี่ยวกับปริมาณการกินอาหารของสัตว์ในระยะที่มีการเจริญ

เติบโตชัดเจนขึ้นนั้น ส่วนใหญ่กระทำกันในแกะ โดยอาจกล่าวได้ดังนี้ แกะที่ได้รับอาหารเต็มที่หลังจากการขาดอาหาร ปกติจะกินอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันแรก ๆ 2-3 เท่าตัว จากนั้นปริมาณการกินอาหารจะลดลงในวันต่อ ๆ มา และแล้วจะเพิ่มขึ้นอีกในภายหลัง โดยเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ แกะจะใช้เวลาประมาณ 15 วัน จึงจะกินอาหารได้เป็นปริมาณเท่ากับกลุ่มปกติ มีบางรายงานกล่าวว่า สัตว์จะใช้เวลา 2 – 4 สัปดาห์ จึงจะทำให้ปริมาณอาหารที่กินมีระดับเท่ากับ หรือ บางกรณีมากกว่ากลุ่มปกติ

การเพิ่มขึ้นของอาหารที่กินในแต่ละวัน เป็นไปพร้อม ๆ กับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว ปริมาณการกินจะสูงมากขนาดไหน อาจขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณการขาดอาหารที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้น อัตราความเร็วที่ร่างกายจะปรับตัวเข้ากับสภาพอาหารที่ได้รับครั้งใหม่ และลักษณะของอาหาร

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในปริมาณการกินอาหาร ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงในการย่อยได้ของอาหารเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามการย่อยได้ลดลงเล็กน้อยมาก จาก 72 % ลดลงเป็น 68 % ในขณะที่ปริมาณอาหารที่กินเพิ่มจาก 400 กรัม/วัน ไปเป็น 1300 กรัม/วันในแกะ

## การเปลี่ยนแปลงขนาดของเซลล์ไขมันและปริมาณไขมันของร่างกายใน ระยะการเจริญเติบโตชัดเจน

จำนวนเซลล์ไขมันของสัตว์อาจจะไม่เปลี่ยนแปลงจากการขาดอาหาร แต่ขนาดของเซลล์ไขมันจะมีขนาดเล็กลง ในช่วงการขาดอาหารนั้น ร่างกายมีการสูญเสียไขมัน มีการลดขนาดของเซลล์ไขมัน สำหรับในช่วงฟื้นตัวของร่างกาย หรือช่วงการเจริญเติบโตชัดเจนนั้นไขมันมีระดับเพิ่มขึ้น โดยมีการขยายขนาดของ



เซลล์ไขมัน การเพิ่มขนาดของเซลล์ไขมันเกิดขึ้นในอัตรา 2 เท่ามากกว่ากลุ่มปกติ การเพิ่มขึ้นของจำนวนเซลล์ไขมันจะเกิดขึ้นหรือไม่ขึ้นกับการขาดอาหารเกิดขึ้น ในอายุไหนของสัตว์ แกะและโคที่อายุมาก (อาจมากเกินอายุ 50 % ของโตเต็มที่) การเพิ่มจำนวนเซลล์ไขมันสิ้นสุดลงแล้ว ดังนั้นจำนวนเซลล์อาจไม่เปลี่ยนแปลง ในช่วงการเจริญเติบโตชดเชย ส่วนในสัตว์ที่อายุไม่มาก อาจมีการเพิ่มจำนวน เซลล์ไขมันเกิดขึ้นบ้างร่วมกับการขยายขนาดของเซลล์ไขมัน โดยการขยายขนาด ของเซลล์เกิดขึ้นเป็นกระบวนการหลัก

การขยายขนาดของเซลล์ไขมันเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงใน กิจกรรมการสร้างไขมันภายในเซลล์ไขมัน สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารมากพอ หลังจากการขาดอาหารจะมีอัตราการสร้างไขมันเพิ่มขึ้นภายในเซลล์เป็นระดับช้า กว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว มีการรายงานว่าแกะจะใช้เวลานานกว่า 8 วัน จึงจะมีการ สร้างไขมันได้ในอัตราเดียวกับกลุ่มปกติ แกะที่มีอายุมากขึ้นจะใช้เวลานานขึ้น แกะที่มีน้ำหนักร่างกายประมาณ 40 กก.จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของไขมันมากที่สุด

อัตราการเพิ่มขึ้นของไขมันในช่วงการเจริญเติบโตชดเชยของแกะอาจสูงถึง 146 กรัมต่อวัน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มปกติ ซึ่งมีอัตราการสร้างไขมันเพียง 26 กรัมต่อวัน

### การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อในระยะการเจริญเติบโตชดเชย

ในช่วงที่สัตว์ขาดอาหารนั้นร่างกายสัตว์มีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเล็กกว่า กลุ่มปกติ ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อจะลดลงอย่างมากในปลายระยะของการขาด อาหาร แต่อย่างไรก็ดี ขึ้นกับขนาดของความรุนแรงในการขาดอาหาร

สำหรับในช่วงที่ร่างกายได้รับอาหารเต็มที่หลังจากการขาดอาหาร การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อจะถูกกระตุ้นทำให้การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อมีอัตราสูงกว่าสัตว์ปกติ การตอบสนองของการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้ออาจลดลงตามอายุสัตว์ที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อในช่วงการเจริญเติบโตชดเชยโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการเพิ่มขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ

## การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อในสัตว์ที่มีการสูญเสียน้ำหนักร่างกาย

การขาดอาหารก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักร่างกายของสัตว์ มีการปล่อยให้สัตว์มีการสูญเสียน้ำหนักร่างกายเกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์บางประการ เช่น

1. การให้ร่างกายมีการสูญเสียน้ำหนัก ตามด้วยการฟื้นตัวของน้ำหนักร่างกาย เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับในช่วงที่ราคาอาหารมีความผันแปร
2. เกษตรกรบางรายในบางประเทศ ได้ปล่อยให้แกะมีการสูญเสียน้ำหนักร่างกายเพื่อที่จะลดความอ้วนทำให้ซากสัตว์มีคุณภาพสูงขึ้น

อย่างไรก็ดี อุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ได้แนะนำไว้ว่า เนื้อของสัตว์ที่มีการสูญเสียน้ำหนักร่างกายจัดเป็นเนื้อคุณภาพต่ำ นอกจากนี้มีรายงานในโคกล่าวไว้ว่า ในปลายระยะของการขาดอาหารของสัตว์ เส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อลดลง 25 % และปริมาณไขมันของกล้ามเนื้อก็ลดลง เนื้อของโคดังกล่าวจึงมีความเหนียว นอกจากนี้การขาดอาหารยังทำให้ปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมาก กรดแลคติกจึงเกิดขึ้นน้อย เป็นผลให้ pH ของกล้ามเนื้อมีระดับสูง ถ้า pH ของกล้ามเนื้อเป็น 6.0 หรือมากกว่านี้แล้ว กล้ามเนื้อจะอยู่ในสภาพหดตัวจึงเพิ่มความเหนียวของเนื้อ อย่างไรก็ตาม มีการรายงานในแกะแนะนำ

ว่าถ้าสภาพก่อนและหลังฆ่าสัตว์ถูกควบคุมดีพอแล้ว การสูญเสียน้ำหนักร่างกายของแกะเป็นเวลานานกว่า 6 – 7 สัปดาห์ จะไม่มีผลต่อคุณภาพซาก

สภาพก่อนและหลังฆ่าสัตว์ เช่น ความเครียดของสัตว์ก่อนฆ่า และควรทำให้ซากเย็นลงภายในเวลาที่กำหนดหลังฆ่า สัตว์ที่มีความเครียดก่อนฆ่า นั้นจะมีผลทำให้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อถูกใช้ไป กรดแลคติกจึงเกิดขึ้นน้อยหลังฆ่าสัตว์ ทำให้กล้ามเนื้ออยู่ในสภาพหดตัว ส่วนการทำให้ซากเย็นลงภายในระยะเวลาที่กำหนดจะทำให้กล้ามเนื้อไม่ทันหดตัว หากการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นจะทำให้กล้ามเนื้อมีความเหนียวได้

สรุป การควบคุมสภาพก่อนฆ่าและหลังฆ่าให้ถูกต้องตามหลักที่กำหนดแล้ว จะช่วยไม่ให้เนื้อสัตว์เกิดความเหนียว แม้สัตว์จะมีการสูญเสียน้ำหนักร่างกายเกิดขึ้น