

ผลของการเติม *Lactobacillus plantarum* BCC 65951 ต่อคุณค่าทางโภชนาการของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมัก

Effect of *Lactobacillus plantarum* BCC 65951 inoculant on nutritive value of baby corn husk silage

สิริพร อ่ำสุข¹, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ^{1*} และ ศิวัช สังข์ศรีทวงษ์²

Siriporn Umsook¹, Saowaluck Yammuen-art^{1*} and Siwat Sangsritavong²

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ *L. plantarum* BCC 65951 ต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมัก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักไม่เติมเชื้อ กลุ่มที่ 2 เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเติมเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 สุ่มเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาการหมัก 21 วัน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางเคมี จากการศึกษาพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของกลุ่มเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมต้นเชื้อมีค่าต่ำกว่ากลุ่มของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่ไม่เสริมต้นเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณกรดอะซิติกและแลคติกของกลุ่มเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมต้นเชื้อมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อีกทั้งปริมาณกรดบิวทริกมีค่าต่ำกว่ากลุ่มของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่ไม่เสริมต้นเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี พบว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่เสริมต้นเชื้อ มีปริมาณโปรตีนสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อีกทั้งปริมาณเยื่อใย ปริมาณผนังเซลล์และเฮมิเซลลูโลสมีค่าต่ำกว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่ไม่เสริมต้นเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการศึกษาสรุปได้ว่าการเสริมต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 ทำให้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากมีปริมาณกรดแลคติกและอะซิติกเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: *L. plantarum* BCC 65951, คุณภาพการหมัก, องค์ประกอบทางเคมี

ABSTRACT: The aim of this research was to study effect of *Lactobacillus plantarum* BCC 65951 inoculant on nutritive value of baby corn husk silage. The silage were divided into 2 groups: group 1; baby corn husk silage without inoculant (Control), group 2; baby corn husk silage with *L. plantarum* inoculant (LAB). After 21 days of ensiling time, the samples were collected and analyzed for fermentation quality and chemical composition. This study found that the LAB group has lower pH value than control groups ($p < 0.05$) but acetic acid concentration and lactic acid concentration of LAB group were significant higher than control ($p < 0.05$). Butyric acid concentration of LAB group was lower than control groups ($p < 0.05$). Ammonia nitrogen (NH₃-N) of LAB group was lower than control group ($p < 0.05$). CP of LAB group was higher than control group ($p < 0.05$). Moreover, crude fiber, NDF and hemicellulose of LAB group were lower than control group ($P < 0.05$). It can be concluded that *L. plantarum* inoculant can improve fermentation quality and reduce CP loss.

Keywords: *L. plantarum* BCC 65951, fermentation quality, chemical composition

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ ประเทศไทย 50200

Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Thailand, 50200.

² ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ประเทศไทย 12120

National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Thailand Science Park, Thailand, 12120

* Corresponding author: saowaluck.y@cmu.ac.th

บทนำ

เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนเป็นเศษเหลือทางการเกษตรที่ได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งส่วนใหญ่เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่เหลือจะใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบให้แก่ โค กระบือ แพะ ในพื้นที่ แต่เมื่อปริมาณการปลูกของข้าวโพดฝักอ่อนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมีมากขึ้นเกินความต้องการของกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์ ทำให้เกษตรกรต้องกำจัดเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนทิ้งวันต่อวันในปริมาณมาก ดังนั้นการทำฟาร์มจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนจึงเป็นวิธีการในการเก็บถนอมรักษาคุณภาพไว้ใช้เป็นอาหารสัตว์ในยามที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์สดได้ แต่เนื่องจากคุณสมบัติของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนไม่เอื้อต่อการทำฟาร์ม เช่น ฟาร์มมีความชื้นสูง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate, WSC) ต่ำ รวมถึงปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกที่ติดมาน้อย อาจไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ทำให้ฟาร์มที่ได้มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นการทำฟาร์มที่จะให้ประสบความสำเร็จ จึงต้องการแบคทีเรียกรดแลคติกและน้ำตาล ในการผลิตกรดแลคติกให้มีปริมาณที่เพียงพอที่จะลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของฟาร์ม การใช้สารเสริมในกระบวนการหมักเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของฟาร์ม สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารเสริมที่กระตุ้นกระบวนการหมัก เช่น การเติมแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria, LAB) จะมีผลทำให้ฟาร์มมีคุณภาพดีกว่าการหมักแบบธรรมชาติ การเติมต้นเชื้อ LAB สายพันธุ์ที่เหมาะสมในอาหารสัตว์หมักจะช่วยทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และจะทำให้ได้อาหารสัตว์หมักที่มีคุณภาพการหมักที่ดี *Lactobacillus plantarum* เป็นจุลินทรีย์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการผลิตอาหารหมัก โดยเฉพาะการผลิตอาหารสัตว์หมัก (Li and Nishino, 2011) *L. plantarum* เป็น Facultative heterofermentative bacteria ที่สามารถผลิตกรดแลคติกและกรดอินทรีย์อื่น ๆ (Arriola et al., 2011) การเสริม LAB ในระหว่างกระบวนการหมักจะช่วยทำให้กระบวนการหมักเสร็จสมบูรณ์ได้รวดเร็วขึ้น ทำให้ลดการย่อยสลายโภชนาการในอาหารหมักได้

(Francisco et al., 2013) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ *L. plantarum* BCC 65951 ต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมัก

วิธีการศึกษา

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก

เตรียมต้นเชื้อจุลินทรีย์ *L. plantarum* BCC 65951 ที่ได้คัดเลือกจากอาหารสัตว์หมักโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ โดยใช้ระดับความเข้มข้นที่ 10^7 cfu/ml โดยผสมต้นเชื้อปริมาณ 100 มล.ต่อน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85% ปริมาณ 10 ล. ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำสารละลายต้นเชื้อผสมกับเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนสด 1 ตัน (อัตราส่วนการใช้ 10 มล. ต่อเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนสด 1 กก.)

การเตรียมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมัก

นำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนสด ตัดให้มีขนาดชิ้น 2–3 ซม. จากนั้นนำต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 ที่เตรียมไว้ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันและบรรจุใส่ถุง 2 ชั้น ชั้นในเป็นถุงพลาสติกใสและชั้นนอกเป็นถุงกระสอบ โดยบรรจุถุงละ 20 กก. อัดให้แน่น จากนั้นทำการดูดอากาศออกให้หมด เพื่อให้อยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน จากนั้นมัดถุงกระสอบให้แน่น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ คือ

กลุ่มที่ 1 เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักไม่เสริมต้นเชื้อ (Control)

กลุ่มที่ 2 เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 (LAB)

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมัก ที่ระยะเวลาการหมัก 21 วัน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพการหมัก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์คุณภาพการหมัก

นำตัวอย่างที่ได้จากการทดลองแบบสดตัวอย่างละ 1 ก. นำไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter นำตัวอย่างแบบสดมาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA) และกรดแลคติกโดยวิธีกลั่น (Zimmer, 1966) และ

วิเคราะห์หาปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH₃) โดยวิธี Kjeldahl method (Chen et al., 1994)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างที่สุ่มเก็บไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชม. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง (Dry matter; DM), อินทรีย์วัตถุ (Organic matter; OM), โปรตีนหยาบ (Crude protein; CP), ไขมัน (Ether extract; EE) และเยื่อใย (Crude fiber; CF) ตามวิธี Proximate analysis (AOAC, 2000) วิเคราะห์หั่นเซลล์ (Neutral detergent fiber; NDF), ลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fiber; ADF), ลิกนิน (Acid detergent lignin, ADL) ด้วยวิธี Detergent method (Van Soest et al., 1991)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยของกลุ่มการทดลอง 2 กลุ่มอิสระต่อกัน (T-test for independent sample) ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1960)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่เสริมต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 มีค่าต่ำกว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่ไม่

เสริมต้นเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (3.87 เทียบกับ 3.93) เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมต้นเชื้อมีปริมาณกรดแลคติกและปริมาณกรดอะซิติกสูงกว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่ไม่เสริมต้นเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1.25 เทียบกับ 0.14% และ 1.80 เทียบกับ 1.27%) ปริมาณกรดบิวทริก และค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่เสริมต้นเชื้อมีค่าต่ำกว่ากลุ่มของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่ไม่เสริมต้นเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.67 เทียบกับ 0.76% และ 1.31 เทียบกับ 1.57%) เนื่องจากการเสริมต้นเชื้อจุลินทรีย์ *L. plantarum* BCC 65951 มีผลทำให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น และเมื่อปริมาณกรดแลคติกมีมากจึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างมีค่าลดลง ในขณะเดียวกันปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นอาจถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติกได้โดย Heterofermentative lactic acid bacteria ที่ติดมากับพืชได้ (Muck and Kung, 1997; Basso et al., 2014) การเสริมต้นเชื้อทำให้ปริมาณกรดบิวทริกลดลง เนื่องจากมีปริมาณกรดแลคติกที่สูงซึ่งมีความเป็นกรดที่แรงจึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของพืชหมัก เมื่อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดกรดบิวทริกถูกยับยั้งจึงมีผลทำให้ปริมาณบิวทริกมีปริมาณต่ำ (Vakily et al., 2011) ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงในกลุ่มที่เสริมต้นเชื้อเป็นผลมาจากการสูญเสียโปรตีนในพืชหมักน้อยลง (Winter et al., 2001)

Table 1 Fermentation quality of baby corn husk silage with and without *L. plantarum* BCC 65951

Item	inoculation		SEM*	P-value
	Control	LAB		
pH	3.93 ^b	3.87 ^a	0.013	<0.001
Acetic acid (%)	1.27 ^a	1.80 ^b	0.118	<0.001
Butyric acid (%)	0.76 ^b	0.67 ^a	0.019	<0.001
Lactic acid (%)	0.14 ^a	1.25 ^b	0.248	<0.001
NH ₃ -N (g/kg DM)	1.58 ^b	1.34 ^a	0.058	<0.001

^{a-b} means in the same row with different superscript in the same factor differ significantly (P< 0.05)

SEM: Standard error of the mean (n = 3)

เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่ไม่เสริมต้นเชื้อและเสริมต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 มีปริมาณวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ ไขมัน ปริมาณลิกโนเซลลูโลส (ADF) และปริมาณลิกนิน (ADL) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 13.80 เทียบกับ 14.45%, 88.59 เทียบกับ 87.55%, 6.84 เทียบกับ 6.25% อีกทั้งปริมาณลิกโนเซลลูโลส (ADF) ลิกนิน (ADL) ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและปริมาณเซลลูโลสของอาหารทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 61.95 เทียบกับ 50.36%, 10.91 เทียบกับ 7.24%, 10.01 เทียบกับ 6.29% และ 51.04 เทียบกับ 43.11%

ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่าย (NFE) ของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 มีค่าสูงกว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักไม่เสริมต้นเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 10.79

เทียบกับ 9.48% และ 60.22 เทียบกับ 57.69% ทั้งนี้เนื่องจากการเสริม *L. plantarum* BCC 65951 สามารถช่วยลดการสูญเสียของระดับโปรตีนในพืชหมัก (Winter et al., 2001) จึงทำให้ปริมาณโปรตีนในกลุ่มที่เสริมต้นเชื้อมีค่าสูงกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเยื่อใย (CF) ผนังเซลล์ (NDF) ของกลุ่มเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมต้นเชื้อมีค่าต่ำกว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักที่ไม่เสริมต้นเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 18.44 เทียบกับ 21.94% และ 56.66 เทียบกับ 71.97% เนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมักแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกสามารถผลิตเอนไซม์ที่ช่วยย่อยได้ เช่น เอนไซม์เซลลูเลส ทำให้กลุ่มที่ได้รับการเสริมแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีปริมาณเยื่อใย เยื่อใยที่เป็นผนังเซลล์ และเฮมิเซลลูโลส ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมต้นเชื้อ (Ni et al., 2014)

Table 2 Chemical composition of baby corn husk silage with and without *L. plantarum* BCC

Item	65951 inoculation		SEM*	P-value
	Control	LAB		
Dry matter, (%)	13.80	14.45	0.286	0.304
Chemical composition (%DM)				
Organic matter	88.59	87.55	0.282	0.057
Crude protein	9.48 ^a	10.79 ^b	0.318	0.009
Ether extract	6.84	6.25	0.170	0.074
Crude fiber	21.94 ^b	18.44 ^a	0.801	0.001
Nitrogen free extract	57.69 ^a	60.22 ^b	0.639	0.020
Neutral detergent fiber	71.97 ^b	56.66 ^a	3.92	0.024
Acid detergent fiber	61.95	50.36	3.44	0.084
Acid detergent lignin	10.91	7.24	3.22	0.626
Hemicellulose	10.01	6.29	1.02	0.051
Cellulose	51.04	43.11	4.61	0.452

^{a-b} means in the same row with different superscript in the same factor differ significantly ($P<0.05$)

SEM: Standard error of the mean (n = 3)

สรุปผลการศึกษา

การเสริมต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 ทำให้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากมีปริมาณกรดแลคติกและอะซิติกเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความเป็น กรด – ต่าง ลดลง นอกจากนั้นยังมีปริมาณกรดบิวทิริก และปริมาณแอมโมเนียลดลง และการเสริมต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 ยังมีผลทำให้ปริมาณโปรตีน สูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมต้นเชื้อ อีกทั้งยังพบว่าปริมาณเยื่อใยผนังเซลล์ และเฮมิเซลลูโลส มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมต้นเชื้อ ดังนั้นการเสริมต้นเชื้อ *L. plantarum* BCC 65951 ในเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำให้คุณภาพการหมักดีขึ้น และการเก็บถนอมได้ดีกว่าการหมักโดยไม่เสริมต้นเชื้อ

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. AOAC International, Maryland.
- Arriola, K.G., S.C. Kim and A.T. Adesogan. 2011. Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. J. Dairy Sci. 94(3):1511-1516.
- Basso, F.C., A.T. Adesogan, E.C. Lara, C.H.S. Rabelo, T.T. Berchielli, I.A.M.A. Teixeira, G.R. Siqueira and R.A. Reis. 2014. Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation microbial protein yield and growth performance of lambs. J. Anim Sci. 92: 5640-5650.
- Chen, J., M. R. Stokes and C. R. Wallace. 1994. Effects of enzyme- inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silages. J. Dairy Sci. 77:501-512.
- Francisco, E., G. Contreas, E. M. Richard, B. A. Glen and W. J. Paul. 2013. Lactobacillus plantarum effects on silage fermentation and in vitro microbial yield. Anim Feed Sci. Tech. 179(1-4):6168.
- Li, Y. and N. Nishino. 2011. Monitoring the bacterial community of maize silage stored in a bunker silo inoculated with Enterococcus faecium, Lactobacillus plantarum and Lactobacillus buchneri. J. Appl Microbiol Biochem. 110(6):1561–1570.
- Muck, R. E and L. Kung. 1997. Effects of silage additives on ensiling, in Proceedings of the silage: Field to Feed Bunk. North American Conference: Hershey Pennsylvania. Feb: 11-13.
- Ni, K., Y. Wang, H. Pang and Y. Cai. 2014. Effect of cellulase and lactic acid bacteria on fermentation quality and chemical composition of wheat straw silage. Am J Plant Sci. 5(13):1877-1884.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie 1960. Principles and Procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Vakily, H., A.A. Khadem, M. Rezaeian, A. Afzalzadeh and A.S. Chaudhry. 2011. The impact of a bacterial inoculant on chemical composition, aerobic stability and in sacco degradability of corn silage and the subsequent performance of dairy cows. Int.J.Vet.Res. 5: 21-29.

- Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B..A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Winter, A. L., P. Fychan and P. Jone. 2001. Effect of formic acid and a bacterial inoculant on the amino acid composition of grass silage and on animal performance. Grass Forage Sci. 56:181-192
- Zimmer, E. 1966. Die Neufassung des Garfutterschlüssels nach Flieg .Das Wirtschaftseigene Futter, 12:299-303