

השפעות גומלין בהחמצת שני זני סורגום בשני שלבי הבשלה

ג. אשבל, צ. וינברג, יאירה חן ובולוזן ק.¹

היחידה לשימור מספוא ומוצרי לוואי, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן
המחלקה לבע"ח, אוניברסיטת קנזס, ארה"ב

מבוא

צמח הסורגום (*Sorghum bicolor*) שמוצאו מאפריקה זכה בשנים האחרונות לתשומת לב מחדשת בארה"ב, בעיקר בשל עמידותו ליובש ולמליחות, בהשוואה לתירס, דרישותיו לדשן ולאיכות קרקע יותר צנועות, בעוד רמת החלבון שלו גבוהה יותר. תחמיצי סורגום מקובלים במערב התיכון של ארה"ב ומשמשים בעיקר להאבסת בקר לבשר. בשנים האחרונות נעשו עבודות רבות בטיפוח סורגום ומגוון הזנים המצויים עתה בשוק הוא רב. הערך התזונתי של מספר זני סורגום דומה לזה של תירס (1986 Dickerson, שיעור גבוה של שאריות סוכרים בתחמיץ מעודד את קלקולו המהיר בחשיפה לאויר (Meeske et al 1993). תוספת תרביות חיידקים שיפרו את תהליך ההחמצה אך הקטינו את העמידות האירובית של התחמיצים (1993 Weinberg, Meeske et al. גם תוספת גז אמוניה שיפר את תחמיצי הסורגום (1992 Ashbell and Weinberg).

ממשק המים בארץ הולך ומחמיר, כמויות המים שעומדות לרשות החקלאי מצטמצמות ומחירם מאמיר ובעתיד עלול המצב עוד להחמיר. נראה לנו שיש מקום להחליף לפחות חלק מתחמיצי התירס בתחמיצי סורגום. לצערנו, בארץ יש לצמח הסורגום תדמית היסטורית לא חיובית בהזנת בקר לחלב, בעיקר בגלל הנעכלות הנמוכה של הזנים שרווחו אז. לאור השיפור והמגוון הרב בזני הסורגום ומצב משק המים בארץ יש בוודאי מקום לשלב את הסורגום בין גידולי המספוא הקיימים. בין צמחי הסורגום ניתן להבדיל בשני טיפוסים עיקריים.

◀ סורגום המיועד לגרעינים; עיקר ערכיו

התזונתיים מتركזים בגרעין, תרומת יתר חלקי הצמח הווגטיביים מעטה יחסית ותכולת החומר היבש והנעכלות בהם נמוכה.

◀ **סורגום למספוא;** עיקרו חלקים וגטטיביים, מעט גרעינים, יכול ירק גבוה ותכולה נמוכה של חומר יבש, (פחות מ-30%) היוצר נגר בזמן ההחמצה.

התכולה הנמוכה של החומר היבש בצמחי סורגום למספוא (שמפריעה גם בהחמצה) ורמת נעכלות לא מספקת עבור בקר לחלב הם מהגורמים העיקריים שדחו את השימוש בו בארץ. עבודות רבות עסקו בשיפור גורמים מגבילים אלה. מטרת עבודה זאת היא לבדוק, כיצד משפיע שילוב של שני זני סורגום למספוא עם תכולה שונה של גרעינים בשני שלבי הבשלה (חלב ודוג) על תכונות השימור והפריקות.

חומרים ושיטות

שני זני הסורגום אשר נבדקו היו:

1. הזן FS-5, תוצרת Dekalb Plant Genetics, Lubbock, TX, USA, עם יבול גרגרים נמוך, כ-600 ק"ג לדונם (1ז).

2. הזן Pioneer 947, תוצרת Pioneer Hi-Breed, Jonston IA, USA, עם יבול גרגרים גבוה יותר, כ-900 ק"ג לדונם (2ז).

שני הזנים נזרעו באותו זמן, גודלו באותם תנאים, נקצרו במקביל בהבשלות חלב ודוגן (11 ימים הבדילו בין 2 מועדי ההבשלה). היחס יבול-גרגרים:לירק לא נבדק על ידינו. הצמחים נקצרו, קוצצו לאורך של כ-15 מ"מ והוחמצו בצננות החמצה בנפח 1.5 ליטר בטמפ' קבועה (28±2 מע"צ).

צמחי הסורגום הוחמצו ביחסים הבאים:

1. הזן FS-5 (1ז).

2. הזן Pioneer 947 (2ז).

מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, סדרה ב', 7991, מס' 3097. המאמר עבר בקרה מדעית.

כללי ספירה של: חידקי חומצת חלב, שמרים, פטריות ואנטרובקטריות. שיטת הבדיקה פורסמה על ידי Ashbell et al (1987). הניתוח הסטטיסטי נעשה בתכנת SAS בפרוצדורת GLM וכולל את מבחן תחום מרובה (Duncan), כפי שפורסם ב-Statistical Analysis System, Cary NC, USA.

תוצאות

תוצאות הבדיקות הכימיות של צמחי הסורגום (חומר מוצא) משני זנים בשני מועדי הבשלה (חלב ודוג) מובאות בטבלה 1. תוצאות הבדיקות הכימיות והמיקרוביולוגיות של 4 סוגי תחמיצי הסורגום בהבשלת חלב לאחר 90 ימי החמצה מובאות בטבלה 2, ובהבשלת דוג מובאות בטבלה 3. תוצאות בדיקת כושר העמידות של תחמיצי הסורגום בהבשלות חלב ודוג מובאות בטבלה 4. תוצאות הבדיקות הכימיות של דופן-התא והיעלמות החומר בכרס הפרה לאחר 48 שעות מובאות בטבלה 5. קצב ירידת ה-pH של התחמיצים השונים, ובחשיפה לאויר בהבשלת חלב מובא באיור 1, ובהבשלת דוג באיור 2.

3. תערובת של 1:1 (3 חלקים): 2:1 (1 חלק).
4. תערובת של 1:1:2:1 ביחס 1:1.
כל אחת מהקבוצות הנ"ל הוחמצה ב-12 צנצנות (סה"כ 48 צנצנות לכל מועד הבשלה), 3 צנצנות מכל קבוצה נפתחו ונבדקו בימים 2, 5, 10, ו-90 להחמצה. בתחמיצים מהיום ה-90 נבדק גם כושר העמידות לתנאי חשיפה לאויר למשך 6 ימים לפי השיטה שפותחה על ידי Ashbell et al (1991).

בדיקות כימיות בוצעו לכל צנצנת בנפרד. חומר יבש נקבע על ידי ייבוש החומר בתנור ב-60 מע"צ למשך 48 שעות; אפר על ידי שריפת החומר בתנור שריפה ב-550 מע"צ למשך 3 שעות; פחמימות מסיסות במים נקבע על פי שיטת Dubois et al (1956); חומצה לקטית נקבעה בשיטה ספקטרוטומטרית לפי (1941) Baker and Summerson; חומצות שומן נדיפות נבדקו בגז-כרומוטוגרף בעזרת קולונה 101 Cromosorb בטווח טמפרטורות 140–210 מע"צ לפי Theune (1978). מרכיבי דופן-התא, NDF, ADF ו-ADL נבדקו לפי השיטה של Goering and Van Soest (1970). הפריקות בכרס נקבעה לאחר 48 שעות לפי השיטה של (1977) Mehrez and Orskov. בדיקות מיקרוביאליות

טבלה 1. בדיקות כימיות של צמחי הסורגום: הזן FS-5 (1ז) והזן Pioneer 947 (2ז) בהבשלות חלב ודוג (גר/ק"ג חומר יבש ± SD).

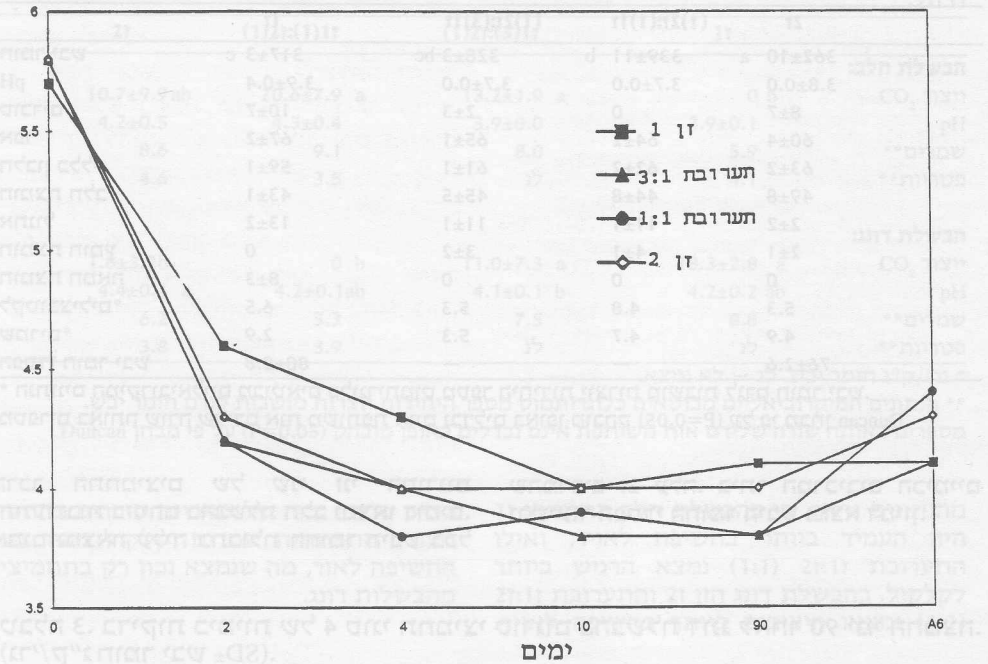
| הבשלת דוג | | הבשלת חלב | | |
|-----------|--------|-----------|--------|------------|
| 2ז | 1ז | 2ז | 1ז | |
| 570±2 | 374±12 | 389±8 | 338±13 | חומר יבש |
| 29±1 | 123±4 | 63±6 | 120±11 | סוכרים |
| 62 | 59 | 62 | 60 | אפר |
| 60 | 54 | 69 | 54 | חלבון כללי |
| 610±29 | 519±10 | 527±19 | 518±11 | NDF |
| 355±2 | 315±3 | 300±1 | 312±2 | ADF |
| 82±6 | 79±2 | 66±6 | 59±1 | ADL |

התפתחות מואצת של הגרעינים. תכולת הסוכרים הינה גבוהה ודומה ב-1ז בשתי דרגות ההבשלה, ואילו ב-2ז הסוכרים מהווים רק חצי מהכמות בהבשלת חלב ויורדים עד לכדי רבע בהבשלת דוג, בהשוואה ל-1ז.

מסקנות ודיון

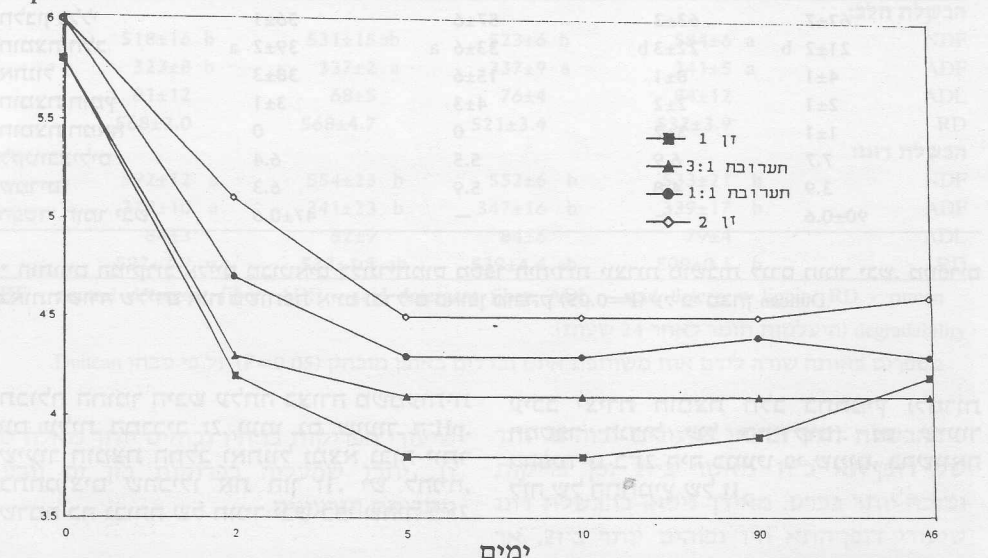
נראה בבירור, כי תכולת החומר היבש ב-1ז נמוך ומשתנה רק במעט עם ההתבגרות. לעומתו תכולת החומר היבש ב-2ז עולה בצורה משמעותית מאד בתקופה קצרה, כנראה בשל

איור 1. קצב ירידת ה-pH של התחמיצים השונים בחשיפה לאויר בשלב הבשלת חלב. pH



ירידת ה-pH נבדקה במשך 90 ימי החמצה ולאחר מכן במשך 6 ימי חשיפה לאויר. נראה כי קצב ירידת ה-pH בתחמיצים השונים היה דומה. אמנם, ישנה נטיה לירידה מתונה יותר בחמיצות בתחמיץ 1:1. יתכן שהדבר נובע מהתכולה הנמוכה של החומר היבש. נראה כי תחמיץ זה נשאר יציב בחשיפה לאויר.

איור 2. קצב ירידת ה-pH של התחמיצים השונים בחשיפה לאויר בשלב הבשלת דונוג. pH



נמצא שככל שמרכיב הזון 21 עלה בתחמיץ, ירידת ה-pH היתה מתונה יותר ורמתו נשארה גבוהה יותר. יש להניח, ש-pH גבוה זה לא שמר על התחמיץ בעת חשיפתו לאויר.

טבלה 2. בדיקות כימיות של 4 סוגי תחמיצי סורגום בהבשלת חלב לאחר 90 ימי החמצה. (גר/ק"ג חומר יבש \pm SD).

| 2ז | (1)2ז:(1)1ז | (1)2ז:(3)1ז | 1ז | |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| 362 \pm 10 a | 339 \pm 11 b | 328 \pm 3 bc | 317 \pm 3 c | חומר יבש |
| 3.8 \pm 0.0 | 3.7 \pm 0.0 | 3.7 \pm 0.0 | 3.9 \pm 0.4 | pH |
| 8 \pm 7 | 0 | 2 \pm 3 | 10 \pm 7 | סוכרים |
| 60 \pm 4 | 64 \pm 2 | 65 \pm 1 | 67 \pm 2 | אפר |
| 63 \pm 2 | 62 \pm 2 | 61 \pm 1 | 59 \pm 1 | חלבון כללי |
| 49 \pm 8 | 44 \pm 8 | 45 \pm 5 | 43 \pm 1 | חומצת חלב |
| 2 \pm 2 | 11 \pm 1 | 11 \pm 1 | 13 \pm 2 | אתנול |
| 2 \pm 1 | 4 \pm 1 | 3 \pm 2 | 0 | חומצת חומץ |
| 0 | 0 | 0 | 8 \pm 3 | חומצת חמאה |
| 5.3 | 4.8 | 5.3 | 6.5 | לקטובצילים* |
| 4.9 | 4.7 | 5.3 | 2.9 | שמרים* |
| 76 \pm 2.6 | — | — | 80 \pm 0.8 | הפסדי חומר יבש |

* הנתונים המיקרוביאליים מבוטאים כלוגריתמוס מספר היחידות יוצרות מושבות לגרם חומר יבש. מספרים באותה שורה שלידם אות משותפת אינם נבדלים באופן מובהק ($P=0.05$) על פי מבחן Duncan.

הרכב התחמיצים של שני זני הסורגום שהמרכיב 2ז עלה. ביתר המרכיבים הכימיים והתערובות ביניהם בהבשלת חלב נמצאו דומים. ובשיעור הפסדי החומר היבש נמצא דמיון. אמנם נמצאה עליה בתכולת החומר היבש ככל

טבלה 3. בדיקות כימיות של 4 סוגי תחמיצי סורגום בהבשלת דונג לאחר 90 ימי החמצה. (גר/ק"ג חומר יבש \pm SD).

| 2ז | (1)2ז:(1)1ז | (1)2ז:(3)1ז | 1ז | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 479 \pm 5 a | 448 \pm 14 a | 400 \pm 24 b | 363 \pm 4 c | חומר יבש |
| 4.3 \pm 0.0 | 4.2 \pm 0.0 | 4.0 \pm 0.0 | 3.9 \pm 0.0 | pH |
| 0 b | 20 \pm 4 ab | 31 \pm 18 a | 29 \pm 25 ab | סוכרים |
| 67 \pm 2 | 62 \pm 3 | 66 \pm 4 | 65 \pm 7 | אפר |
| 62 \pm 7 | 63 \pm 3 | 57 \pm 6 | 56 \pm 1 | חלבון כללי |
| 21 \pm 2 b | 22 \pm 3 b | 33 \pm 6 a | 39 \pm 2 a | חומצת חלב |
| 4 \pm 1 | 8 \pm 1 | 15 \pm 6 | 38 \pm 3 | אתנול |
| 2 \pm 1 | 2 \pm 2 | 4 \pm 3 | 3 \pm 1 | חומצת חומץ |
| 1 \pm 1 | 3 \pm 2 | 0 | 0 | חומצת חמאה |
| 7.7 | 6.9 | 5.5 | 6.4 | לקטובצילים* |
| 3.9 | 4.8 | 5.9 | 6.3 | שמרים* |
| 90 \pm 0.6 | — | — | 47 \pm 0.6 | הפסדי חומר יבש |

* הנתונים המיקרוביאליים מבוטאים כלוגריתמוס מספר היחידות יוצרות מושבות לגרם חומר יבש. מספרים באותה שורה שלידם אות משותפת אינם נבדלים באופן מובהק ($P=0.05$) על פי מבחן Duncan.

עיקב יצירת חומצת חלב בתחמיץ (למרות המספר הגדול של החיידקים). גם שיעור ההפסדים ב־2ז היה כמעט פי שניים, בהשוואה לזה של התחמיץ של 1ז.

תכולת החומר היבש עלתה בצורה משמעותית עם עליית המרכיב 2ז ועמו גם שיעור ה-pH. שיעור חומצת החלב ואתנול נמצא גבוה יותר בתחמיצים שהכילו את הזן 1ז. יש להניח, שרמה כה גבוהה של חומר יבש כפי שהיה ב־2ז

טבלה 4. בדיקת כשר העמידות של תחמיצי סורגום שונים לחשיפת אויר בהבשלת חלב ודונג.

| 2ז | (1)2ז:(1)1ז | (1)2ז:(3)1ז | 1ז | |
|--------------------|-------------|-------------|------------|-----------------------|
| הבשלת חלב: | | | | |
| 10.7±9.9 ab | 20.6±7.9 a | 13.2±1.9 a | 0 b | ייצור CO ₂ |
| 4.2±0.5 | 4.3±0.4 | 3.9±0.0 | 3.9±0.1 | pH |
| 8.6 | 9.1 | 8.0 | 5.9 | שמרים** |
| 4.6 | 3.5 | לנ | 4.1 | פטיות** |
| הבשלת דונג: | | | | |
| 1.8±3.2b | 0 b | 11.0±7.3 a | 18.3±2.8 a | ייצור CO ₂ |
| 4.4±0.1 a | 4.2±0.1ab | 4.1±0.1 b | 4.2±0.2 ab | pH |
| 6.2 | 5.3 | 7.5 | 8.8 | שמרים** |
| 3.8 | 3.9 | לנ | לנ | פטיות** |

* גר/ק"ג חומר יבש. לנ – לא נמצא.

** הנתונים המיקרוביאליים מבוטאים כלוגריתמוס מספר היחידות יוצרות מושבות לגרם חומר יבש. מספרים באותה שורה שלידם אות משותפת אינם נבדלים באופן מובהק (P=0.05) על פי מבחן Duncan.

מהנתונים נראה, כי בהבשלת חלב התחמיץ 1ז היה העמיד ביותר בחשיפה לאויר, ואילו התערובת 1ז:2ז (1:1) נמצא הרגיש ביותר לקלקול. בהבשלת דונג הון 2ז והתערובת 1ז:2ז (1:1) נמצאו היציבים ביותר בחשיפה לאויר.

טבלה 5. בדיקה כימית ופריקות דופן-התא של התחמיצים השונים בהבשלות חלב ודונג. (גרם/ק"ג חומר יבש).

| 2ז | (1)2ז:(1)1ז | (1)2ז:(3)1ז | 1ז | |
|--------------------|-------------|-------------|-----------|-----|
| הבשלת חלב: | | | | |
| 518±16 b | 531±15 ab | 523±6 b | 584±6 a | NDF |
| 323±8 b | 337±2 a | 337±9 a | 341±5 a | ADF |
| 81±12 | 68±5 | 76±4 | 84±12 | ADL |
| 568±2.0 | 568±4.7 | 521±3.4 | 532±3.9 | RD |
| הבשלת דונג: | | | | |
| 592±12 a | 554±23 b | 552±6 b | 533±21 b | NDF |
| 379±10 a | 341±23 b | 347±16 b | 339±17 b | ADF |
| 84±3 | 82±9 | 84±6 | 79±4 | ADL |
| 592±2.9 a | 532±1.1 ab | 539±4.4 ab | 509±0.1 b | RD |

NDF - neutral detergent fiber. ADF - acid detergent fiber. ADL - acid detergent lignin. RD - rumen

degradability (היעלמות חומר לאחר 24 שעות).

מספרים באותה שורה לידם אות משותפת אינם נבדלים באופן מובהק (P=0.05) על פי מבחן Duncan.

בהבשלת חלב נמצאו שיעורים גבוהים יותר של דופן-תא ב1ז מאשר ב2ז, וכן פריקות נמוכה יותר בכרס. מאידך גיסא, בהבשלת דונג שיעורי דופן-התא היו גבוהים יותר ב2ז, אך שיעורי הפריקות בו היו גבוהים יותר מאלה של 1ז. יתכן שהעליה בפריקות בזן זה נובעת מתרומת הגרעינים.

רשימת ספרות

1. Ashbell, G., Pahlow, Dinter, B. and Weinberg, Z.G. (1987) Dynamics of orange peel fermentation during ensiling. *Journal of Applied Bacteriology* 63:275-279
2. Ashbell, G., Weinberg, Z.G., Azrieli, A., Hen, Y. and Horev, B. (1991). A simple system to study aerobic deterioration of silages. *Can. Agric. Eng.* 33: 391-394.
3. Ashbell, G. and Weinberg, Z.G. (1992). The effect of applying ammonia to corn, wheat and sorghum upon ensiling. *Can. Agric. Eng.* 35: 113-117.
4. Barker, S.B. and Summerson, W.H. (1941). The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.* 183: 535-554.
5. Dickerson, J.T., (1986). Yield, composition and nutritive value of sorghum silages: hybrid and stage of maturity effects. M.Sc. Thesis, Kansas State University, Manhattan, KS.
6. Dubois, M., Giles, K.A., Hamilton, J.K., Rebes, P.A. and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-356.
7. Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970). Forage fiber analysis. Apparatus, reagents, procedures and some applications. U.S. Dept. of Agric. Handbook, 379, pp. 1-10.
8. Meeske, R., Ashbell, G., Weinberg, Z.G. and Kipnis, T. (1993). Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 43: 165-175
9. Theune, H.H. (1978) Gaschromatographische Bestimmung von Kurzketigen Fettsäuren Einschliesslich Ethanol und Milchsäure in Gärfutter. Ein Methodenvergleich. *Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 35, 90 VDLUFA Kongress, Augsburg, Germany, September 12-18.*
10. Weinberg, Z.G., Ashbell, G., Hen, Y. and Azrieli, A. (1993). The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. *J. Appl. Bacteriol.* 75: 512-518.

מסקנות

מתוצאות הניסוי הנ"ל ניתן לראות את הדברים הבאים:

1. ישנה אפשרות מעשית להעלאת שיעור החומר היבש בזן 10 על ידי ערבובו עם 20 ובאופן זה להגיע לשיעור חומר יבש מתאים שימוע נגר, בעיקר בקציר מוקדם.
2. בהבשלת דונג עדיין נמצאה רמה גבוהה של סוכרים ב-10 ורמה נמוכה ב-20.
3. בתחמיצים מהבשלת דונג נמצאה ירידה בשיעור החומצה הלקטית עם עליה במרכיב 20, מה שמלמד שהתסיסה היתה פחות יעילה.
4. בבדיקה לעמידות התחמיצים בחשיפה לאויר נמצא, כי תחמיצי 20 בהבשלת דונג היו העמידים ביותר והימצאותם בתערובות השפיעו לטובה.
5. מרכיבי דופן-התא נמצאו גבוהים יותר בהבשלת חלב ב-10, בהשוואה ל-20. בהבשלת דונג התמונה התהפכה. פריקות דופן-התא נמצאה תמיד יותר גבוהה ב-20, כנראה בגלל תכולת העמילן שהופיע בגרעינים.
6. נראה כי ישנה השפעה הדדית חיובית בהחמצת שני זני סורגום. כאשר קוצרים בשלבים המוקדמים חשובה תרומת החומר היבש של הזן 20 (בניסוי זה תכולת החומר היבש של הזן 10 היה גבוה מהמקובל, בד"כ הוא נע בתחום 26-28%). בקציר בשלבי הבשלה מאוחרים ישנה תרומה של הזן 10. ניתן איפוא לקבל את היתרונות של שני הזנים.

החמיר

