

# トウモロコシ蒸留粕 (DDGS) の高温および加湿高温保存時における品温, 水分, 油脂性状, トコフェロール含量, 色およびにおいの変化

高橋奈緒子<sup>1</sup>・川井直子<sup>1</sup>・金子武生<sup>2</sup>・木村信熙<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本獣医生命科学大学, 武蔵野市 180-8602

<sup>2</sup> 日本畜産技術士会, 東京都文京区 113-0034

(2008. 1. 21 受付, 2008. 4. 10 受理)

**要 約** トウモロコシ蒸留粕 (DDGS) の日本への海上輸送時における高温域通過を想定し, その品質の変化を確認するために, 高温, 加湿高温下で保存試験を行った. 高温保存では温度を室温, 40°C および 60°C とし, 8 週間の品温, 水分, 油脂性状 (酸価 (AV), 過酸化価 (POV)), 粗脂肪含量, トコフェロール含量, 色およびにおいの変化を測定した. 加湿高温保存では, 設定温度を 40°C, 期間を 4 週間とし, 水分, AV, POV を測定した. 両試験とも, 40°C 保存では抗酸化剤を添加した区も設定した. 高温保存では, 油脂の酸化はほとんど生じなかった. その原因として DDGS に含まれる  $\gamma$ -トコフェロールの抗酸化作用が推察された. 色, においでは, 60°C 保存で褐変化と焦げ臭を呈し, 他と明らかな違いがみられた. 40°C の加湿高温保存では, わずかに油脂の酸化がみられたが, 抗酸化剤の添加によりそれは抑制された. 以上より, DDGS は一般的な飼料原料貯蔵条件下であれば, 保存性がよい飼料であることが示唆された.

日本畜産学会報 79 (3), 369-376, 2008

DDGS とは, Distiller's Dried Grains with Solubles の略で, 日本語でトウモロコシ蒸留粕と訳されており, 農林水産省告示 (農林水産省 2004) では, 「とうもろこしジスチラーズグレインソリュブル」と記載されている. 現在日本でも輸入され飼料原料として使用され始めた. DDGS は燃料用エタノール生産の際の副産物であり, トウモロコシをアルコール発酵させることで得られる.

ウイスキー副産物の DDGS はアメリカでは家畜用飼料として 20 世紀の初めからウシなどの反芻動物に一般的に利用されてきた. しかし, 近年の DDGS はその発酵前処理方法等の違いにより, より高品質なものとなっている (木村と高橋 2007). DDGS の飼料としての特徴は, 澱粉部分が発酵により失われているため, 高タンパク質, 高脂肪となっていることである. そのタンパク質はリジン, メチオニン, トリプトファンが相対的に低く, また加熱工程によりそれらの利用率, とくにリジンの利用率が低下している (Spiehs ら 2002 ; Batal と Dale 2006). また, ルーメン内分解性タンパク質と非分解性タンパク質をほぼ半分ずつ含むため, 反芻家畜の場合にバイパスタンパク質源として利用できる (Firkins ら 1984). また, 発酵工程でフィチン酸が分解されるため有効なリン供給源となる (Batal ら 2003 ; Martinetz ら 2004).

わが国の飼料原料はほとんどが海外より輸入され, そ

のために業界では輸送, 貯蔵時の品質の安全性が飼料の価値評価の要因として重視されている. しかしながら, DDGS の保存性の問題と対策に関する研究は, ミネソタ農産物利用研究所 (AURI) の保存環境と流動性に関する報告 (AURI 2005) 以外は知られていない. そこで本研究では, DDGS の日本への海上輸送時の高温域通過を想定し, 高温保存および加湿高温保存下における品温, 水分, 油脂性状, トコフェロール含量, 色およびにおいへの影響を検討した. また, 抗酸化剤としてエトキシキンを添加し, その効果も確認した.

## 材料および方法

### 1. 供試 DDGS

米国サウスダコタ州で製造され, 2004 年 1 月に米国西海岸から船便により 10 トンコンテナ一詰めで鹿島港に輸入されたトウモロコシ DDGS (以下 DDGS) を供試試料とした. 外観はゴールドンイエローと呼ばれる橙色をおびた黄色で, 食パンの耳様のおいさを有していた.

### 2. 高温保存試験

1800 mL 容量の有蓋プラスチック容器に 600 g の DDGS を量りとり密閉し, 40°C, 60°C で, 8 週間保温保存した. また比較対照区として, 20~23°C の飼料倉庫内で 8 週間室温保存した. 40°C 保存では抗酸化剤を添加した区も設

連絡者: 高橋奈緒子 (fax: 0422-31-4196, e-mail: m0753@nvl.u.ac.jp)

定した。抗酸化剤は「エトキシキン-50」（エトキシキン 50% 粉末製剤；コーキン化学，東大阪）を使用し，添加率は 150 ppm とした。

各区ともサンプルを 6 点用意し 0（開始），1，2，4，6，8（終了）週の保存期間をあらかじめ指定した。また，各区の 8 週間保存のサンプルを品温測定用とし，容器の蓋に穴をあけ，温度計が試料の中心部に位置するように設置した。

試験期間中，毎日試験区で品温を測定した。指定した保存期間に達するごとに対象となる試料（それぞれの区から 1 サンプルずつ計 4 サンプル）の水分，酸価（AV），過酸化価（POV），色を測定した。その試料は 1 時間放冷した後，一部を縮分採取し測定に供した。色は色差計（測色色差計 ZE-2000；日本電色工業株式会社 大阪）を用いて  $L^*a^*b^*$  表色系の  $L^*$  値（明度）， $a^*$  値（赤色度）， $b^*$  値（黄色度）を測定した。また，測定時にはすべてのサンプルを保温機から取り出し，蓋をしたまま 1 時間放冷した後，30 分間蓋を開けて通気した。

0 週（開始）時と 8 週（終了）時には，上記の測定項目に加え，粗脂肪含量と  $\alpha$ ， $\beta$ ， $\gamma$ ， $\delta$ -トコフェロール，総トコフェロールを測定した。

さらに，8 週（終了）時に一定の保存条件下でのにおいの経時変化を検討するため，区ごとににおいの比較をした。冷凍保存しておいた各区の試料（保存期間 1 から 6 週分の計 4 サンプル）を取り出し，室温で解凍した。これに 8 週（終了）時のサンプルを加え，5 サンプル間で比較をした。6 人のパネラーを用い評価法（日本フードスペシャリスト協会 1999）で行い，においの弱い順に並べさせた。弱い順に 0~4 点とし，点数化した。またそのにおいの種類についても記載した。

### 3. 加湿高温保存試験

プラスチック容器に蒸留水を 300 mL いれ，その容器より小さいピーカー型の容器に 300 g の DDGS を量り

とった。そして，そのピーカー型容器ごと蒸留水入りのプラスチック容器に入れ密閉し，水位が分かるよう容器に標線を印した。保存温度を 40°C とし，試験期間を 4 週間とした。また高温保存試験と同様にエトキシキンを 150 ppm 添加した区も設定した。

各区ともサンプルを 4 点用意し 0（開始），1，2，4（終了）週の保存期間をあらかじめ指定した。0，1，2，4 週時に水分，AV，POV を測定した。また，測定時はすべてのサンプルを保温機から取り出し，密閉したまま蒸留水が周囲の温度と同程度になるまで放冷した。その後 30 分間蓋を開けて通気し，標線まで蒸留水を加え，密閉のうえ保温機にもどした。指定した保存期間に達したサンプルは同様に放冷した後，一部を縮分採取し，測定に供した。

### 4. 分析方法および統計処理

両試験とも水分，粗脂肪の分析方法は飼料分析基準注解（飼料分析基準研究会 1998）に準拠した。AV，POV は基準油脂分析試験法（日本油化学会 2003），トコフェロールは高速液体クロマトグラフ法（日本食品工業学会食品分析法編集委員会 1984）によった。

得られたデータのうち高温保存試験でのにおい，粗脂肪含量においては，二元配置の分散分析および t 検定で統計処理した。また，多重検定が必要な場合は多重検定も行い有意差を求めた。5% 以下のものを有意とした。

## 結果および考察

### 1. 品温（図 1）

高温保存試験で，N-C（室温）区は 20°C~23°C で推移した。H-40（40°C 保存）区と，H-40E（40°C 保存エトキシキン添加）区は試験期間を通して，保存温度を保った。H-60（60°C 保存）区は保存 7 週間後（保存日数 49 日）に 2 日間品温が 70.0°C 以上になったが，その他の期間は設定どおりの品温を保った。これは，後述のとおり脂肪の

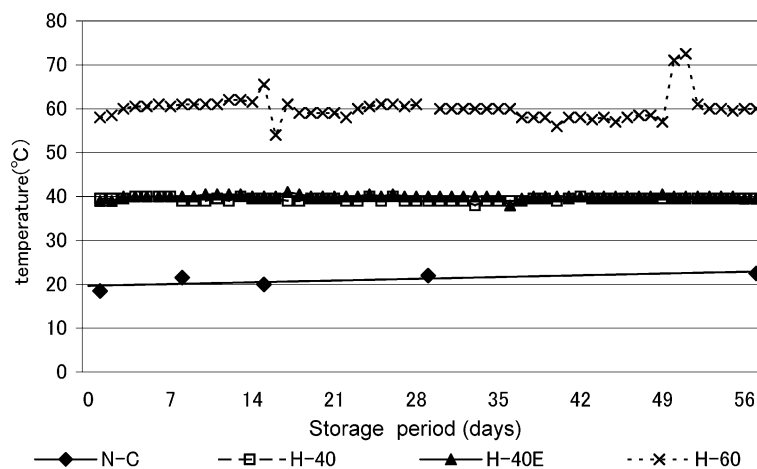


Figure 1 Changes in the internal sample temperature in the high temperature storage test.

酸化による温度上昇とは考えにくく、保存温度の範囲内とみなした。したがって、魚粉などで時に生じる油脂の酸化による保存中の自然発火などはこれらの条件では生じにくいものと推察される。

## 2. 水分

高温保存試験（図 2-1）で、N-C 区は 1 週間後に 8.0% から 9.9% に上昇したが、その後の水分含量は 10~11% でほとんど変化なく推移した。試験区では、いずれも 1 週間後までに水分含量が減少し、その後はほとんど変化がなかった。H-40, H-40E 区では、ともに 1 週間後に 6.3~6.6% まで低下し、H-60 区は 4.3% まで低下した。

加湿高温保存試験（図 2-2）で、水分は、HH-40, HH-40E 区ともに開始時の 8.0% から 4 週間後には 24% 付近まで上昇した。また、1 週間後からサンプル表面にカビの発生を認め、4 週間後には表面全体がカビに覆われた。AURI（2005）の報告によると、相対湿度が 60% 以上で DDGS は水分を吸収する。これらのことから、容器内の相対湿度は 65%~90% 程度であったと推定され、酵素的酸化が進む環境であったことが確認された。

## 3. 油脂性状

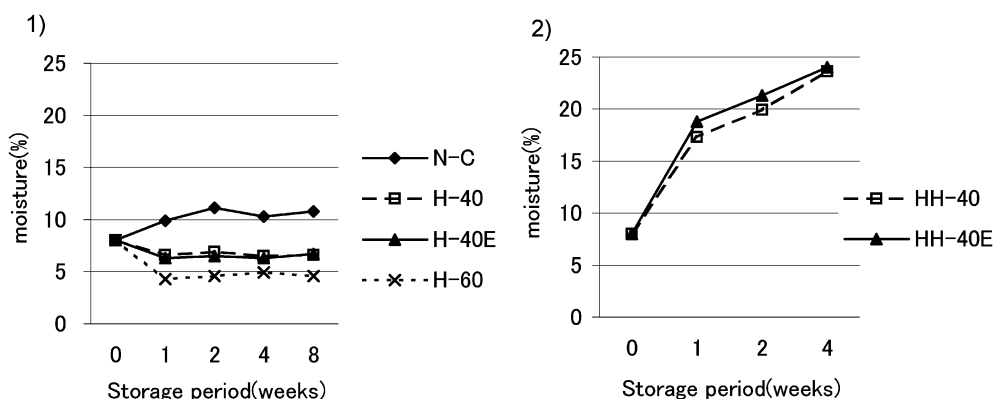
### (1) AV

高温保存試験（図 3-1）で、AV は 4, 6 週目において処理間で若干の差があったが、大きな変化ではなかった。その他の測定時ではどの処理間でも 16~18 の間におさまっていた。0 週（開始）時から 8 週（終了）時まで大きな変化がなかったことから、これらの保存条件では、遊離脂肪酸の生成はほとんどなかったと考えられる。また、抗酸化剤による AV への影響はみられなかった。

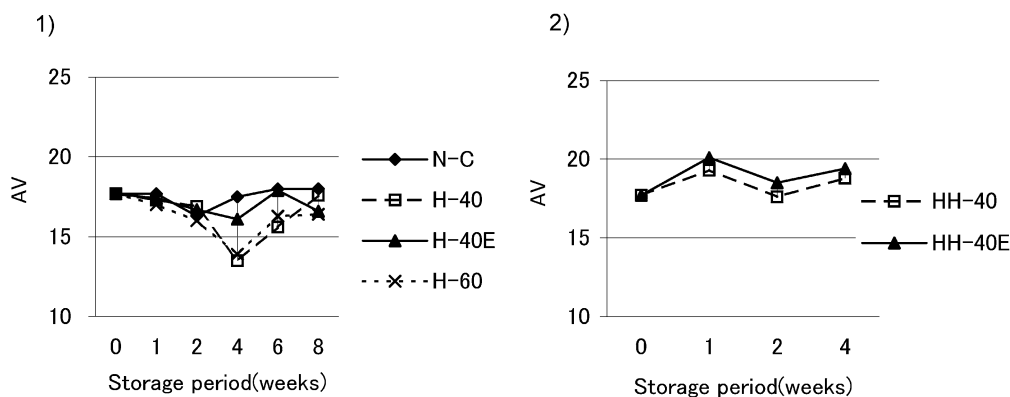
加湿高温保存試験（図 3-2）で、AV は保存期間を通して、17 から 20 の間にあり、大きな変化はみられなかった。高温保存試験と比べると若干値が高かったが、ほとんど差はなく、同様に遊離脂肪酸の生成は生じなかったと考えられる。また、抗酸化剤の影響はみられなかった。

### (2) POV

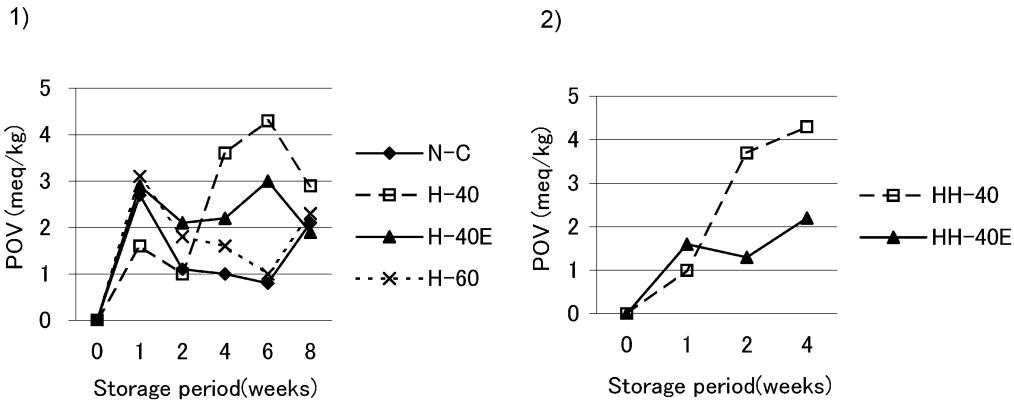
高温保存試験（図 4-1）で、POV はばらつきがみられたが、いずれも低い値であった。したがって、過酸化物の生成は生じなかったと考えられる。また、抗酸化剤による POV への影響はみられなかった。このことから、



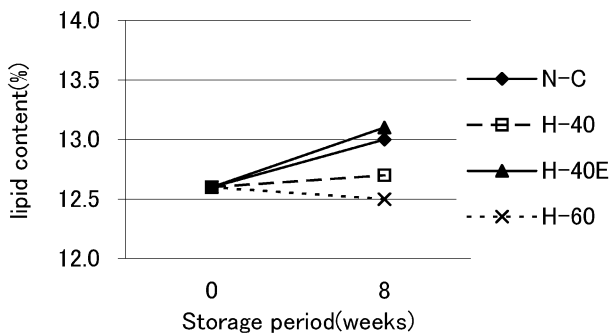
**Figure 2** Changes in the moisture in 1) the high temperature storage test and 2) the humidification high temperature storage test.



**Figure 3** Changes in the AV in 1) the high temperature storage test and 2) the humidification high temperature storage test.



**Figure 4** Changes in the POV in 1) the high temperature storage test and 2) the humidification high temperature storage test.



**Figure 5** Changes in lipid contents (dry matter base) after 8 weeks of high temperature storage test.

DDGS 中の油脂はかなりの高温保存下においても、酸化が進まないと推察される。

加湿高温保存試験(図 4-2)で、POV は HH-40, HH-40E 区の両方で保存期間の経過に伴い、上昇傾向にあった。HH-40 区は高温保存試験よりも早期に上昇しており、過酸化物の生成が早かったと言え、それだけ加湿により油脂の酸化が早く進んだと考えられる。HH-40E 区は、HH-40 区に比べて値の上昇が鈍く、エトキシキンの添加が POV の上昇を抑制したといえる。

**4. 粗脂肪含量**

粗脂肪含量は、高温保存試験で 0 週(開始)時と 8 週(終了)時の間でどの区でも有意差がなく、変化はみられなかった(図 5)。脂肪は酸化の過程で、過酸化物、二次生成物、重合物に変化が進むと結合酸素量が増え、相対量が増加する(Brimberg 1993)。酸化が進めば、粗脂肪含量は増加することになるが、本試験の場合、変化がみられなかったことから、高温保存試験での AV, POV の結果と同様、脂肪の酸化はほとんど起こらなかったものと考えられる。

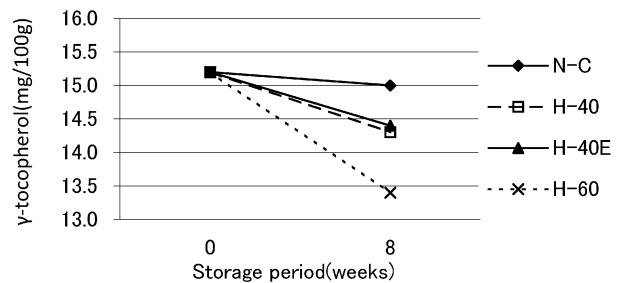
**5. トコフェロール濃度**

各種トコフェロールの推移を表 1 に示す。開始時の

**Table 1** Changes in tocopherols in high temperature storage test

(mg/100 g DDGS dry matter base)

	Start	After 8 weeks			
		N-C	H-40	H-40E	H-60
Total tocopherol	17.8	17.5	16.8	16.9	16.1
$\alpha$ -tocopherol	2.0	1.9	2.0	2.0	2.2
$\gamma$ -tocopherol	15.2	15.0	14.3	14.4	13.4
$\delta$ -tocopherol	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5



**Figure 6** Changes in  $\gamma$ -tocopherols after 8 weeks of high temperature storage test (mg/100g DDGS dry matter base).

DDGS の総トコフェロール濃度は、一般のとうもろこしの約 5 倍に相当した。総トコフェロール濃度は、H-60 区で減少傾向がみられたが、他ではそれほどの減少はなかった。 $\alpha$ -トコフェロールと  $\delta$ -トコフェロールはほとんど変化しなかった。 $\beta$ -トコフェロールはいずれの測定時も検出できなかった。 $\gamma$ -トコフェロール(図 6)は 40°C で減少し、60°C ではさらに減少する傾向を示した。これらのことから、総トコフェロールの減少は  $\gamma$ -トコフェロールの減少に伴うものと考えられる。また、H-40 区と H-40E 区との差がなかったことから、抗酸化剤によ

るトコフェロール濃度への影響はなかったとみなされる。

このように $\gamma$ -トコフェロールが保存温度に応じて減少傾向を示したことから、 $\gamma$ -トコフェロールが抗酸化効果を発揮したと考えられる。そのために高温保存試験でAV, POVの値が安定していたものと推察される。また、加湿高温保存試験でもこの $\gamma$ -トコフェロールが抗酸化効果を発揮していたと推察されるが、抗酸化剤の有無によりPOVの傾向に違いがでており、高湿度下における水分上昇(図2-2)が影響していたと推察される。水分上昇により $\gamma$ -トコフェロールが分解し、それによりHH-40区と抗酸化剤を添加したHH-40E区の間でPOVの傾向に違いがでたものと考えられる。本来トウモロコシが持つリポキシゲナーゼは水分上昇に伴い活性化するのでその結果、酸化が促進されることが知られている(GardnerとGrouve 2001)。しかし、本試験の場合、DDGS製造の際に乾燥の工程で酵素が失活している可能性もあり、リポキシゲナーゼの活性による酸化については不明である。以上より、加湿高温保存試験の場合も、DDGSに本

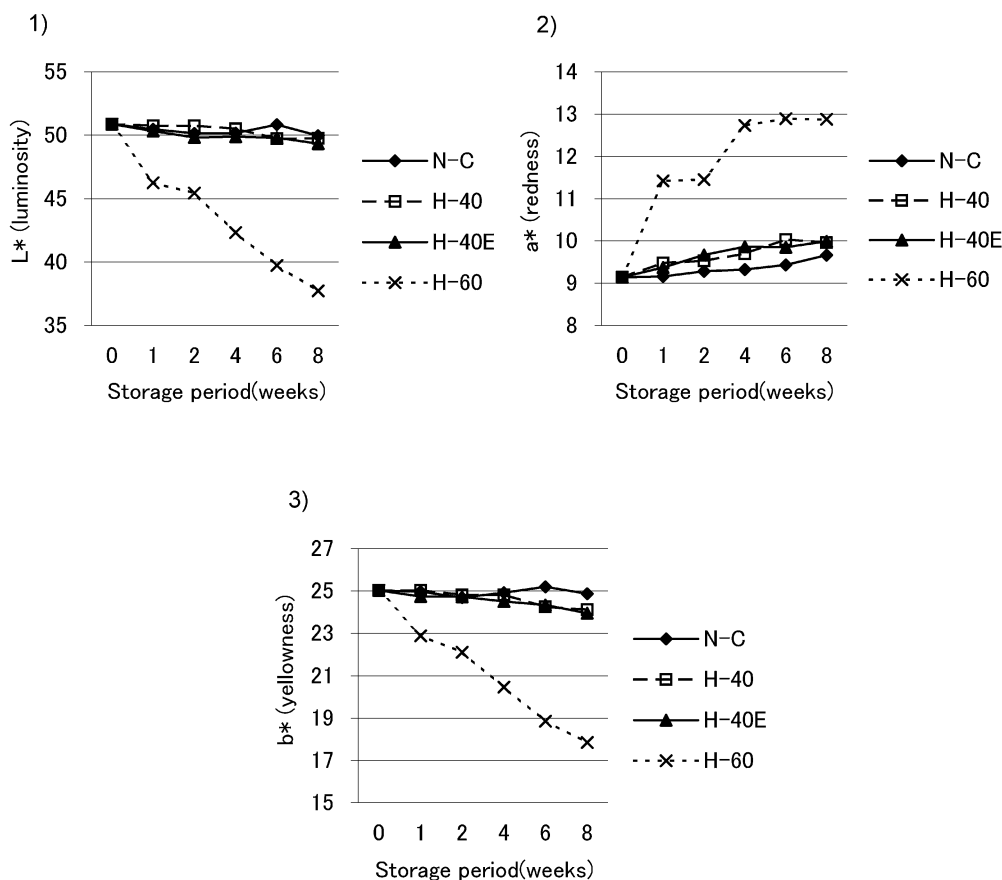
来比較的高濃度で含まれている $\gamma$ -トコフェロールが油脂性状の安定性に最も大きく影響したものと推察される。

## 6. 色

L\*値(明度)(図7-1)、a\*値(赤色度)(図7-2)、b\*値(黄色度)(図7-3)ともに60°C保存のH-60区で大きな変化がみられた。すなわちL\*値の低下、a\*値の上昇、b\*値の低下が認められた。他の区ではいずれの値も大きな変化はみられなかったが、H-40、H-40E区でN-C区との間にa\*値、b\*値でわずかな差がみられた。

肉眼的にはN-C区は若干変化を感じる程度であり、H-40、H-40E区はN-C区よりも色が薄く感じられた。また、H-40、H-40E区間では、L\*値、a\*値、b\*値とも大きな差がみられなかったことから、エトキシキン添加による色の变化抑制効果は小さいものと考えられた。

H-60区では、肉眼的に1週間後の時点で明らかに変化が確認でき、焦げたような色(茶色)に見えた。この褐変化は、アミノカルボニル反応によるものと考えられた。この反応は、アミノ基をもったアミン、アミノ酸、



**Figure 7** Changes in color of 1) luminosity (L\*), 2) redness (a\*) and 3) yellowness (b\*) in high temperature storage test. L\* values measure darkness to lightness (higher L\* value indicates a lighter color); a\* values measure redness (higher a\* value indicates a redder color); and b\* values measure yellowness (higher b\* value indicates a more yellow color).

**Table 2** Odor intensity\* comparison for every processing

	1 week	2 weeks	4 weeks	6 weeks	8 weeks
H-40 (n = 6)	0.67 ± 1.21	2.17 ± 0.98	2.33 ± 1.63	2.17 ± 1.17	2.67 ± 1.63
H-40E (n = 6)	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.82 <sup>ab</sup>	2.50 ± 0.84 <sup>b</sup>	2.83 ± 0.75 <sup>b</sup>	3.33 ± 1.21 <sup>b</sup>
H-60 (n = 6)	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.52 <sup>b</sup>	1.67 ± 0.52 <sup>b</sup>	3.67 ± 0.52 <sup>c</sup>	3.33 ± 0.52 <sup>c</sup>

Mean ± standard error

<sup>abc</sup>: Significant difference ( $P < 0.05$ ) between different letters in the same line.

\*Odor intensity: 0 = almost none; 4 = very strong.

アンモニアなどのアミノ化合物と糖、アルデヒド、ケトンなどのカルボニル化合物（脂質の自動酸化で生成される不飽和アルデヒドを含む）とが反応して進む（藤本と金子 2002）。本試験での着色反応の場合、アミノ酸と反応したカルボニル化合物としては、油脂の酸化は起こらなかったため脂質由来ではなく、糖であると考えられる。またその供給源は DDGS 製造時に添加されるソリュブル（加工過程においてシロップとよばれるもの）であると推察される。このソリュブルには多くの糖類が含まれている（Grohmann と Bothast 1997; Belyea ら 1998）。H-60 区での褐変化は、この反応が高温によって終期まで進みメラノイジンが蓄積したためであると考えられる。また、このメラノイジンには抗酸化作用があることが知られている（五十嵐と宮澤 2002）。H-60 区における油脂性状の安定性は、 $\gamma$ -トコフェロールの抗酸化作用に加え、このメラノイジンの抗酸化作用も寄与していたと考えられ、 $\gamma$ -トコフェロールとメラノイジンが相乗的に働いたものと推察される。

## 7. におい

試験区ごとのにおいの経時的変化は、表 2 に示すように、全体として保存期間の経過とともに、強度が増す傾向にあった。H-40 区は、急激なにおいの変化は認められなかった。エトキシキン添加の H-40E 区は、前半においの変化が抑えられており、抗酸化剤の効果が示唆された。H-60 区は経時的においが強まり、6 週間後から特に強度が増した。

においの種類に関して、H-40, H-40E は、保存期間の経過に伴い、酸味をおびたにおいを発するようになったと答えたパネラーが半数いた。H-60 区は、1 週間後から香ばしさを感じると答えたパネラーが半数おり、4 週間後からは焦げ臭を感じるとほとんどのパネラーが答えた。

このことから、においの種類の差は保存温度に関係し、強度は保存期間の経過に伴って増加すると言えた。特に保存温度が 60°C であると、においの種類、強度とも明らかに変化していくことが示された。

H-60 区でのにおいの変化は、アミノカルボニル反応の生成物によるものと考えられる。この反応では、においは  $\alpha$ -ジカルボニルとアミノ酸の反応により終期に加

熱香気となって現れるが、その反応するアミノ酸によってにおいの質が異なる（藤巻と倉田 1971）。H-60 区での焦げ臭は、アミノ酸のなかでも焦げ臭を発生させるスレオニンや焦げた砂糖のにおいを発生させるアルギニンが  $\alpha$ -ジカルボニルと反応したためであると推察される。ともろこし DDGS にはスレオニンやアルギニン含量が比較的高いことが知られている（Belyea ら 2004）。

H-40, H-40E 区で試験期間の後半に感じられた酸味を帯びたにおいは、脂肪の自動酸化による酸化臭であると推察される。ヒトの嗅覚閾値は非常に低濃度で認知することができ、物質がわずかに反応してもそれを感じ取ることができる（日本化学会 1976）。本試験では数値上の目立った脂肪の酸化はみられなかったが、わずかな脂肪の酸化により酸味を帯びたにおいを感じ取ったものと考えられる。さらにこれは H-60 区でも起こっていたと推察される。

以上のように DDGS は一般的な飼料原料貯蔵条件下であれば、保存性がよい飼料であることが示された。これは DDGS の  $\gamma$ -トコフェロール濃度がトウモロコシ油に比べ高かったこと、不飽和脂肪酸の割合が若干低いこと（Belyea ら 1989）からも推察できることである。しかしその一方で、においは保存温度による変化がみられた上に、保存期間の経過とともに強度を増した。したがって、長期保存により推定される問題としては、においの変化による動物の嗜好性への影響、色が 60°C 保存で褐変化したことにより、外観上その品質を利用者に懸念させる材料となる点である。さらに褐変化がアミノ酸の利用性をより低下させる可能性もあり、豚用、鶏用として使用する場合、栄養的な影響も考えられる。また、加温高温保存下ではカビが発生し、油脂の酸化もみられた。

以上より、DDGS の輸送、保存の際は保存温度を 40°C 以下にし、カビ防止のためある程度乾燥した環境（相対湿度 60% 以下程度）におくことが望ましいと思われ、この保存条件下であれば抗酸化剤の添加は必要ないと考えられる。しかし、湿度の上昇が見込まれる場合には、抗酸化剤の添加が有効であると考えられる。

## 文 献

Agricultural Utilization Research Institute (AURI). 2005. Distillers'

- dried grains (DDGS) flowability report [homepage on the Internet]. Agricultural Utilization Research Institute, Crookston, MD ; [cited 28 December 2007]. Available from URL : [http : //www.auri.org/research/Flowability\\_summary\\_10\\_17\\_05.pdf](http://www.auri.org/research/Flowability_summary_10_17_05.pdf)
- Batal AB. 2003. Mineral composition of distillers dried grains with soluble. *Journal of Applied Poultry Research* **12**, 400-403.
- Batal AB, Dale NM. 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *Journal of Applied Poultry Research* **15**, 89-93.
- Belyea RL, Eckhoff SR, Wallig MA, Tumbleson ME. 1998. Variation in the composition of distillers solubles. *Bioresource Technology* **66**, 207-212.
- Belyea RL, Rausch KD, Tumbleson ME. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology* **94**, 293-298.
- Belyea RL, Steevens BJ, Restrepo RR, Clubb AP. 1989. Variation in composition of by-product feeds. *Journal of Dairy Science* **72**, 2339-2345.
- Brimberg UI. 1993. On the kinetics of the autoxidation of fats. *Journal of American Oil Chemistry Society* **70**, 249-254.
- Firkins JL, Berger LL, Fahey JrGC, Merchen NR. 1984. Ruminant nitrogen degradability and escape of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feed. *Journal of Dairy Science* **67**, 1936-1944.
- 藤巻正生, 倉田忠男. 1971. 食品の加熱香気. *化学と生物* **9**, 85-96.
- 藤本健四郎, 金子憲太郎. 2002. 基礎食品学. pp. 155-162. アイ・ケイコーポレーション, 川崎.
- Gardner HW, Grouve MJ. 2001. Method to produce 9 (S)-hydroperoxides of linoleic and linolenic acids by maize lipoxygenase. *Lipids* **36**, 529-533.
- Grohmann K, Bothast RJ. 1997. Saccharification of corn fiber by combined treatment with dilute sulphuric acid and enzymes. *Process Biochemistry* **32**, 405-415.
- 五十嵐脩, 宮澤陽夫. 2002. 食品の機能化学. pp. 122-134. 弘学出版, 川崎.
- 木村信熙, 高橋奈緒子. 2007. DDGSの飼料原料としての特性と栄養価. *栄養生理研究会報* **51**, 39-50.
- Martinez AC, Parsons CM, Noll SL. 2004. Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poultry Science* **83**, 971-976.
- 日本化学会. 1976. 味とにおいの化学. pp. 47-50. 学会出版センター, 東京.
- 日本食品工業学会食品分析法編集委員会. 1984. 食品分析法. pp. 486-489. 光琳, 東京.
- 日本油化学協会. 2003. 基準油脂分析試験法. 2. 3. 1-1996, 参 4-1996. (社)日本油化学会, 東京.
- 農業技術研究機構. 2002. 日本標準飼料成分表. 2001年度版. 中央畜産会, 東京.
- 農林水産省. 2004. 飼料の安全性確保及び品質の改善に関する法律, 飼料及び飼料添加物の成分規格等に関する省令, 原材料の可消化養分総量又は代謝エネルギーに関する暫定地の取り扱いについて. 平成十六年八月三十日農林水産省告示第一五八九号.
- 飼料分析基準研究会. 1998. 飼料分析基準注解. 第三版. pp. 14, 21. (社)日本科学飼料協会, 東京.
- 日本フードスペシャリスト協会. 1999. 食品の官能評価・鑑別演習. pp. 26-32. 建皇社, 東京.
- Spiehs MJ, Whitney MH, Shurson GC. 2002. Nutrient database for distillers dried grain with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science* **80**, 2639-2645.

## Changes in the feed characteristics of DDGS during high temperature or humidification high temperature storage

Naoko TAKAHASHI<sup>1</sup>, Naoko KAWAI<sup>1</sup>, Takeo KANEKO<sup>2</sup> and Nobuhiro KIMURA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nippon Veterinary and Life Science University, Musashino, 180-8602, Japan

<sup>2</sup> Japan Livestock Professional Engineers Association, Bunkyo Tokyo 113-0034, Japan

Corresponding : Naoko Takahashi (fax : +81 (0) 422-31-4196, e-mail : m0753@nvlu.ac.jp)

We carried out storage tests of DDGS to confirm the change in the feed characteristics under high temperature and humidification high temperature assuming passage through a high temperature region during sea transportation. The high temperature storage test was set at room temperature (22°C), 40°C and 60°C, and changes in the sample temperature, moisture, lipid quality (acid value (AV) and peroxide value (POV)), lipid content, tocopherol content, color and odor were examined at 0, 1, 2, 4, 6 and 8th week for 8 weeks storage. The humidification high temperature storage test was set at 40°C, and changes in the moisture, AV and POV were examined at 0, 1, 2 and 4th week for 4 weeks storage. Both tests included a group with antioxidant addition. In the high temperature storage test, the lipid quality scarcely changed. This may be due to antioxidant action caused by the  $\gamma$ -tocopherol in DDGS. In the group at 60°C high temperature, the color turned brown and the odor changed to a burnt odor, which result were significantly different from the other groups. In group with humidification at 40°C, the lipid was oxidized slightly, but this was controlled by the antioxidant. The characteristics of DDGS were suggested to be comparatively stable during storage as a feedstuff. If DDGS is stored under a general feedstuff storage condition, it is suggested that characteristics as the feedstuff of DDGS are kept.

*Nihon Chikusan Gakkaiho 79 (3), 369-376, 2008*

**Key words** : acid value, DDGS, peroxide value, storage, tocopherol.