

[成果情報名] ‘氷点下の未凍結貯蔵’による食肉のための可食期間延長技術

[要約]氷点下（-1℃）の未凍結貯蔵は食肉の鮮度と肉質保持を両立する。従来の未凍結状態での最低設定温度である0℃よりも、安全係数が0.8の場合、牛肉では約25日間、豚肉と鶏肉ではそれぞれ約12日間の可食期間延長が可能になる。

[キーワード]氷点下の未凍結貯蔵、食肉、鮮度保持、肉質保持、可食期間

[担当]九州沖縄農業研究センター・暖地畜産研究領域・肉用牛生産グループ

[代表連絡先]q.info@ml.affrc.go.jp

[分類]普及成果情報

[背景・ねらい]

わが国での食肉の未凍結流通は、多くの場合、食肉に関する期限表示フレーム（日本食肉加工協会2006）を参考にして可食期間を設定しており、例えば、真空包装された牛肉は貯蔵温度が0℃の場合、可食期間が61日間、2℃で45日間、豚肉では0℃で20日間、鶏肉では0℃で12日間などと記載されている。事業者は自らの食肉加工の条件が期限表示フレームに記載されている条件を満たすという前提のもとで、これらの期限表示を利用することができる。

一方、食肉は-1.0℃から-1.5℃付近に凝固点（氷結点とも言う）を有し（Rahman 2009）、冷蔵と冷凍の間にある氷点下の未凍結温度域で貯蔵することが可能であり、期限表示フレームと比較して可食期間をより長く設定できると期待される。

そこで、本研究では食肉の可食期間の延長を目的として、従来の未凍結状態での最低設定温度である0℃貯蔵に比べて、-1℃での貯蔵が食肉の鮮度保持と肉質変化に及ぼす影響を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 牛肉、豚肉ならびに鶏肉の凝固点は、品種や骨格筋の種類の影響は認められない（表1）。また、家畜種別において、凝固点の平均値と標準偏差は、牛肉が $-1.12 \pm 0.14^{\circ}\text{C}$ 、豚肉が $-1.15 \pm 0.12^{\circ}\text{C}$ 、鶏肉が $-1.12 \pm 0.16^{\circ}\text{C}$ であり、全検体（ $n = 103$ ）の平均値は $-1.13 \pm 0.14^{\circ}\text{C}$ である。従って、氷点下の未凍結貯蔵をこれらの食肉に適用する場合、技術的な温度設定値の下限は-1.0℃を推奨する。
2. 真空包装された牛肉、豚肉ならびに鶏肉を-1℃貯蔵すると、それぞれ貯蔵108日目、41日目ならびに30日目までは官能検査に異常は認められず、各種の細菌数も期限表示フレームに記載されている規制値 $8.0 \log \text{CFU/g}$ 以下で推移する（表2、3）。
3. 理化学検査によると、牛肉、豚肉、鶏肉ともにpH、脂質酸化の指標（TBARS含量）、たんぱく質腐敗の指標（VBN含量）ともに顕著な変化は認められず、0℃貯蔵と比較して熟成は緩慢に進行して肉質は保持される。また、ドリップロス貯蔵0日目と比べて上昇する傾向にあるが、有意差は認められない（表2、3）。
4. 牛肉、豚肉ならびに鶏肉を-1℃で長期間の貯蔵を行っても、組織化学染色による顕微鏡観察では、一般的に凍結した筋肉組織で観察される氷結晶による細胞破壊は認められない（図1）。
5. 食肉の可食期間を設定するために、一般的に安全係数を0.8とするが、-1℃貯蔵では牛肉が $108 \text{ 日間} \times 0.8 = \text{約} 86 \text{ 日間}$ 、豚肉が $41 \text{ 日間} \times 0.8 = \text{約} 32 \text{ 日間}$ 、鶏肉が $30 \text{ 日間} \times 0.8 = 24 \text{ 日間}$ となる。これは期限表示フレームに記載される、原料肉（牛肉、豚肉ならびに鶏肉）を真空包装して0℃貯蔵した条件における可食期間と比べて、牛肉で約25日間、豚肉と鶏肉で12日間長く可食期間を設定できることを示唆している。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：食肉加工および食肉流通事業者、食肉に関する普及・啓発機関
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国
3. その他：

- ①対象とする食肉の凝固点を（公社）氷温協会規格「食品の氷温貯蔵・氷温処理における氷結点測定法」などを参考にして事前に把握してから温度設定値を決める。
- ②貯蔵を行う機器は、（公社）氷温協会によると食肉内の温度誤差が±0.5℃以内（周囲温度が-10℃から+30℃）になる保管庫（例えば、氷温庫）が望ましい。また、使用する機器の扉開閉に伴う温度変化に注意して、定期的に庫内の温度測定を行うことが望ましい。
- ③本技術を用いて、食肉に可食期間を設定する場合には、期限表示フレームが適用されないため、官能検査や微生物検査などを事業者が自ら行う必要がある。なお、本技術を用いて取り扱われる食肉は未凍結のため「冷蔵肉」に該当する。
- ④屠畜場や食肉加工処理施設の状況によっては、食肉に対する微生物汚染の程度が異なるため、可食期間は上記で示した日数から短縮もしくは延長する可能性がある。
- ⑤食肉の品種や筋肉部位により、貯蔵中の肉質変化が異なる場合がある。
- ⑥電力コスト（年間の電気料金として試算）の比較は、冷蔵庫の1.00に対して、氷温庫が1.19、冷凍庫は2.46である（山根 2015、改訂版 氷温食品入門）。
- ⑦‘氷点下の未凍結貯蔵’と‘氷温（商標登録 第1487248号、株式会社氷温研究所）’は、同義語である。

[具体的データ]

表1 牛肉、豚肉ならびに鶏肉の凝固点と栄養成分含量の違い

種別	骨格筋名	頭（羽）数	凝固点 （℃）	栄養成分含量 （g/可食部100g）		
				水分	たんぱく質	脂質
牛肉						
和牛（黒毛和種）						
育成牛	半腱様筋	6	-1.05	-	-	-
肥育牛	胸最長筋	7	-1.23	49.6 ^a	16.3 ^a	28.7 ^a
	腰最長筋	7	-1.17	47.3 ^a	16.1 ^a	31.7 ^a
	半腱様筋	7	-1.13	62.2 ^b	16.6 ^a	15.7 ^b
交雑牛（黒毛和種×ホルスタイン種）						
肥育牛	半腱様筋	8	-1.18	69.8 ^{bc}	19.7 ^b	6.7 ^{bc}
乳用牛（ホルスタイン種）						
肥育牛	半腱様筋	24	-1.08	72.5 ^c	21.3 ^b	3.7 ^c
豚肉						
三元交雑豚 [（ランドレース種×大ヨークシャー種）×デュロック種]						
肥育豚	最長筋	6	-1.17	73.5 ^{ab}	19.5 ^{ab}	3.0 ^{ab}
	大腿二頭筋	6	-1.10	75.0 ^a	18.5 ^a	2.5 ^a
銘柄豚（パークシャー種）						
肥育豚	最長筋	4	-1.15	71.2 ^b	20.8 ^b	4.6 ^b
	大腿二頭筋	4	-1.20	72.6 ^{ab}	20.3 ^{ab}	3.5 ^{ab}
鶏肉						
ブロイラー（白色コーニッシュ種×白色プリマスロック種）						
肉用鶏	浅胸筋	6	-1.22	75.1 ^a	21.1 ^a	1.2 ^a
	大腿二頭筋	6	-1.00	77.1 ^b	17.7 ^b	3.2 ^b
地鶏（原種・天草大王×九州ロード種）						
肉用鶏	浅胸筋	6	-1.20	72.9 ^c	21.5 ^a	1.0 ^a
	大腿二頭筋	6	-1.05	75.3 ^a	18.3 ^b	2.6 ^b

平均値。「-」はデータなし。乳用牛の栄養成分含量データは8頭分。

^{a, b, c}: 一元配置分散分析とTukey HSDによる多重比較検定で、各種別の各分析項目内で有意差（ $P < 0.05$ ）あり。なお、凝固点に有意差は認められない。

表2 -1℃貯蔵期間が牛肉の官能検査、微生物検査および理化学検査に及ぼす影響

調査項目	貯蔵日数 (日)		
	0	72	108
牛肉			
官能検査	○	○	○
微生物検査 (log CFU/g)			
一般細菌数	1.0 ^a	3.0 ^{ab}	4.0 ^b
低温細菌数	1.0 ^a	4.0 ^{ab}	5.0 ^b
嫌気性細菌数	1.0	4.0	4.0
理化学検査			
pH	5.44	5.55	5.51
TBARS含量 (μmol/g)	0.011	0.014	0.014
VBN含量 (mg%)	10.6 ^a	13.3 ^b	14.4 ^c
ドリップロス (%)	0.40	1.38	1.27

6頭の平均値。貯蔵庫内の温度誤差は±0.5℃以内。

a, b, c : 一元配置分散分析後、Tukey法による多重比較検定で有意差 (P < 0.05) あり。

官能検査は日本食肉加工協会 (2006) の方法に準拠して、包装の開封時に色沢、外観、ドリップならびに臭いについて評価を行った。即ち、色沢については緑変や褐変があるものや色沢の劣化が進行しているものを、外観については肉質が劣るもの、ネト・発泡が生じているもの、カビが発生しているものならびに肉の表面が乾燥しているものを、ドリップについては液汁に濁りが発生しているものを、一方、臭いについては腐敗臭がするものをそれぞれ異常と判定し、いずれかに異常がある場合は評価として異常判定となる。正常を○で異常を×で示した。

微生物検査は材料筋肉に生理食塩水 (滅菌済み) を加えて磨砕・均質化後に寒天平板法で測定した。大腸菌群は全ての検体で陰性。検出限界は1.0 log CFU/g。

TBARS含量 : 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances (2-チオバルビツール酸反応性物質) 含量。VBN含量 : Volatile Basic Nitrogen (揮発性塩基窒素) 含量。

表3 -1℃貯蔵期間が豚肉と鶏肉の官能検査、微生物検査および理化学検査に及ぼす影響

調査項目	貯蔵日数 (日)		
	0	25	41
豚肉			
官能検査	○	○	○
微生物検査 (log CFU/g)			
一般細菌数	1.0	2.0	4.0
低温細菌数	1.0	3.0	4.0
嫌気性細菌数	1.0	2.0	4.0
理化学検査			
pH	5.65	5.60	5.68
TBARS含量 (μmol/g)	0.023	0.028	0.023
VBN含量 (mg%)	10.3	10.1	11.3
ドリップロス (%)	0.40	0.94	0.89
調査項目	貯蔵日数 (日)		
	0	15	30

鶏肉			
官能検査	○	○	○
微生物検査 (log CFU/g)			
一般細菌数	2.0	3.0	4.0
低温細菌数	2.0	4.0	4.0
嫌気性細菌数	1.0	3.0	4.0
理化学検査			
pH	5.70 ^a	5.78 ^{ab}	5.94 ^b
TBARS含量 (μmol/g)	0.015	0.025	0.022
VBN含量 (mg%)	11.5 ^a	11.2 ^{ab}	13.3 ^b
ドリップロス (%)	1.09	1.20	1.89

豚肉は8頭の平均値。鶏肉は4羽の平均値 (ただし、貯蔵日数が0日は12羽)。貯蔵庫内の温度誤差は±0.5℃以内。

a, b : 一元配置分散分析後、Tukey法による多重比較検定で有意差 (P < 0.05) あり。

略語などは表2を参照。

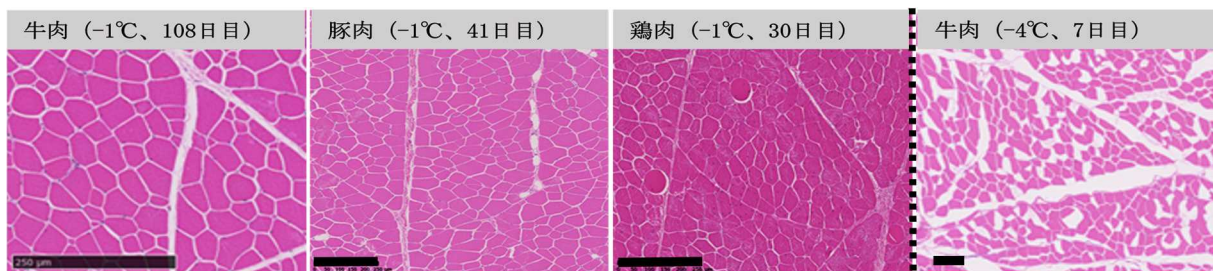


図1 貯蔵温度が牛肉、豚肉ならびに鶏肉の筋肉組織に及ぼす影響 Bar = 250 μm。

(中村好徳)

[その他]

予算区分 : 交付金、伊藤記念財団研究助成

研究期間 : 2014~2022年度

研究担当者 : 中村好徳、福岡康文 (氷温協会)、細見亮太 (関西大)、細田謙次

発表論文等 :

- 1) 中村ら (2019) 日暖畜報、62:129-133
- 2) 中村ら (2020) 日暖畜報、63:113-118
- 3) 中村ら (2022) 日暖畜報、65:3-8
- 4) 中村ら (2022) 日暖畜報、65:109-116