

部分肉の賞味期限を延長する 「氷点下の未凍結貯蔵」技術 標準作業手順書

HP 公開版



目次

はじめに	1
免責事項	2
I. 国内における部分肉の賞味期限の現状と課題	3
1. 国内における部分肉の賞味期限	3
2. 食品の未凍結温度域と食品産業への利用	4
II. 賞味期限の延長と温度管理	6
1. 部分肉の温度管理について	6
2. 凝固点の測定方法	6
3. 部分肉の凝固点	7
III. 氷点下の未凍結温度域による食肉の貯蔵技術	9
1. 作業手順	9
2. 技術の導入先	10
3. 本技術の適用条件	10
4. 留意点など	10
5. 貯蔵機器についての情報	11
IV. 適用効果と実用化事例	13
1. ウシ部分肉への適用効果	13
2. ブタ部分肉への適用効果	18
3. ニワトリ部分肉への適用効果	21
4. 実用化事例の紹介	25
5. 総合評価	27
V. 用語解説	28
参考資料	31
担当窓口、連絡先	33

はじめに

国内で流通する食肉（牛肉、豚肉、鶏肉）には賞味期限が表示されています。一般的に、食肉は真空包装された部分肉で流通することが多く、賞味期限は「食肉に関する期限表示フレーム」を参考にして設定されます。食品衛生法の規定により、食肉を加工・販売する事業者は、賞味期限を表示する義務がありますが、一般的には検査費用や検査設備などの負担を考慮して上記の期限表示フレームを参考としています。

例えば、期限表示フレームでは、原料肉が真空包装された部分肉の場合、貯蔵温度が 0℃では賞味期限は牛肉で 61 日間、豚肉で 20 日間、鶏肉で 12 日間などと記載されています。記載されている温度帯について、未凍結状態での最低設定温度は 0℃です。従って、国内で流通する部分肉（未凍結状態）について、最長の賞味期限を設定できるのは 0℃で貯蔵される温度帯です。しかし、凝固点降下という自然現象により、食品はそれぞれ氷点下の未凍結温度帯を持ち、この特性を利用して食品を貯蔵して賞味期限を延長することが可能です。

そこで、農研機構九州沖縄農業研究センターは、関西大学、（株）氷温研究所との共同研究により、部分肉の賞味期限を延長する技術について開発を行いました。特に、これまで活用されてこなかった、氷点下の未凍結温度帯に注目して、この温度帯で食肉を貯蔵した際の肉質変化を詳細に調査して、賞味期限の延長が可能であることを明らかにしました。なお、食肉の表示に関するその他の情報については、全国食肉公正取引協議会（2019）を参考にしてください。

第 I 章では、国内で流通する部分肉の賞味期限の現状と課題について解説しました。そして、わが国の食肉産業では積極的に活用されているとは言い難い、氷点下の未凍結温度帯についても紹介しました。

第Ⅱ章では、賞味期限の延長と温度管理、食肉の凝固点について解説しました。また、食肉の凝固点の測定方法についても記載しました。

第Ⅲ章では、氷点下の未凍結温度帯を用いて、食肉を貯蔵する方法について記載しました。実際の作業手順や、適用条件、貯蔵する機器についての情報があります。

そして、第Ⅳ章では牛肉、豚肉、鶏肉を用いて、氷点下の未凍結貯蔵を行った際の適用効果について解説しました。貯蔵前後の肉質変化や、賞味期限の設定方法などが記載されており、合わせて実用化事例についても紹介しました。

本手順書は、食肉に関係する事業者等に、食肉の賞味期限を延長する新たな貯蔵温度帯を提示することで、食肉産業の活性化と競争力の強化を行うことを目的としています。また、本手順書を用いて、生産する食肉に新たな価値を付加し地域おこしに利用することを考えている行政関係者や、新たに食肉産業への参入を考えている事業者などにも活用されることを想定しています。

■ 免責事項

- 農研機構は、利用者が標準作業手順書（以下、手順書）に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 手順書に記載されたデータは、農研機構らが行った共同研究試験で得られたものであり、試験方法、条件等により結果が異なる場合があります。
- 手順書に記載の図表は全て農研機構が著作権を有するか、著作権が放棄されたもの、あるいは学会等から使用の許諾を得て転載したものです。
- 本手順書において、「氷点下の未凍結温度」は「氷温」と同義に用いています。
- 「氷温」は（株）氷温研究所の登録商標です（登録商標 第 1487248 号）。

I. 国内における部分肉の賞味期限の現状と課題

1. 国内における部分肉の賞味期限

枝肉¹⁾ から部分肉²⁾ に加工された後、食肉には賞味期限³⁾ または消費期限⁴⁾ が設定されます。ウシやブタの部分肉、ニワトリの正肉⁵⁾ には、賞味期限を設定し、部分肉や正肉を材料としてスライス等に加工した精肉には、消費期限を表示する必要があります。なお、手順書では、便宜上、「部分肉」と「正肉」の用語を統一して、「部分肉」という用語を使用しました。

表示する期限の設定は、食肉加工に関わる処理施設の状態、例えば、温度や衛生管理、原材料の状態が様々であるため、官能検査や微生物検査などを食肉処理業者や食肉販売業者自身で行う必要があります。しかし実際には、複数の検査を行い、部分肉の賞味期限や消費期限を設定することは、費用や検査設備などの側面から困難です。このため、検査そのものを委託するか、または、次に記載するガイドラインを参考にして表示することが多くなっています。

現在のところ、国内で流通する部分肉の賞味期限の表示については、（一社）日本食肉加工協会が制作したガイドライン「食肉に関する期限表示フレーム」を参考に行っています（表 I - 1）。

表 I - 1 部分肉に関する期限表示フレーム（対象：国産）

保存温度	包装形態	賞味期限		
		牛肉	豚肉	鶏肉
4℃	真空包装	26日	9日	6日
2℃		45日	17日	8日
0℃		61日	20日	12日
-15℃		24ヵ月	24ヵ月	24ヵ月

備考：（一社）日本食肉加工協会が制作。部分肉の賞味期限を抜粋して作成。

一方、輸入された部分肉については、日本食肉輸出入協会が制作したガイドライン「輸入食肉の期限表示のためのガイドライン」を参考にして賞味期限の表示が行われています（表 I - 2）。これは表 I - 1 と同様に、輸入された部分肉を対象にした期限表示フレームです。輸入された部分肉については、最低設定温度は 0 °C ですが（表 I - 2）、賞味期限は国産の部分肉（表 I - 1）に比べて牛肉、豚肉ともに国内では長く設定されます。

表 I - 2 部分肉に関する期限表示フレーム（対象：輸入）

保存温度	包装形態	賞味期限					
		牛肉		豚肉			鶏肉
		アメリカ産	豪州産	アメリカ産	カナダ産	台湾産	全ての国
0 °C	真空包装	62日	77日	40日	40日	42日	記載なし
-15 °C	包装形態を問わず	24ヵ月	24ヵ月	24ヵ月	24ヵ月	24ヵ月	24ヵ月

備考：日本食肉輸出入協会が制作。保存温度0 °Cの賞味期限を抜粋して作成。

なお、これらの期限表示フレームは、枝肉や部分肉、食肉処理施設や機器類、作業者などの衛生状態が良好であることを前提にして記載されたものです。

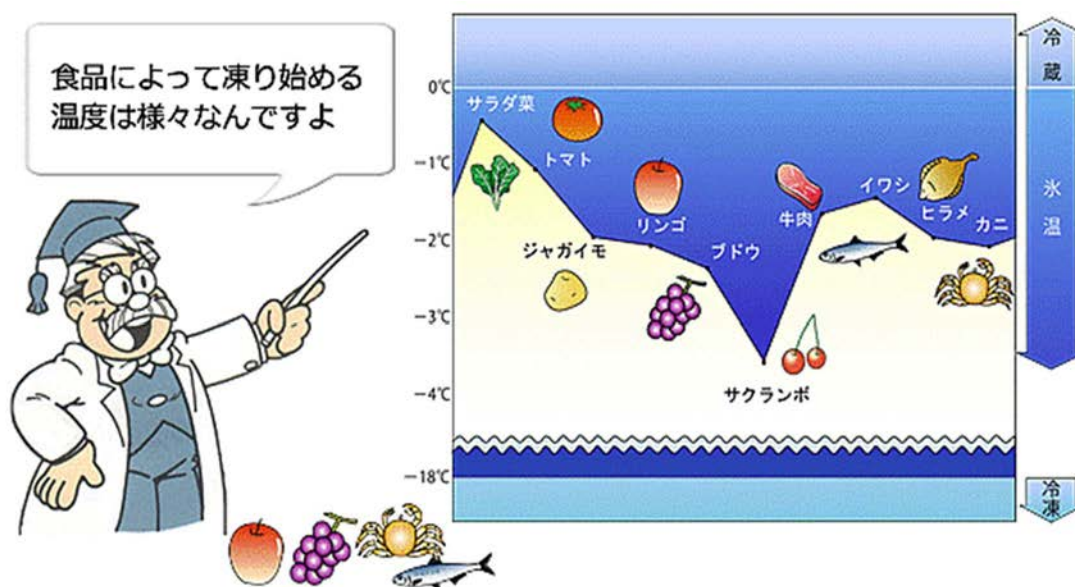
従って、現在のところ、国内で生産・販売される食肉についての賞味期限は短すぎるという問題があり、この問題を解決するために未凍結状態で品質を保持したまま賞味期限を延長する技術を確立する必要があります。

2. 食品の未凍結温度域と食品産業への利用

部分肉の賞味期限を延長させる方法には、冷蔵と異なる冷凍技術があります。しかし、冷凍技術は大幅に賞味期限が延長する一方で、施設の整備や電力コストの上昇などの問題がありました。また、凍結した部分肉は、解凍時のドリップ⁶⁾による食味低下など、未凍結肉に比べて品質が低下する欠点もあります。これらの理由から、部分肉において未凍結状態での賞味期限の延長は、食肉産業界の重要課題の一つです。

一般的に、食品はその水溶性成分の中に、糖や遊離アミノ酸などを含むために 0℃以下で凍結します。これを凝固点降下⁷⁾と言います。そのため、食品によって凍結する温度は、そこに含まれる成分の濃度により様々です（図 I - 1）。また、食品は貯蔵温度が低くなるほど「日持ち」が良くなる傾向にあり、冷蔵より冷凍の方が賞味期限は長くなります。一方、食肉は -1.0℃から-1.5℃付近に凝固点を持つとされており、理論的には、期限表示フレームの 0℃と-15℃の間にある氷点下の未凍結温度域（0℃から-1.0℃）で凍結させることなく貯蔵することが可能です。しかし、冷蔵と冷凍の間にあるこの温度域（あるいは温度帯）は、食品により異なることや、その幅がわずか 1~2℃であることから、ほとんど知られてはいませんでした。そのため、期限表示フレームには-1.0℃の記載はなく、食肉産業の中で積極的に活用されてはいません。

そこで、氷点（0℃）下の未凍結温度域を活用して、部分肉の賞味期限を延長する技術を開発しました。



（公社）氷温協会 HP (<http://www.hyo-on.or.jp/index.php?view=8928>) より
許可を得て転載

図 I - 1 様々な食品の凝固点

Ⅱ．賞味期限の延長と温度管理

1．部分肉の温度管理について

部分肉の賞味期限を延長する方法として、最も簡単な方法は温度を下げることです。現在のところ、国内での推奨設定温度は 0 °C ですが、前述の凝固点降下により、部分肉は氷点下でも凍結しない温度域を持つ特徴があります。従って、対象とする部分肉の凝固点を測定して、氷点下で温度管理を行うことが可能です。

2．凝固点の測定方法

部分肉の凝固点を測定するためには、初めに、測定対象の部分肉から肉塊（約 100 g）を整形します。次に、肉塊の中心部に温度センサーを挿入して（図Ⅱ-1）、-20 °C の条件下に置き、約 1.0 °C/分の速度で冷却・凍結させた際の温度変化を温度記録器で測定します。測定機器は下記を推奨します。この測定機器は一般的な冷凍庫での使用が可能です。推奨する測定機器の例を以下に記します。

温度センサー・・・白金測温抵抗体（Pt100、外径 2.3 mm、長さ 10 cm 以上、公称抵抗値 100 Ω、クラス A、株式会社佐藤計量器製作所など）

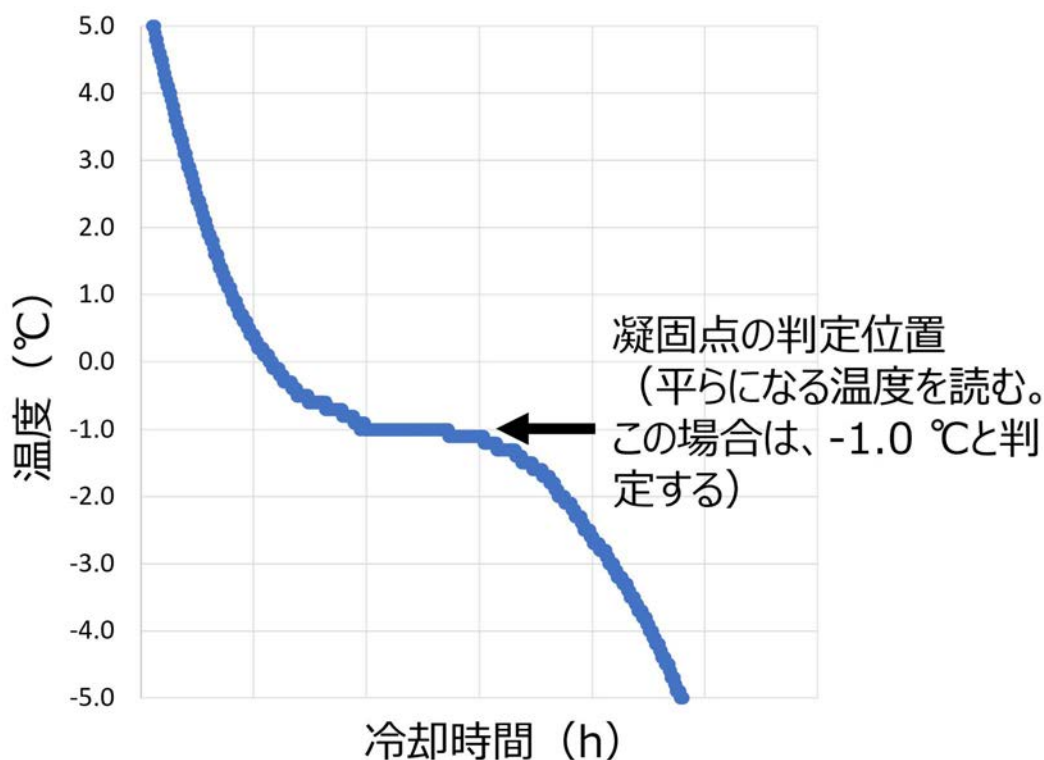
温度記録器・・・ペーパーレスレコーダー（VM7000A、大倉電気株式会社など）



図Ⅱ-1 肉塊への温度センサーの挿入

また凝固点は、(公社)氷温協会⁸⁾規格「食品の氷温貯蔵・氷温処理における氷結点測定法」などを参考に測定したり、測定自体を試験研究機関に委託することもできます。

その後、得られた凍結曲線を用いて、食品衛生研究会の食品衛生小六法(2003)などを参考にして凝固点を判定します(図Ⅱ-2)。



表Ⅱ-1 部分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 (℃)	水分	たんぱく質	脂質
				(g/可食部100g)		
牛肉						
和牛(黒毛和種)						
育成牛	半腱様筋	6	-1.05±0.08	-	-	-
肥育牛	胸最長筋	7	-1.23±0.10	49.6	16.3	28.7
	腰最長筋	7	-1.17±0.08	47.3	16.1	31.7
	半腱様筋	7	-1.13±0.08	62.2	16.6	15.7
交雑牛(黒毛和種×ホルスタイン種)						
肥育牛	半腱様筋	8	-1.18±0.17	69.8	19.7	6.7
乳用牛(ホルスタイン種)						
肥育牛	半腱様筋	24	-1.08±0.17	72.5	21.3	3.7
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±0.05	73.5	19.5	3.0
	大腿二頭筋	6	-1.10±0.19	75.0	18.5	2.5
銘柄豚(パークシャー種)						
肥育豚	最長筋	4	-1.15±0.13	71.2	20.8	4.6
	大腿二頭筋	4	-1.20±0.08	72.6	20.3	3.5
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±0.08	75.1	21.1	1.2
	大腿二頭筋	6	-1.00±0.09	77.1	17.7	3.2
地鶏(原種・天草大王×九州ロード種)						
肉用鶏	浅胸筋	6	-1.20±0.15	72.9	21.5	1.0
	大腿二頭筋	6	-1.05±0.19	75.3	18.3	2.6

凝固点(±標準偏差)、水分・たんぱく質・脂質含量は平均値を示す。「-」はデータなし。乳用牛の栄養成分含量データは8頭分。中村ら(2022)の表1を改変して転載。本試験の場所：九州沖縄農業研究センター、試験年：2021年。

Ⅲ. 氷点下の未凍結温度域による食肉の貯蔵技術

1. 作業手順

本技術の作業手順です（図Ⅲ-1）。なお、本技術を導入した際の効果については、種類別に検証したⅣ-1 から 3 までの適用例を参考にしてください。

- ①本技術を使いたい部分肉を用意します。
- ②対象とする部分肉の凝固点について、Ⅱ-2 を参考に測定します。なお、Ⅱ-3 を参考に判断してもかまいません。
- ③温度制御の誤差が ± 0.5 °C以内（周囲温度が -10 °Cから $+30$ °Cの範囲内）になる貯蔵庫を準備し、貯蔵温度を -1.0 °Cに設定します。なお、対象とする部分肉について凝固点を実測した場合、実測温度よりも高い温度であれば、例えば、 -0.9 °Cや -1.1 °Cのように設定しても構いません。
- ④真空包装した部分肉を貯蔵庫内に貯蔵します。
- ⑤一定期間、貯蔵した後、開封した部分肉について、官能検査と微生物検査を行い、賞味期限を設定します。賞味期限の検査方法は参考資料の 2 を、一方、賞味期限の設定については、Ⅳ-1 から 3 を参考にしてください。なお、官能検査と微生物検査は外部機関に委託してもかまいません。
- ⑥決定した賞味期限は、対象とする部分肉に表示して使用することができます。



図Ⅲ-1 作業手順の概略

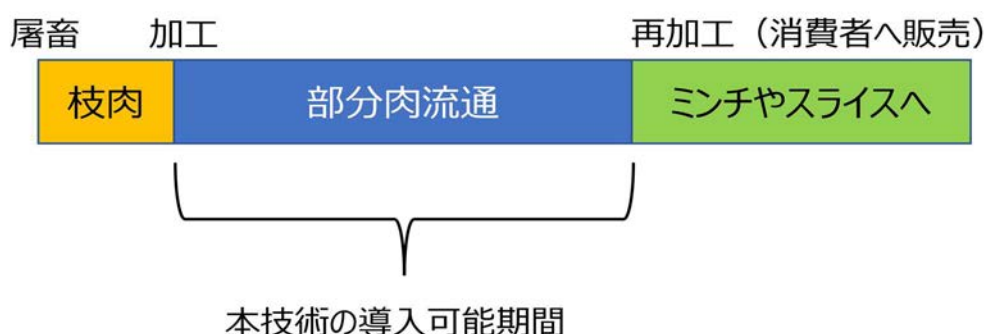
2. 技術の導入先

本技術の導入先は、国内すべての食肉加工ならびに食肉流通事業者を想定しています。また、それ以外にも、自社ブランドとして食肉を生産している事業者や、地域おこしのために食肉の活用を考えている行政機関なども対象になります。

IV-4 に実用化事例を紹介します。

3. 本技術の適用条件

本技術は、部分肉に加工された後から適用が可能です（図Ⅲ-2）。ただし、本技術を用いた後に、温度設定を変更してさらに貯蔵する場合や、凍結期間を挟む場合には、その都度、賞味期限を設定するために、官能検査と微生物検査を再度行う必要があります。



図Ⅲ-2 流通過程での本技術の導入可能期間

4. 留意点など

- ① 技術的な温度設定値は、'表Ⅱ-1.部分肉の凝固点'に掲載したように、-1.0℃を推奨しています。また、（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、必要であれば対象とする部分肉の凝固点を事前に把握してから、温度設定値をさらに細かく決めることもできます。

- ② 貯蔵を行う機器は、温度制御の誤差が±0.5 °C以内（周囲温度が-10 °Cから+30 °Cの範囲内）になる貯蔵庫を準備します。また、使用する機器の扉の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を推奨しています。
- ③ 本技術を用いて、部分肉に賞味期限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、官能評価や微生物検査などを事業者が行う必要があります。なお、本技術を用いて取り扱われる部分肉は未凍結のため「冷蔵肉」に該当します。
- ④ 屠畜場や食肉加工処理施設の状況によっては、部分肉に対する微生物汚染の程度が異なるため、官能評価や微生物検査の結果によって手順書で提示する賞味期限よりも短縮する可能性があります。また、部分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ります。
- ⑤ 電力コスト（年間の電気料金として試算）の比較は、一般的な冷蔵庫の1.00に対して、氷点下の未凍結貯蔵のための専用貯蔵庫（氷温庫）が1.19、冷凍庫は2.46が目安です（山根 2015）。
- ⑥ 設備費の導入経費の目安です。電気工事や基礎工事を含まない税抜き価格です。
A社：5坪 540万円、B社：4坪 320万円、C社：2坪 300万円
（参考価格は、令和5年9月の情報）

5. 貯蔵機器についての情報

本技術を行うための貯蔵機器についての情報です（図Ⅲ-3）。機器開発企業や価格等は下記 URL を参考にしてください。

（公社）氷温協会 <http://www.hyo-on.or.jp/index.php?view=9437>

なお、下記に示した貯蔵機器は、次章で示す試験で用いた機器よりも大型であるため、実際に用いる際には貯蔵庫内の温度差などに留意する必要があります。



業務用プレハブ氷温庫



氷温CA庫



雪室氷温庫



氷温ショーケース



大型氷温庫



業務用氷温庫

図Ⅲ-3 本技術を行うための貯蔵機器の例

IV. 適用効果と実用化事例

1. ウシ部分肉への適用効果

①試験方法

国産のウシ部分肉への適用効果を紹介します。黒毛和種去勢雄牛の部分肉であるシキンボ（半腱様筋；図IV-1）を-1.0℃で貯蔵しました。部分肉は枝肉から分割（整形含む）後、吸水紙を入れずに真空包装しました。なお、一般的には部分肉の流通や貯蔵に際しては部分肉の鮮度保持の目的で吸水紙を入れますが、本試験では貯蔵による品質変化のみを明らかにするために吸水紙は入れずに真空包装しました。

また、ウシ部分肉については、対照のために期限表示フレームに記載されている0℃で貯蔵してデータを比較しました。



図IV-1 ウシ部分肉の形状（真空包装；部位 シキンボ）

貯蔵試験は、貯蔵庫（電子氷温インキュベーター、二宮産業（株）、NH60S；有効内容積 63 L、定格消費電力 350 W、庫内温度分布の誤差 ± 0.5 ℃）で行いました。貯蔵試験後、筋膜などの表層部を約 1 cm 除去した後、分析を行いました。分析には部分肉

の前、中および後部から、それぞれ等量を採取して、よく混合したものを用いました。後述するブタおよびニワトリ部分肉の貯蔵試験および分析も同様の方法で行いました。

②部分肉への効果

表IV-1 は黒毛和種去勢雄牛の部分肉を-1.0 °Cで貯蔵した結果です。その結果、ウシ部分肉は貯蔵 108 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 10^8 CFU/g⁹⁾ 以下で推移しました。また、理化学検査によると、pH、脂質酸化の指標（TBARS 含量）、たんぱく質腐敗の指標（VBN 含量率）ともに顕著な変化は認められず、肉質は保持されました。

表IV-1 -1.0 °C貯蔵がウシ部分肉の品質に及ぼす影響

調査項目	貯蔵日数 (日)		
	0	72	108
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含量率 (mg%)	10.6 ^a	13.3 ^b	14.4 ^c
ドリプロス (%)	0.40	1.38	1.27

6頭の平均値。中村ら (2019) の表1-3を改変して転載。供試牛は約10ヵ月齢。

a,b,c : 表示があるものは、一元配置分散分析後、Tukey法による多重比較検定で有意差がある ($P < 0.05$) ことを示しており、表示がない場合は有意差がないことを示す。

官能検査：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、ドリプロス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、ドリプロス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 (本データでは異常は該当なし)。

微生物検査：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log (CFU/g) = 1.0。

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。

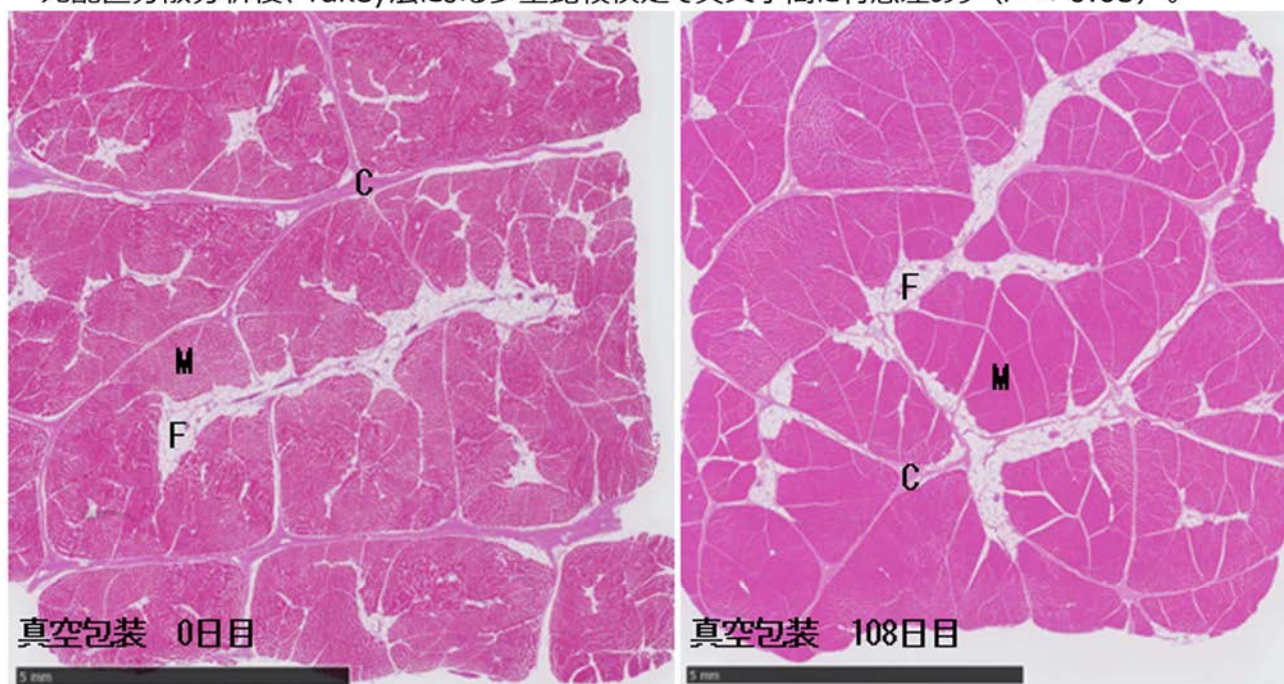
VBN含量率：Volatile Basic Nitrogen (揮発性塩基窒素) 含量率。

ドリップロスは貯蔵 0 日目と比べて上昇する傾向にありましたが、貯蔵期間の長さとは関係ありませんでした（表IV-1）。貯蔵 72 日目に比べて、貯蔵 108 日目ではわずかに低い傾向にありますが、統計処理上の有意差は認められず、誤差の範囲と考えられます。また、ウシ部分肉の凝固点は、貯蔵日数が長くなるとともに低下して、貯蔵 0 日目に比べて貯蔵 72 日目以降は有意に低下しました（表IV-2）。加えて、貯蔵 108 日目でもウシ部分肉は凍結せず、貯蔵 0 日目と同様に氷結晶生成による筋肉組織の破壊（写真観察では穴だらけに見える）は確認されませんでした（図IV-2）。

表IV-2 -1.0 °C貯蔵がウシ部分肉の凝固点に及ぼす影響

	0日目	36日目	72日目	108日目
凝固点 (°C)	-1.05 ^a	-1.13 ^a	-1.27 ^b	-1.35 ^b

6頭の平均値。中村ら（2020）の表1を改変して転載。供試牛は約10ヵ月齢。
一元配置分散分析後、Tukey法による多重比較検定で異文字間に有意差あり（ $P < 0.05$ ）。



中村ら（2020）の図1を改変して転載。供試牛は約25ヵ月齢。Bar = 5 mm。

C：結合組織、F：脂肪組織、M：筋肉組織。

貯蔵108日目においても、貯蔵0日目と同様に氷結晶生成による筋肉組織の破壊（写真観察では穴だらけに見える）は確認されなかった。

図IV-2 -1.0 °C貯蔵はウシ部分肉の筋肉組織に影響しない

一方、表IV-3 は、同じ条件で用意したウシ部分肉を、0 °Cで貯蔵した結果です。その結果、0 °C貯蔵では、ウシ部分肉は貯蔵 108 日目で官能検査に異常が認められました。また、-1.0 °C貯蔵と比べて、0 °C貯蔵ではTBARS 含量やVBN 含量率の値が高い傾向にあり、脂質酸化やたんぱく質腐敗が進行していることが分かりました。

表IV-3 ウシ部分肉の品質に及ぼす 0 °C貯蔵の影響

調査項目	貯蔵日数 (日)		
	0	72	108
官能検査	○	○	×
微生物検査 (log CFU/g)			
一般細菌数	1.0 ^a	4.0 ^{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	5.50	5.52	5.53
TBARS含量 (μmol/g)	0.016	0.017	0.021
VBN含量率 (mg%)	11.3 ^a	14.8 ^b	17.3 ^c

6頭の平均値。中村ら (2019) の表1-3を改変して転載。供試牛は約10ヵ月齢。

統計処理、官能検査、微生物検査および理化学検査の略語などは表IV-1を参照。

③賞味期限延長の効果

賞味期限を設定するためには、一般的に、安全係数¹⁰⁾を 0.8 とします。本研究では、ウシ部分肉の賞味期限は、-1.0 °C貯蔵では 108 日間×0.8=約 86 日間となります。これは、0 °C貯蔵の約 57 日間 (72 日間×0.8) と比べて、約 29 日間の延長が可能になることを示しています。また、2 ページ表 I -1 で示した期限表示フレームに記載されている 61 日間と比べても、約 25 日間長いことが分かりました。なお、本研究では貯蔵 108 日目以後の検討は行いませんでしたが、仮に-1.0 °C貯蔵 108 日目以後で官能検査と微生物検査に異常がなければ、さらに長い賞味期限の設定も可能です。

④その他の効果

本技術は既存技術に比して劣る点はありません。一方、既存技術と比較して、ウシ部分肉の賞味期限が延長されるほか、以下の効果があることが確認されています。

【販売期間の延長】

賞味期限は、科学的・合理的な根拠により、適切に設定されるものですが、製造や流通技術の進歩に伴い、再度検証して再設定を行い、賞味期限を延長することができます。部分肉の賞味期限を延長することは、廃棄までの期間を延ばすことにつながります。これは、部分肉が食品として消費される割合を高めて、販売期間を延長させて無駄な食品廃棄を防ぎます。

【電力コストの削減】

部分肉の賞味期限を延長するためには冷凍技術が使用されますが、本技術に比べて約 2 倍の電力コストがかかります（山根 2015）。また、冷凍は部分肉の品質を損ないますので、**凝固点降下を利用して肉を凍らせずに鮮度保持と品質保持を両立する本技術**には、電力コストの削減、賞味期限が伸びることによる販売期間の延長、肉質の保持などの様々な利点があります。

【ブランド化の可能性】

賞味期限の延長は、商品である部分肉に特徴的な価値をもたらすとともに、長期貯蔵による熟成効果^{1 1)}により肉質を変化させることができます。

従って、事業者は、本技術の導入により、上記のような様々な恩恵を受けることが可能であり、商品のブランド化ができます。実際の実用化事例について、「IV-4.実用化事例の紹介」に記載しましたので、参考にしてください。

2. ブタ部分肉への適用効果

①試験方法

国産のブタ部分肉への適用効果を紹介します。三元交配豚^{1 2)}の部分肉であるロース（最長筋；図IV-3）を-1.0℃で貯蔵しました。部分肉は枝肉から分割（整形含む）後、吸水紙を入れずに真空包装しました。



図IV-3 ブタ部分肉の形状（真空包装；部位 ロース）

中村ら（2022）から転載。

②部分肉への効果

表IV-4 は三元交配豚の部分肉を-1.0℃で貯蔵した結果です。その結果、ブタ部分肉は貯蔵 41 日目までは官能検査で異常は認められず、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 10^8 CFU/g 以下で推移しました。

理化学検査によると、pH、TBARS 含量、VBN 含量率ともに顕著な変化は認められず、

肉質は保持されました。また、ドロップロス（%）は貯蔵 0 日目と比べて上昇する傾向にありましたが、貯蔵期間の長さとは関係ありませんでした。貯蔵 25 日目に比べて、貯蔵 41 日目ではわずかに低い傾向にありますが、統計処理上の有意差は認められず、誤差の範囲と考えられます。

また、ブタ部分肉の凝固点は、貯蔵 0 日目に比べて貯蔵 25 日目以降で低下する傾向にありました（表IV-5）。加えて、貯蔵 41 日目でも、ブタ部分肉は凍結しませんでした（図IV-4）。

なお、ブタ部分肉については、0 °Cでの貯蔵試験を行っていません。

表IV-4 -1.0 °C貯蔵がブタ部分肉の品質に及ぼす影響

調査項目	貯蔵日数（日）		
	0	25	41
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含量率（mg%）	10.3	10.1	11.3
ドロップロス（%）	0.40	0.94	0.89

豚肉は8頭の平均値。中村ら（2022）の表1、3、5を改変して転載。

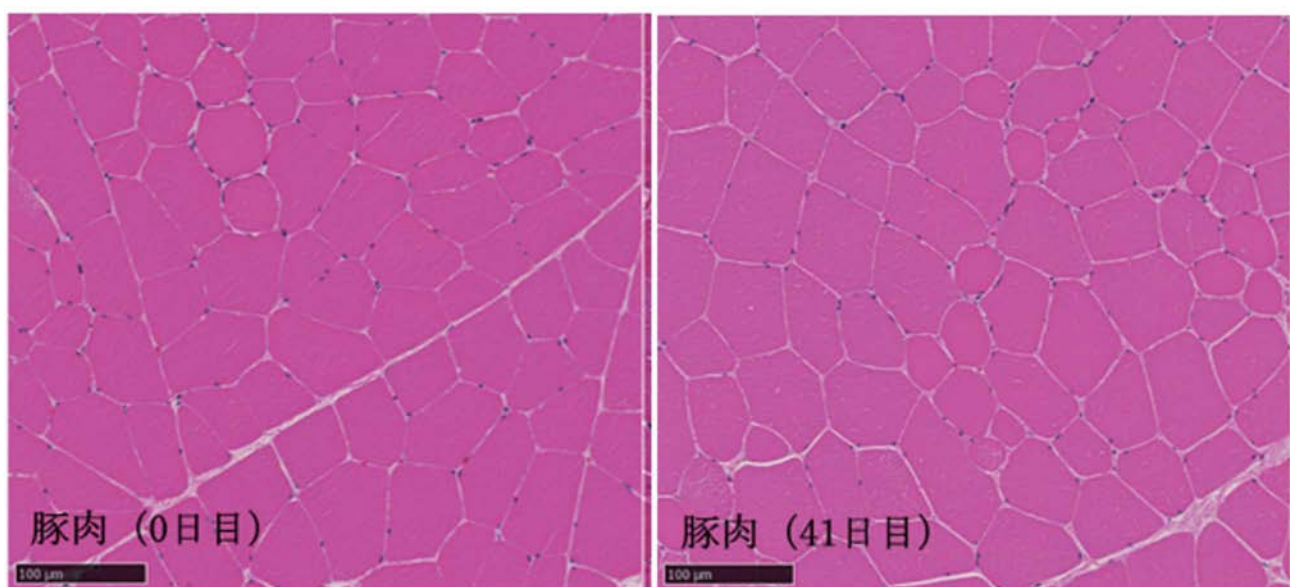
官能検査、微生物検査および理化学検査の略語などは表IV-1を参照。

全ての項目において、統計処理で有意差はなし。有意差がないため、符号は記載していない。

表IV-5 -1.0 °C貯蔵がブタ部分肉の凝固点に及ぼす影響

	0日目	25日目	41日目
凝固点 (°C)	-1.21	-1.28	-1.25

8頭の平均値。中村ら（2022）の表5を改変して転載。
統計処理で有意差はなし。



中村ら（2022）の図2を改変して転載。Bar = 100 μm。貯蔵41日目においても、貯蔵0日目と同様に氷結晶生成による筋肉組織の破壊（写真観察では穴だらけに見える）は確認されなかった。

図IV-4 -1.0 °C貯蔵はブタ部分肉の筋肉組織に影響しない

③賞味期限延長への効果

ウシ部分肉と同様に試算すると、本研究におけるブタ部分肉の賞味期限は、-1.0 °C貯蔵では $41 \text{ 日間} \times 0.8 = \text{約 } 33 \text{ 日間}$ となります。

これらの結果から、例えば、国内ガイドラインである「食肉に関する期限表示フレーム」と比較すると、本技術により、ウシ部分肉と同様に 0 °C 貯蔵に比べて、賞味期限を約 13 日間延長（表IV-6）できることとなります。

一方、本研究では貯蔵 41 日目以後の検討は行いませんでしたが、仮に貯蔵 41 日目以後で官能検査と微生物検査に異常がなければ、さらに長い賞味期限の設定も可能です。

表IV-6 ブタ部分肉の賞味期限の比較

適用技術	保存温度	形状	包装形態	賞味期限
従来*	0 °C	部分肉	真空包装	20日間
本技術	-1.0 °C			33日間

*食肉に関する期限表示フレーム（日本食肉加工協会）から引用。

④その他の効果

本技術は、ブタ部分肉の賞味期限を延長させる効果がありますが、その他にはウシ部分肉への効果と同様に、販売期間の延長、電力コストの削減、ブランド化などの様々な効果があります。

3. ニワトリ部分肉への適用効果

①試験方法

国産のニワトリ部分肉への適用事例を紹介します。地鶏の中抜き半丸（図IV-5）を-1.0 °Cで貯蔵しました。中抜き半丸は分割（整形含む）後、吸水紙を入れずに真空包装しました。なお、鶏中抜き半丸の形状は凹凸が多く、半丸に割断した際に骨の先端が鋭利に

なる場合があります。この場合、真空包装時に包装シートが破損したり、真空圧が低くなる可能性がありますので、真空包装をする際に保護シートを追加するなどの対策が必要です。

貯蔵試験後、筋膜などの表層部を約 1 cm 除去した後、分析を行いました。分析には部分肉の前、中および後部から、それぞれ等量を採取して、よく混合したものを用いました。



図IV-5 ニワトリ部分肉の形状（真空包装）

中村ら（2022）から転載。

②部分肉への効果

表IV-7 はニワトリ部分肉を-1.0 °Cで貯蔵した結果です。その結果、ニワトリ部分肉は貯蔵 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 10^8 CFU/g 以下で推移しました。

理化学検査によると、pH、TBARS 含量、VBN 含量率ともに顕著な変化は認められず、肉質は保持されました。なお、TBARS 含量は貯蔵 15 日目に比べて、貯蔵 30 日目の方が低い傾向にありますが、統計処理上の有意差は認められず、誤差の範囲と考えられます。また、ドロップロス貯蔵 0 日目と比べて上昇する傾向にありましたが、統計処理上の有意差は認められず、誤差の範囲と考えられます。

また、ニワトリ部分肉の凝固点は、貯蔵 0 日目に比べて貯蔵 15 日目以降で上昇と低下する傾向にありましたが、統計処理上の有意差は認められず、誤差の範囲と考えられます（表IV-8）。加えて、貯蔵 30 日目でも、ニワトリ部分肉は凍結しませんでした（図IV-6）。なお、ニワトリ部分肉については、0 °Cでの貯蔵試験を行っていません。

表IV-7 -1.0 °C貯蔵がニワトリ部分肉の品質に及ぼす影響

調査項目	貯蔵日数（日）		
	0	15	30
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

鶏肉は4羽の平均値（ただし、貯蔵日数が0日は12羽。羽数が異なるのは、2部位/羽で供試したため）。中村ら（2022）の表2、4、6を改変して転載。

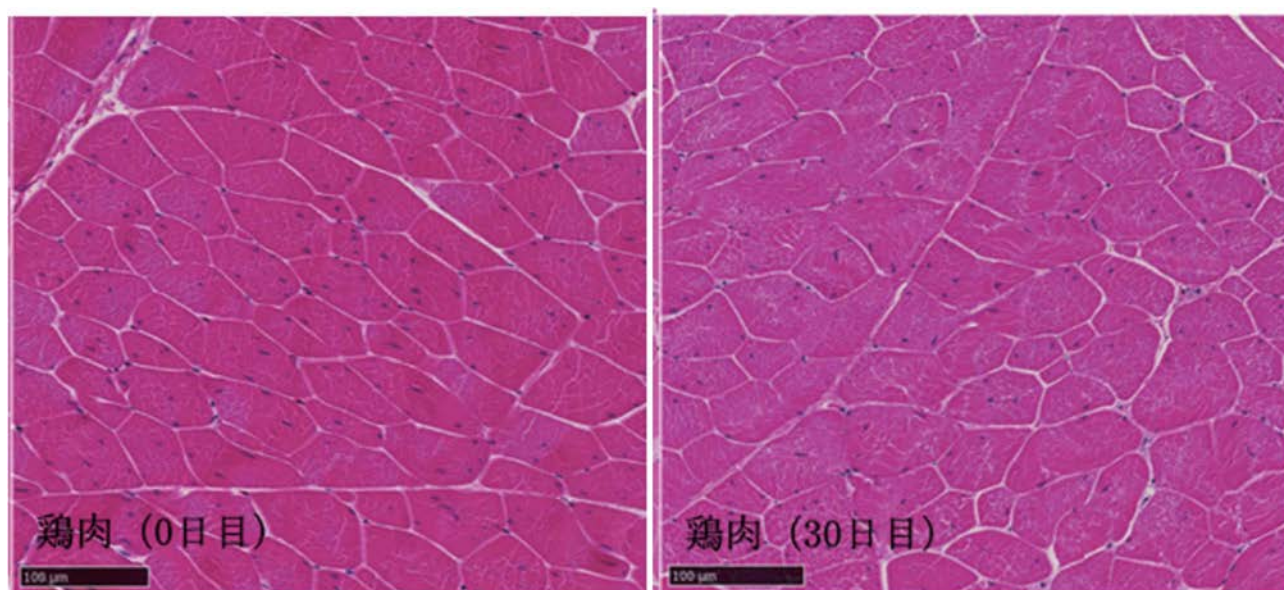
a,b：一元配置分散分析後、Tukey法による多重比較検定で有意差あり（ $P < 0.05$ ）。表示がない場合は分散分析での有意差なし。

官能検査、微生物検査および理化学検査の略語などは表IV-1を参照。

表IV-8 -1.0 °C貯蔵がニワトリ部分肉の凝固点に及ぼす影響

	0日目	15日目	30日目
凝固点 (°C)	-1.21	-1.03	-1.23

12羽の平均値。中村ら（2022）の表6を改変して転載。
統計処理で有意差はなし。



中村ら（2022）の図2を改変して転載。Bar = 100 μm。貯蔵30日目においても、貯蔵0日目と同様に氷結晶生成による筋肉組織の破壊（写真観察では穴だらけに見える）は確認されなかった。

図IV-6 -1.0 °C貯蔵はニワトリ部分肉の筋肉組織に影響しない

③賞味期限延長への効果

ウシ部分肉やブタ部分肉と同様に試算すると、本研究におけるニワトリ部分肉の賞味期限は、-1.0 °C貯蔵では $30 \text{ 日間} \times 0.8 = \text{約 } 24 \text{ 日間}$ となります。

これらの結果から、国内ガイドラインである「食肉に関する期限表示フレーム」と比較すると、本技術により、ウシ部分肉と同様に 0 °C貯蔵に比べて、賞味期限を約 12 日間延長（表IV-9）できることとなります。

一方、本研究では貯蔵 30 日目以後の検討は行いませんでしたが、仮に貯蔵 30 日目以後で官能検査と微生物検査に異常がなければ、さらに長い賞味期限の設定も可能です。

表IV-9 ニワトリ部分肉の賞味期限の比較

適用技術	保存温度	形状	包装形態	賞味期限
従来*	0 °C	部分肉	真空包装	12日間
本技術	-1.0 °C			24日間

*食肉に関する期限表示フレーム（日本食肉加工協会）から引用。

④その他の効果

本技術は、ニワトリ部分肉の賞味期限を延長させる効果がありますが、その他にはウシやブタ部分肉への効果と同様に、販売期間の延長、電力コストの削減、ブランド化などの様々な効果があります。

4. 実用化事例の紹介

- ① ブタ部分肉に同技術を適用して、実用化した事例です。

導入場所：熊本県球磨村

導入時期：2021 年 7 月頃

実施主体：渡地域農業活性化協議会



https://kmal.shop/products/list?category_id=35

2020 年 7 月に熊本県を中心にして起こった豪雨災害により、球磨村は甚大な被害を受けました。その復興のため、村内のそそぎ種豚場で生産されるブランド豚「一勝地赤豚」に本技術を適用して、付加価値（貯蔵期間の延長と、それによる食味向上）を与えることにより、村内の活性化を目的とした事業計画を作成しました。

一勝地赤豚は、デュロック種という褐色の豚の一種であり、山からの天然水や無添加飼料を与えて育てており、臭みが無く、柔らかい肉質が特徴です。

本技術を適用することにより、賞味期限を延長することができ、さらに、肉質が軟らかくなり、旨みが強く感じられる特徴が出たことから、商品化に向けた試食会を開催した後、'氷温[®]熟成^{1 3)} 一勝地赤豚'としてブランド化して販売を開始しました。

現在、ふるさと納税の返礼品として、くまむらアンテナショップなどで取り扱っています。ただし、賞味期限の延長期間などについては、社外秘のため記載していません。

② ウシ、ブタ、ニワトリ部分肉に同技術を適用して、実用化した事例です。

導入場所：熊本県南小国町

導入時期：2021年11月頃

実施主体：阿蘇牧場



<https://asofarm-kumamoto.com/>

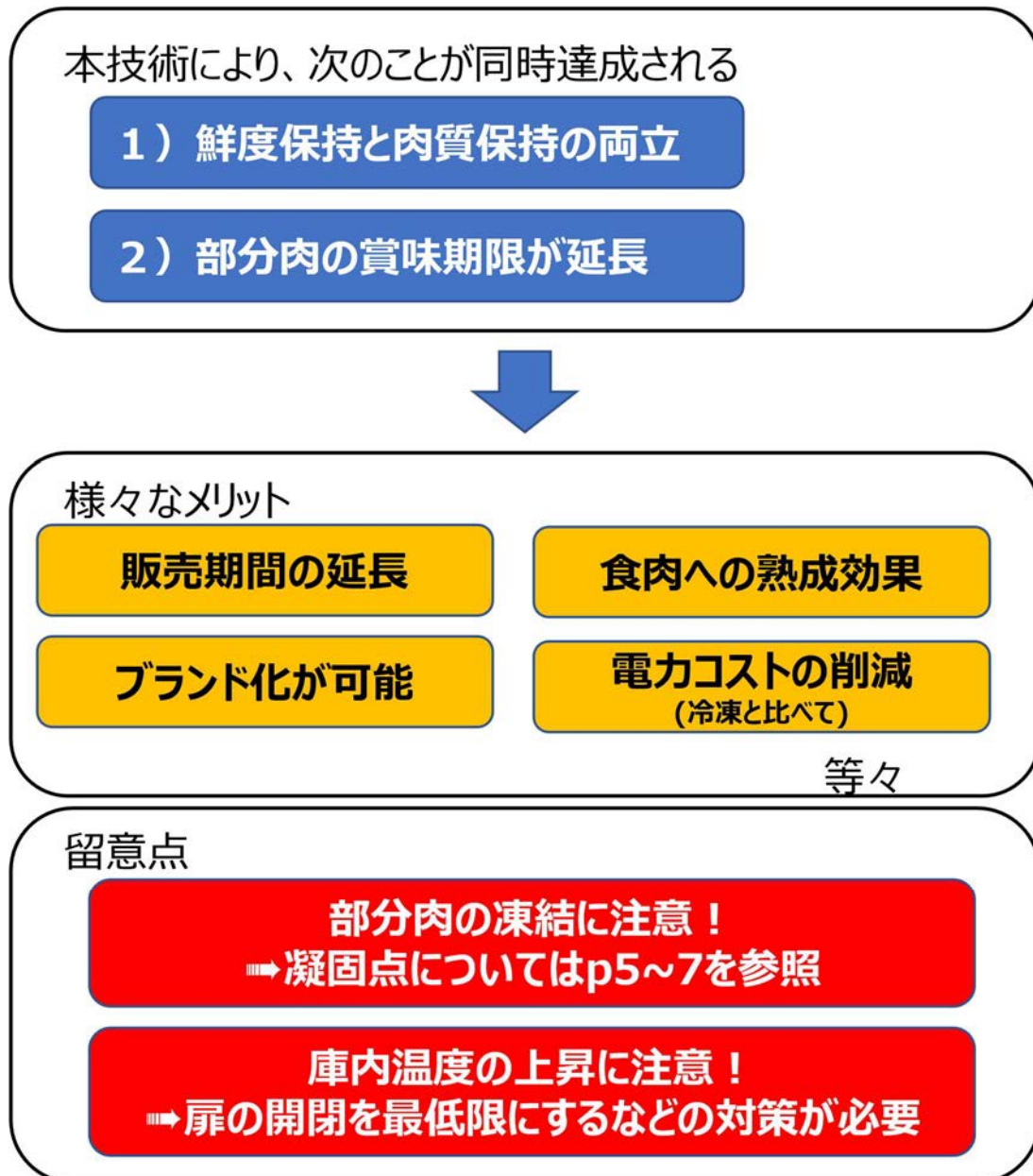
阿蘇外輪山の麓に位置している南小国町は、総面積の85%が山林原野で占められた山間地に位置します。全国的に知られる'黒川温泉'をはじめ多くの温泉地を有しており、観光業が盛んであり、郷土料理や地元食材を使った食材を提供しています。

畜産物のブランド化を目的として、本技術を導入しました。対象は、牛肉、豚肉、鶏肉です。本技術を導入することにより、賞味期限を延長することができ、さらに、熟成効果が出たことから、ふるさと納税の御礼品として提供されています。

ただし、賞味期限の延長期間などについては、社外秘のため記載していません。

5. 総合評価

本技術を導入した際の利点と留意点について、図IV-7 にまとめました。



図IV-7 本技術の導入による利点と留意点

V. 用語解説

1) 枝肉

肉用の家畜を屠畜・放血して皮と毛を除去した後、内蔵を摘出して頭部と四肢の肢端および尾などを除いたものです。

2) 部分肉

ウシやブタの枝肉やニワトリの生肉を卸売り用に分割したものです。例えば、ウシでは大分割部分肉（まえ、ロイン、ともばら、もも）と小分割部分肉（ネック、うで、かたロース、かたばら、ヒレ、リブロース、サーロイン、ともばら、うちもも、しんたま、らんいち、そともも、すね）とがあります。また、ブタではヒレ、ロース、もも、かた、ばらの5部位と、かたを細分した場合は、かたロースとうでに分けます。ニワトリでは、中抜き半丸にした後、むね、もも、手羽に大別されます。

3) 賞味期限

食品を定められた方法により保存した場合、期待される品質保持が十分に可能であると認められる期限を示す年月日です。食肉では、部分肉など形状が大きく、比較的品質が劣化しにくいものに使用します。

4) 消費期限

食品を定められた方法により保存した場合、腐敗や変質などの品質劣化に伴う安全性の欠如がないと認められる期限を示す年月日です。食肉では概ね1週間以内に品質が劣化する形状に対して使用します。

5) 正肉

ニワトリにおいて、骨や余計な脂肪を取り除いた食用肉のことです。

6) ドリップ

解凍した生肉から出る滲出液です。ドリップには、肉の味に関係する遊離アミノ酸などを含み、

ドリップの損失（ドリップロスという）は食味の低下につながります。

7) 凝固点降下

凝固点とは、一定の圧力のもとで液相状態の物質が固相と平衡を保つ時の温度です。一般的に、凝固点は融点と同じです。また、食品では遊離アミノ酸や糖などの溶質が、水分である溶媒に溶解することにより、その食品の凝固点が降下する現象があり、これを凝固点降下といいます。

8) 氷温協会

1985年に氷温食品協会として設立し、2013年4月より「公益社団法人 氷温協会（Japan Hyo-On Association）」として「氷温」の全国的な普及および啓発活動を行っています。

9) CFU

細菌数の単位は、微生物検査において培養して形成された集団（コロニー）の数をを用いた、Colony Forming Unit（CFU；コロニー形成単位）を使います。なお、本手順書で示した試験における測定は標準平板菌数測定法で行いました。

10) 安全係数

食品の期限表示設定では、対象とする食品の特性に応じて設定された賞味期限に対して、「1未満」の係数である安全係数（通常は0.8、p.16）を乗じます。客観的に評価された期限よりも短い期間を設定します。

11) 熟成効果

食品の熟成とは、管理された温度や湿度などの条件下で、鮮度を保持しながら高品質化させる過程をいいます。食肉の場合は、死後硬直期を経ると、次第に軟らかくなるとともに風味も増してきます。この現象を食肉の熟成といい、筋肉組織の物理化学的な変化を伴い、総合的に肉質を変化させます。

1 2) 三元交配豚

3 品種あるいは 3 系統を用いた家畜の交雑方法で、一般的には、2 品種間の F1 を雌として 3 番目の品種を雄として交配します。肉豚生産では、ランドレース種と大ヨークシャー種の F1 を母豚として、デュロック種を雄として用いることが多いです。

1 3) 氷温[®]熟成

氷温[®]熟成とは、(公社) 氷温協会が認定する氷温[®]技術の一部です。食味数値を含む認定基準を満たした場合のみに氷温協会から認定と交付がなされ、「氷温[®]」「氷温[®]熟成」「氷温[®]貯蔵」などの商品表示を付すことが可能となります。

<http://www.hyo-on.or.jp/index.php?view=8970>

参考資料

1. 成果情報：‘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。
(農研機構 普及成果情報 食品 2022 年)
https://www.naro.go.jp/project/results/5th_laboratory/karc/2022/22_014.html

2. 期限表示のための試験方法ガイドライン〔食肉（食肉加工品（半製品）を含む。）〕（社団法人日本食肉加工協会 2006 年 7 月改定）
http://shokunikukaken.jp/pdf/others/5-1-7kigen_shokuniku.pdf

3. 輸入食肉の期限表示のためのガイドライン（日本食肉輸出入協会 1996 年 11 月）
<https://www.jm-ta.jp/pdf/guideline.pdf>

4. 中村好徳ら（2019）氷点下の未凍結貯蔵が赤身牛肉の鮮度保持に及ぼす影響．日本暖地畜産学会報． 62 : 129-133.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwaras/62/2/62_129/_pdf/-char/en

5. 中村好徳ら（2022）豚肉と鶏肉の可食期間に及ぼす氷点下の未凍結貯蔵の影響．日本暖地畜産学会報． 65 : 109-116.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwaras/65/2/65_109/_pdf/-char/ja

6. 氷温協会（2019）食品の氷温貯蔵・氷温処理における氷結点測定法 第 1 版．公益社団法人氷温協会規格.
7. 食品衛生研究会（2003）食品衛生小六法（平成 15 年版）．新日本法規出版． 905-906.

8. 中村好徳ら（2023）「氷点下の未凍結貯蔵」を用いた食肉のための可食期間延長技術. 食品の冷凍・解凍技術と商品開発. 堀越 智/渡辺 学監修. エヌ・ティ・エス, 東京. 107-117.
9. 山根昭彦（2015）氷温食品入門. 日本食糧新聞社. 31.
10. 全国食肉公正取引協議会（2019）お肉の表示ハンドブック.
https://ajmic.or.jp/kumiai/2023pdf/hb2019_20230404.pdf



担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 九州沖縄農業研究センター 研究推進部 研究推進室 広報チーム
q_info@ml.affrc.go.jp 096-242-7530



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。