

学 位 論 文

そばの風味に影響する諸因子に関する研究

～主観的官能評価と客観的機器計測評価～

2009年3月

熊本大学大学院自然科学研究科

川 上 いずみ

目 次

第1章 序 論	
1-1 研究の背景と目的	.....1
1-2 本論文の構成	.....3
第2章 風味およびテクスチャー評価に関する手法	
2-1 まえがき	.....4
2-2 官能評価	.....4
2-2-1 官能評価概論	.....4
2-2-2 そば味の官能評価	.....5
2-3 味覚センサ	.....6
2-3-1 概論	.....6
2-3-2 そばの味覚測定	.....10
2-4 ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS)	.....11
2-4-1 概論	.....11
2-4-2 そばの匂い測定	.....13
2-5 テクスチャーアナライザ	.....16
2-5-1 概論	.....16
2-5-2 そばのテクスチャー測定	.....18
第3章 そばの風味とテクスチャーに及ぼす保存日数の影響	
3-1 背景	..... 19
3-2 方法	..... 19
3-2-1 テストサンプル	..... 19
3-2-2 成分分析	..... 20
3-2-3 官能評価	..... 20
3-2-3-1 味覚に対する官能評価	..... 21
3-2-3-2 匂いに対する官能評価	..... 21
3-2-3-3 テクスチャーに対する官能評価	..... 21
3-2-4 味覚センサ分析	..... 22
3-2-5 GC-MS (固相マイクロ抽出法) 分析	..... 22
3-2-6 テクスチャー分析	..... 23
3-2-7 統計学的検定	..... 23
3-3 結果	..... 23
3-3-1 成分分析	..... 23

3-3-2	官能評価	.....	24
3-3-2-1	味覚に対する官能評価	.....	24
3-3-2-2	匂いに対する官能評価	.....	25
3-3-2-3	テクスチャーに対する官能評価	.....	25
3-3-3	各種機器による分析	.....	26
3-3-3-1	味覚センサによる測定	.....	26
3-3-3-2	GC・MSによる測定	.....	28
3-3-3-3	テクスチャーアナライザによる測定	.....	30
3-3-4	官能評価と機器測定値の相関	.....	31
3-4	考察	.....	32
3-4-1	成分分析	.....	32
3-4-2	味の評価	.....	32
3-4-3	匂いの評価	.....	33
3-4-4	テクスチャーの評価	.....	34
3-5	小括	.....	35
第4章	そばの風味およびテクスチャーに及ぼす保存温度の影響		
4-1	背景	.....	36
4-2	方法	.....	36
4-2-1	テストサンプル	.....	36
4-2-2	GC・MS・匂い嗅ぎ法	.....	37
4-2-3	統計学的検定	.....	37
4-3	結果	.....	37
4-3-1	成分分析	.....	37
4-3-2	官能評価	.....	38
4-3-2-1	味覚に対する官能評価	.....	38
4-3-2-2	匂いに対する官能評価	.....	38
4-3-2-3	テクスチャーに対する官能評価	.....	39
4-3-3	各種機器による分析	.....	40
4-3-4-1	味覚センサによる測定	.....	40
4-3-4-2	GC・MS・匂い嗅ぎ法による測定	.....	40
4-3-4-3	テクスチャーアナライザによる測定	.....	41
4-3-4	機器分析と官能評価の相関	.....	44
4-3-3-1	味覚センサ測定値と官能評価との相関	.....	44
4-3-3-2	テクスチャー測定値と官能評価との相関	.....	45
4-4	考察	.....	45

4-4-1	成分分析	.....45
4-4-2	味の評価	.....45
4-4-3	匂いの評価	.....46
4-4-4	テクスチャー評価	.....47
4-5	小括	.....48
第5章	石臼挽き国産ソバ粉の産地による食味の違い	
5-1	背景	.....50
5-2	方法	.....50
5-2-1	テストサンプル	.....50
5-2-2	官能評価	.....50
5-2-3	味覚センサ分析	.....51
5-2-4	遊離アミノ酸分析	.....51
5-2-5	糖分析	.....52
5-2-6	統計学的検定	.....52
5-3	結果	.....52
5-3-1	成分分析	.....52
5-3-2	官能評価	.....53
5-3-3	味覚センサによる測定	.....55
5-3-4	遊離アミノ酸分析	.....58
5-3-5	糖分析	.....59
5-4	考察	.....60
5-5	小括	.....61
第6章	総括	.....62

参考文献

謝辞

第1章 序論

1-1 研究の背景と目的

食品のおいしさは図 1-1 に示すような様々な要因が絡んでくる。すなわち、口に食品を含んだ際の口腔粘膜の触、圧、温、冷の体性感覚情報は味覚情報にも影響するため、味は味覚以外に体性感覚も含んでいる。したがって、味、香りからなる風味に加え、口腔内に影響を与えるテクスチャーも食品が持つおいしさに影響を与える重要な特性と考えられる。こうした背景の基、多様化する食品産業において、消費者のニーズを捉えるには、食品の特性を正確に把握する必要があり、その特性としては味、匂い、テクスチャーなどが重要である。

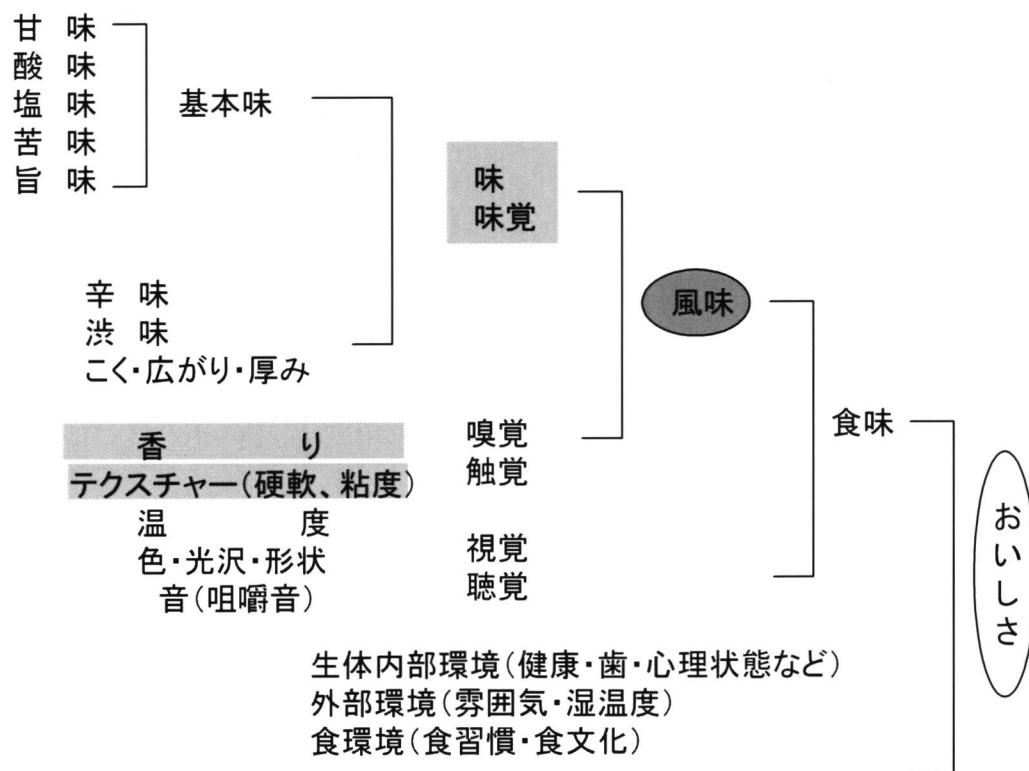


図 1-1 おいしさの構成

(小俣晴より改編³⁴⁾)

従来の化学分析で味、匂いの主要ファクターは分析できるが、実際、ヒトが味わい、嗅いでいる味覚や嗅覚では化学分析では捕らえられない極微量な違いを捕らえ、味や匂いのファクターを総合的に評価している^{1)・7)}。このため味や匂いの評価は、従来ヒトの官能に頼らざるを得なかった。しかし、訓練されたパネラーでも、個人差や体調、気分、また作業の疲労により、評価の客観性や再現性にブレが生じるのは否めない。したがって、的確な新商品開発やプロダクトマネージメントを行うため、食品の特性の客観的な把握および評価が望まれている^{8)・12)}。

これらの背景から、近年になり機器分析による食品特性の計測方法の確立が進んできた^{13)・15)}。特に官能評価をサポートするセンサの開発が15年程前から行われており、この10年間でセンサ自体の耐久性、感度、選択性などの向上により実用化に耐える装置が登場してきた^{18)・26)}。その中で、味覚センサは、ビール、コーヒー、お茶などの液状食品のみならず、米や牛肉など固形の食品でも報告されており^{27)・28)}、幅広い食品の味を認識できる装置といえる。また、特定の匂いを計測するための匂いセンサやガスクロマトグラフ質量分析計 (Gas Chromatograph Mass Spectrometry, GC-MS) など、更にはテクスチャーを計測するためのテクスチャーアナライザなども開発が盛んに行われている。

日本の伝統食品のひとつにそば切りがあり、日本ではソバは年間10トン以上消費されている²⁹⁾。ソバ^{30)・33)}はタデ科ソバ属の1年生草本で、普通種とダツタン種とに大別され、通常、単にソバという場合は普通種を指す。普通種の学名の *Fagopyrum esculentum* Moench は、食用のブナの実に似た穀物という意味である。日本では麺にして食する「そば切り」が親しまれており、風味が重視されている。ソバは製粉後、時間の経過と共に風味やテクスチャーが悪くなるため、三たて「採れたて、挽き立て、打ちたて」のそば切りが最もおいしいとされており、鮮度を保つことが美味しいそばの第一要素と考えられる。このように、日本では、そばの風味が重視されているが、そばの風味に関する研究はあまり進んでいない。したがって、おいしいそばとはどういった風味やテクスチャーを持つそばなのか？現在までにこのことは明確には呈示されていない。このため、そばの開発や品質管理では風味やテクスチャーの官能的評価法の確立が必要で、これに加えて特性の客観的な数値化も必要である。

そこで本研究では、種々のそばの味や匂いといった風味やテクスチャーをヒトの官能評価で数値化し、これと同時に客観的評価として従来の化学分析に加え、味覚センサ、GC・MS、テクスチャーアナライザを用いて客観的計測行うことで、そばの風味やテクスチャーに関して、その特性の明確化および客観的評価の可能性の検証を行った。

本論文ではそばの粉を「ソバ粉」、麺を「そば切り」、ソバ粉の加工品を総称して「そば」と記載する。

1-2 本論文の構成

本論文の構成は以下の構成となっている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的および論文の構成について述べる。

第2章では、本研究の基礎として風味・テクスチャーの評価についての知見、方法について述べる。具体的には主観的評価の官能評価、客観的評価法として味の分析の味覚センサによる測定、匂いの評価のGC・MSによる測定、テクスチャーのテクスチャーアナライザによる測定について、概説し実際に試験に用いた手法について述べた。

第3章では、そばの風味およびテクスチャーが保存日数（0日、7日、14日）により、どのような影響を受けるかについて、ヒトによる官能評価値および種々の機器により得られた測定値について分析を試みる。この結果について主観的評価値と客観的評価値の相関を検討し、機器による客観的測定の有用性を考察する。

第4章では、そばの風味およびテクスチャーが保存温度（-18℃、5℃、10℃、15℃、25℃）により、どのような影響を受けるかについて、第3章と同様にヒトによる官能評価値および種々の機器により得られた測定値について分析を試みる。この結果について主観的評価値と客観的測定値の相関を検討し、機器による客観的測定の有用性を考察する。

第5章では、産地が異なる石臼挽きソバ粉の味の違いについて、ヒト官能評価による判別と味覚センサによる判別を試み、この機器の有用性を考察する。

最後に、第6章では本研究で得られた結果を総括するとともに、今後の展望及び課題について述べる。

第2章 風味およびテクスチャー評価に関する手法

2-1 まえがき

食品の風味（味・匂い）とテクスチャーはおいしさを決める重要ファクターで、食品メーカーでは常に、優れた開発や品質管理のため、風味とテクスチャーの評価をパネラーによる官能評価で行っている。しかしながら熟練したパネラーでも個人差や体調、気分、また作業の疲労により、評価の客観性や再現性にブレが生じるのは否めない。これを補うために、機器を用いた客観的計測も盛んに行われるようになってきたが、最近までこのような機器による客観的計測とパネラーによる官能評価との間にはかなりの隔たりがあった。しかしながら、都甲らが開発した味覚センサ^{16)・26)}は、これまでの概念を崩して、ヒトの官能評価と同様な評価を行うことが可能であることを証明した。また機器によって計測されたデータの解析方法も進んできて、匂いやテクスチャーについてもヒトの官能評価に近い評価を求めようとの試みが行われるようになった。

本章では、まず客観評価の裏づけとなる主観評価である官能評価法の手法について述べ、実際に本研究で実施したそばに対する官能評価の手法について述べる。次に、味覚センサ、GC-MS、テクスチャーアナライザの概論を述べ、そばに対する計測手順などについて述べる。

2-2 官能評価

2-2-1 官能評価概論

人の五感、つまり味覚、嗅覚、触覚、視覚、聴覚を用いて食品の特性や嗜好性を評価するのが官能評価である。官能評価の目的は、①サンプル間に違いがあるか？②違いがあるならばどこが違うのか？③どのくらい違うのか？を明らかにすることである。官能評価手法は分析型手法と嗜好型手法とに分かれる。分析型手法は単に違いの有無を調べる手法と、どの特性が異なるかを明確化し違いの程度を定量化する特性記述的な手法に分かれる。

分析型手法の中で得られる情報量が最も豊かで世界的に利用例が最多なのが定量的記述分析（Quantitative Descriptive Analysis, QDA）³⁵⁾である。QDAは食品の特性を味、匂い、テクスチャーなどの官能特性として認識し、それら

の強度を定量化する手法である。QDAでは6～20人程度の十分に訓練された分析型専門パネラーが、対象となる食品が呈する味、匂い、テクスチャーなどの官能特性を適切に表現する言葉を選び出し、それらの強度を定量化する。QDAから得られる結果は分散分析および Paired *t*検定などにより強度の違いを検定するほか、多変量解析により全体的な特性を統合してサンプルの特徴を比較、分類する。

2-2-2 そば味の官能評価

日本においてそば切りは嗜好性が高い食品であり、そばを食べる場合には風味、テクスチャーといった特性が重視されている。しかしながらそばの味についての評価は「そばの味」としての総合評価による官能評価を行っており、どのような味であるか、またどのような味がそばの特徴であり優れた味であるかといった詳細な報告はない^{36)・43)}。ここでは本研究で用いた実際の官能評価の手法について述べる。

パネラーの選定は日常的にそばの評価を行う6名を選定した。試験はディスカッションによるそばの味に関する「用語だし」、「尺度合わせ」、「評価」、「統計解析」の順で行った。

まずソバ粉80gに熱湯100gを入れ作成したそばがきを試食し、パネラーによるディスカッションを行い、そばの味に関する用語だしを行った。抽出された用語は全部で21用語あった。抽出された用語の吟味を行い、異なる言葉でも同じ意味であるものは統一し、共通して認識できる用語だけを残した。抽出された用語は「甘味」、「渋味」、「酸味」、「苦味」、「ピリピリ感」、「小豆味(コク)」、「ヒエ味(雑味)」の7項目であった。「ピリピリ感」とは辛味やえぐ味などと同様に、味覚というよりも、痛覚、あるいは触覚の要素が大きく⁷⁾、植物特有のピリっとする刺激のある味である。「小豆味」は小豆を煮だして味付けをおこなわないままの小豆の味、「ヒエ味」は湯搔いたヒエの味に相当する味との意見であったため、実際に現物を食し、「小豆味(コク)」、「ヒエ味(雑味)」に相当する味の統一を行った。

次に評価尺度合わせを行った。北海道の石臼挽きソバ粉と中国産の石臼挽きソバ粉について、用語だしで選定した7項目について絶対評価による官能評価

をパネラーにより行った。個人の評点とパネラー全体の平均値との差をパネラーに示し、平均値への評価尺度補正を行った。これらの手法を繰り返し行い、尺度合わせを行った。

評価は、ある条件下のそばがきをコントロールとして他の条件下のそばがきについて、「甘味」、「渋味」、「酸味」、「苦味」、「ピリピリ感」、「小豆味（コク）」、「ヒエ味（雑味）」の7項目に分けて相対比較を行った。得られた評価結果はANOVA解析や Paired *t*検定および主成分分析等の統計解析手法を用いて解析した。

2-3 味覚センサ

2-3-1 概論

味覚センサは脂質／高分子ブレンド膜を味物質の受容部分とし、この複数の脂質膜からなる電位出力応答パターンから味を数値化（デジタル化）する¹⁸⁾。これは舌の細胞の生体膜が脂質と蛋白質からできていることに着目し、その構成成分の1つである脂質を実際に利用できる形で作り上げたものである。味覚センサは味物質の化学構造の違いを検出するのではなく、人の味覚と同様に化学物質と生体膜の相互作用を測定するセンサである（図2-1）。

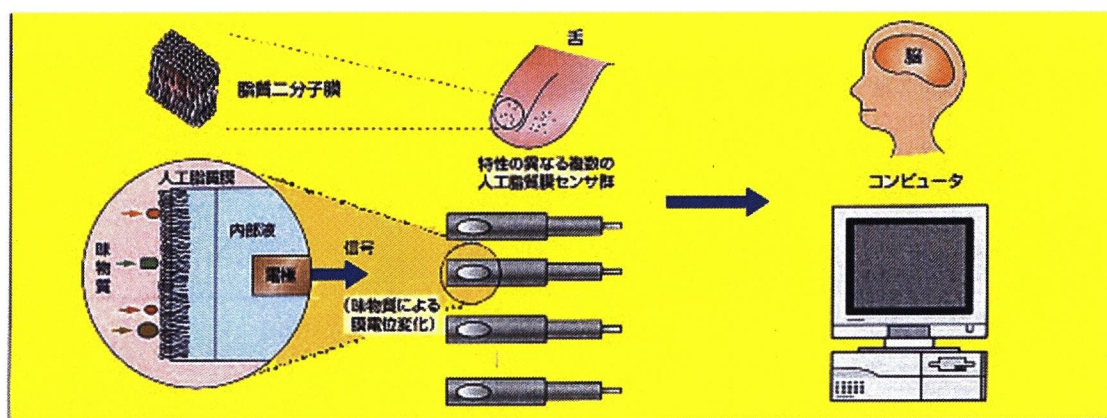


図 2-1 味覚センサの概要

((株) インテリジェントテクノロジー広報より引用)

味覚センサ（図 2-2）は、いくつものサンプルの測定を自動的に行うことが可能である。味覚センサは基本的に液体に電極を入れ、電位出力を測定する。図 2-3 に示すように味溶液が入ったビーカーにロボットアーム駆動の味センサーマルチチャンネル脂質膜電極 8 本と 1 本の参照電極が入り、この間の電位差を測る（図 2-4）。電極に装着する脂質膜は、表 2-1 に示されるようなデシルアルコール、オレイン酸、ジオクチルホスフェート（C）、トリオクチルメチルアンモニウムクロライド（T）、オレイルアミンおよびこれらの合成物から構成されている。

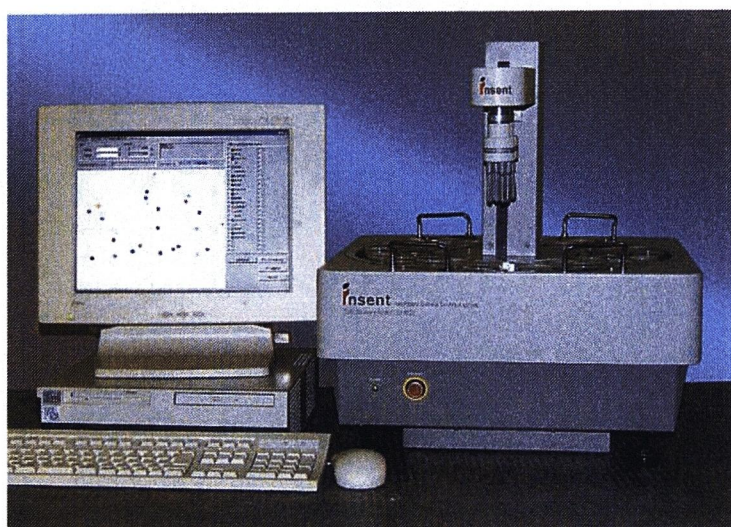


図 2-2 味覚センサ SA402

(株インテリジェントテクノロジー製)

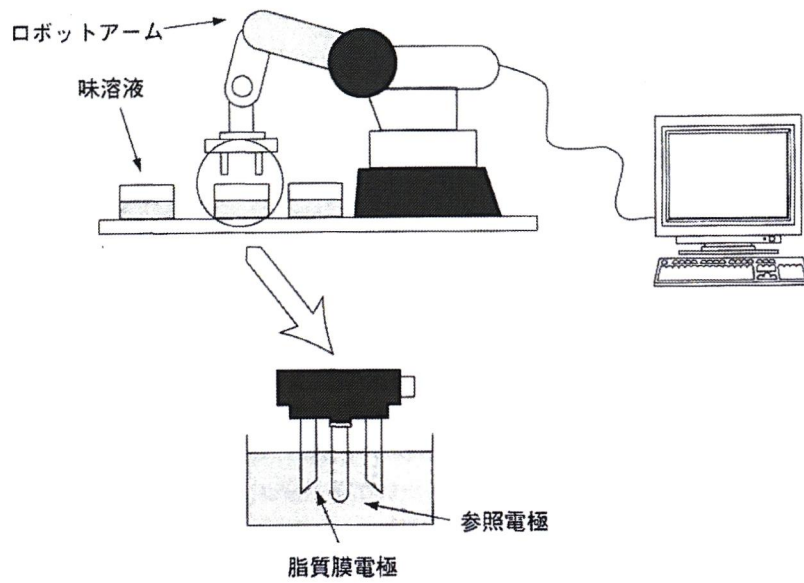


図 2-3 味認識装置と測定手順
(都甲より引用²⁰⁾)

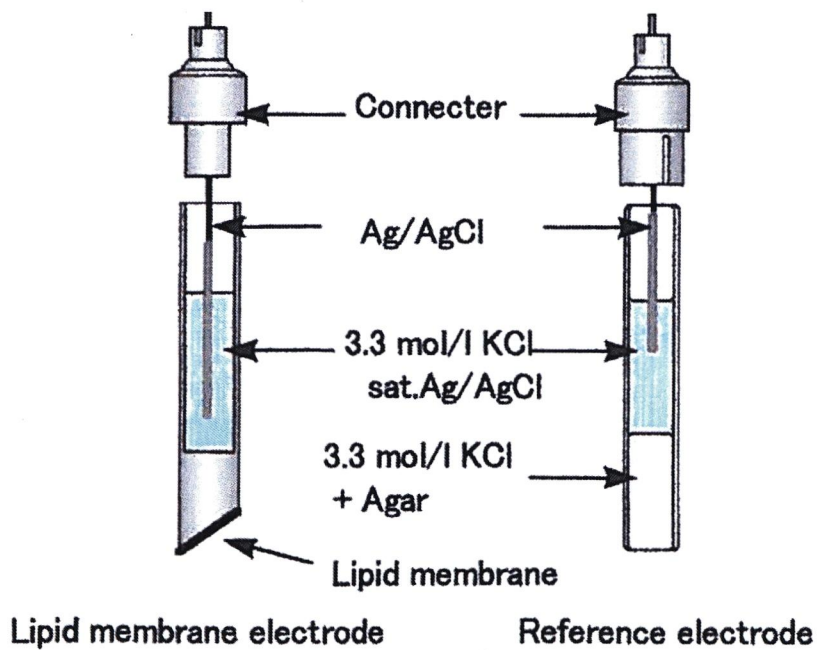


図 2-4 脂質膜電極と参照電極
(都甲より引用²⁰⁾)

表 2-1 味覚センサの特性および膜構成

センサ名	膜 反応特性	膜構成
1ch	酸味 (塩、苦味) 用プラス膜	デシルアルコール
2ch	塩、苦味用プラス膜	オレイン酸
3ch	苦味 (酸、塩味) 用プラス膜	C
4ch	苦味 (酸、塩味) 用プラス膜	C : T = 9 : 1
5ch	苦味 (雑味)、雑味用マイナス膜	C : T = 5 : 5
6ch	渋味用マイナス膜	C : T = 3 : 7
7ch	旨味用マイナス膜	T
8ch	塩味用マイナス膜	オレイルアミン

C ; ジオクチルホスフェート

T ; トリオクチルメチルアンモニウムクロライド

測定のアルゴリズムを図 2-5 に示す。サンプルを測定する前の基準液 (30mM 塩化カリウム-0.3mM 酒石酸溶液) の測定値を V_r 、サンプルの測定値を V_s とする。基準液は、ヒトの場合の唾液に相当し、そこからの電位変化が味信号であり、相対値 ($V_s - V_r$) で表され、本論文では味覚センサ応答出力 (μV) として記載している。この測定により、膜に呈味物質が吸着したことで、膜の電位応答特性が変化したことが考えられる。そのため、サンプルを測定した後、洗浄液 (30%エタノール-10mM 水酸化カリウム) で洗浄を行い、膜への吸着物質を除去し、膜のリフレッシュを行った。

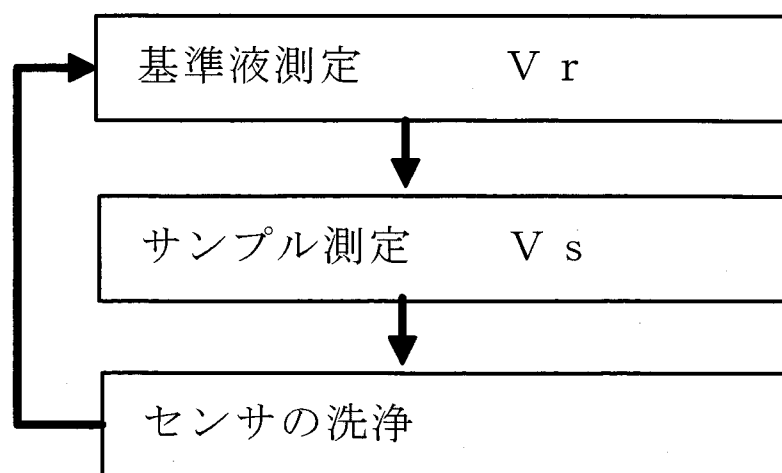


図 2-5 測定手順 (都甲らより改編²⁰⁾)

2-3-2 そばの味覚測定

味覚センサは液体に電極を入れ測定するため、そばを測定対象とする場合は液状にする前処理が必要となる。そこで、そばがきよりそば溶液を抽出して測定サンプルを作製した。まず、ソバ粉 80g に熱湯 100g を入れ、そばがきを作成する。常温の超純水で約 20%に希釈してミキサーで1分間ホモジナイズした。ホモジナイズ後の溶液を遠心分離器に入れ、回転数 3500rpm、遠心時間 10分間で遠心分離し、得られた上清を測定サンプルとして味覚センサで分析した。味覚センサによる測定は、電極を 30 秒間基準液に浸した後、30 秒間測定サンプルに浸して測定を行い、その後、洗浄液で 90 秒間洗浄した。これを 1 試行として 1 つの試料に対して 3 試行の計測を行なった。測定のアプローチを図 2-6 に示す。

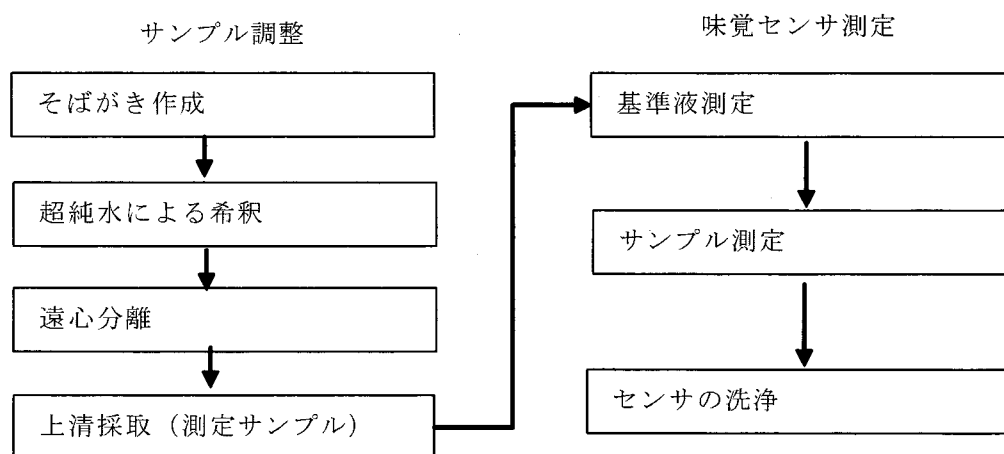


図 2-6 ソバの味覚センサ測定手順

2-4 ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS)

2-4-1 概論

人が匂いと感じるのは比較的分子量の小さな分子で、色々な匂いを持つ分子の集まりを鼻から吸い込んで匂いと感じている⁴⁴⁾。匂いのセンサ^{44)・48)}が近年急速に発展しているが、ある特定の既知の物質を検出する方法や既知ではない匂いに対しては分析データを多変量解析する等の手法がとられている⁴⁹⁾。従って、そばの香りのように同定に至っていない食品の匂い分析では、気化可能な多成分の分離と定量を行うガスクロマトグラフを使用し、質量分析計により検出する方法が有効である。ここでは、GC-MS による抽出から分析までの概要を述べる。

GC-MS による分析を行う際には、香気成分の捕集、分離、濃縮にどのような手法を用いるかは分析の重要なポイントである^{50)・51)}。香気成分の抽出方法の代表的なものを表 2-2 にまとめる。

表 2-2 香気成分の主な抽出方法

方法	長所	短所
①溶剤抽出法	簡便 多量サンプルを処理できる	揮発性の高い成分が揮散する 不揮発性成分が多く処理が必要
②水蒸気蒸留法(常圧)	簡便。ある程度多量サンプルを 処理できる	熱変化する化合物がある 香気成分の濃縮操作が必要
③水蒸気蒸留法(減圧)	熱変化をある程度防げる	香気成分の濃縮操作が必要
④Simultaneous Distillation Extraction(SDE)	蒸留法に比べ有機溶剤を少量 しか使用しなくてすむ	装置が複雑 あまり多量に処理できない
⑤超臨海炭酸ガス抽出法	熱をかけず抽出が行える	装置が高価である 量的に多く処理できない
⑥ヘッドスペース法	簡便。少量で分析が可能。 試料を取ったり潰したりせず分 析できる	再現性が良くない 熱脱着でガスクロマトグラフに試料を導入する場合は香気 の確認ができない 分画できない
⑦Solid Phase Micro Extraction(SPME)	簡便	適切な液相を選ぶ必要がある 香気の確認や分画できない

(大西らより引用⁵²⁾)

表 2-2 の⑦固相マイクロ抽出法 (Solid Phase Micro Extractions, SPME)^{53)・56)}は、Pawliszyn ら⁵⁷⁾が開発した方法の 1 つで、樹脂性の、シャープペンシルの芯のような外見をしたファイバーである(図 2-7)。1~2cm のコアの部分にコーティングされた吸着層が、空気中の香気成分を取り込む。この SPME ファイバーには様々な種類があり、捕集する香気成分の性質や場面に応じて適切

なファイバーを選択する必要があるが、簡便で効率よく香気成分が捕集でき、再現性も高い。捕集した香気成分はガスクロマトグラフより分離する。ガスクロマトグラフの検出器に質量分析計を用いると、抽出した成分の質量スペクトルから成分の推定が可能である。

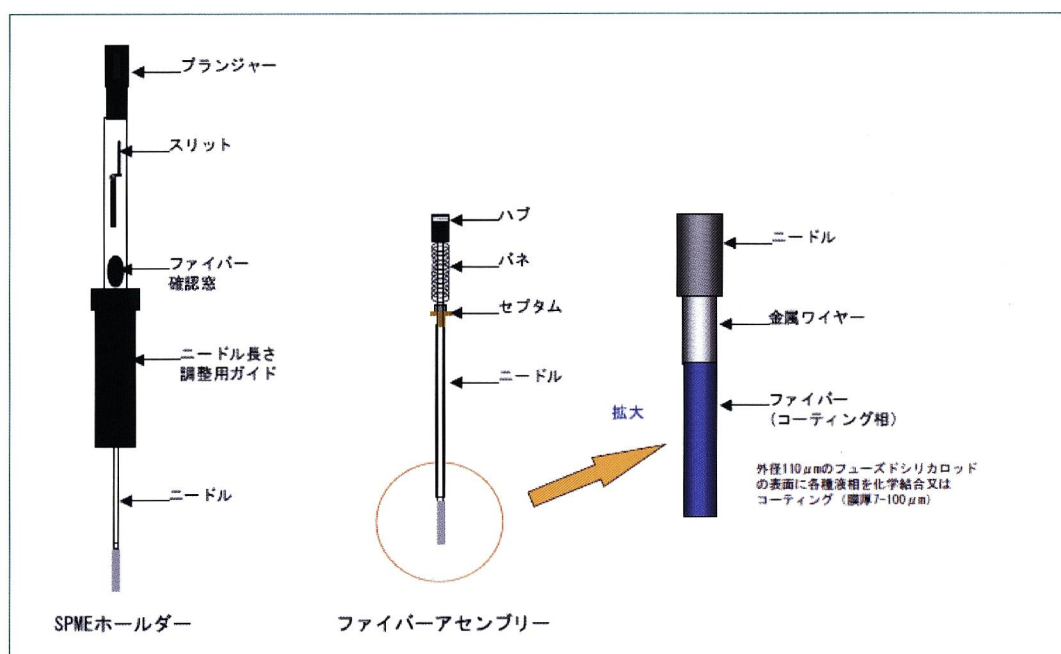


図 2-7 SPME の構成

(スペルコホームページより引用)

匂いを分析するには、含まれる成分の量に関わらず、匂いの強い成分を検出する分析が必要となる。食品の匂い分析では匂い成分が不明な場合が多く、この場合、匂い嗅ぎ分析が有効である^{58)・61)}。匂い嗅ぎ装置はガスクロマトグラフにより分離した成分をカラムの出口でヒトの鼻で嗅いで、匂いのある部分を記録するものである。具体的には、試料注入部からサンプルを注入し、匂い嗅ぎ部分で匂いを嗅ぎ、目的の匂いの発生時間（保持時間）を記録する。水素炎イオン化検出器（flame ionization detector, FID）側では香気成分のクロマトグラムを記録する。（図 2-8）

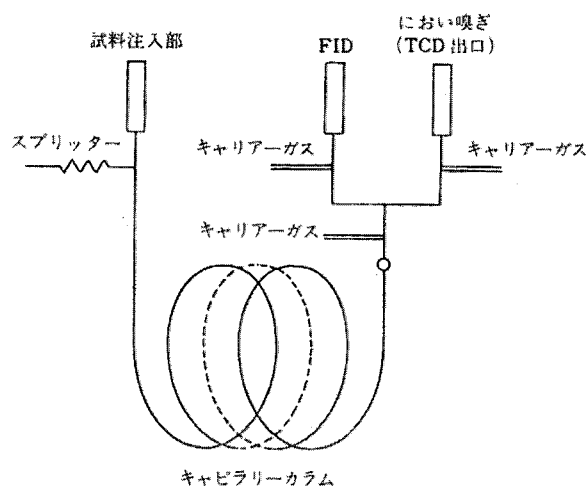


図 2-8 匂い嗅ぎ装置概略図
(箴島ら⁴⁴⁾より引用)

2-4-2 そばの匂い測定

本研究では、2種類のGC-MSによるそばの匂い分析を行った。

第3章では、抽出方法として表2-2の⑦固相マイクロ抽出 (SPME) 法を用いた。SPMEは、図2-7に示すとおりホルダー部分と吸着剤が付いているファイバーアセンブリーから構成されている。このファイバーのコーティング相が捕集する香気性成分を選択する。本研究では、SPMEファイバーの厚さは65 μm で、ファイバーはジビニルベンゼン充填剤 (DVB) とポリジメチルシロキサン (PDMS) とを混合したPDMS-DVBを用いてコーティングしたものを使用した。この物質は揮発性化合物、アミン、芳香族ニトロ化合物を幅広く捕集することが知られている⁵⁷⁾。

実際の分析手順を図2-9に示す。テストサンプル2gをバイアル瓶に入れ、セプタムで密閉した後、60°Cで15分間加熱し、ヘッドスペースに匂い成分を揮発させた。匂い成分が集まったヘッドスペースにSPME (SUPELCO製) を

挿入後（図 2-10）、60℃で 60 分間揮発成分を SPME に吸着させた。SPME をガスクロマトグラフに注入し、揮発性成分を加熱脱着させ分析を行った。分析には GC-MS（図 2-11）を使用し、ターゲット成分の類推とピーク面積を比較した。ターゲット成分はそば香气成分として報告された⁶⁹⁾、約 17 分から 27 分に検出されるアルデヒド類、アルコール類およびナフタレン系化合物とした。

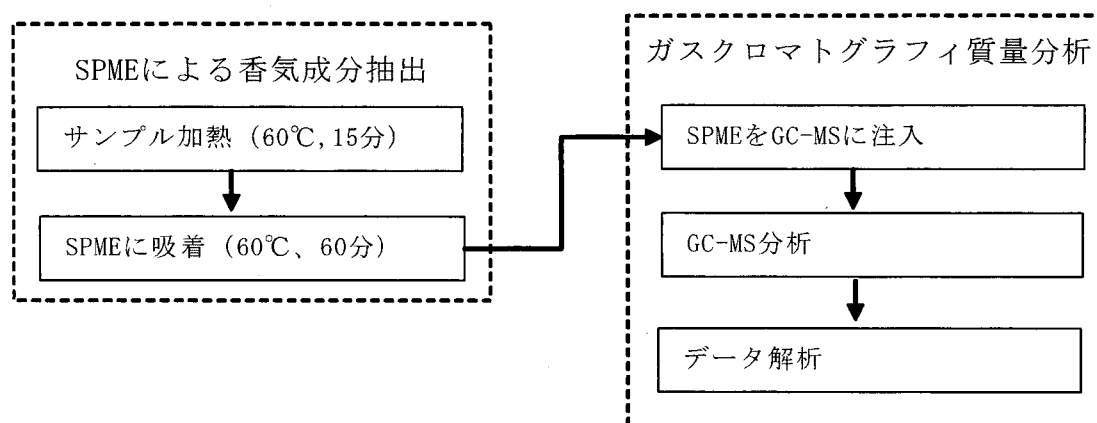


図 2-9 SPME を用いたガスクロマトグラフィ質量分析手順

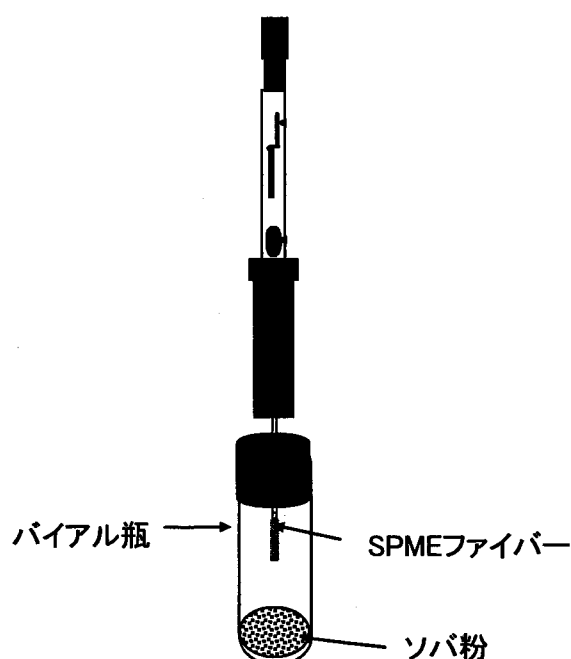


図 2-10 SPME による香气成分抽出方法

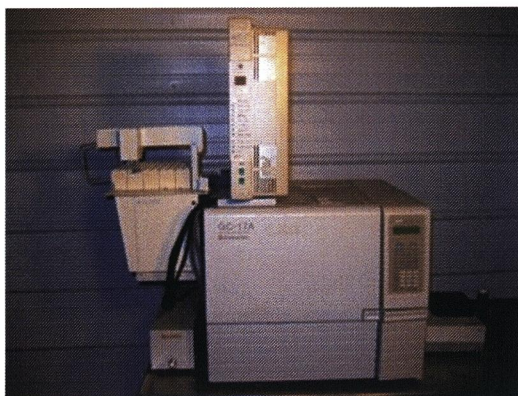


図 2-11 ガスクロマトグラフ質量分析計
(GC-17A, 島津製作所製)

第 4 章は GC・MS・匂い嗅ぎ装置を用いた。これは、そばから抽出された匂いをヒトが匂い嗅ぎ装置で嗅いでターゲット成分の保持時間を確認し、その後、この保持時間の匂い成分について GC・MS で、ターゲット成分のピーク強度を測定するものである。

具体的な測定手順を図 2-12 に示す。ソバ粉を減圧下において連続的に水蒸気蒸留により抽出し、硫酸アンモニウムにより脱水した。吸着剤 (TENAX-TA, SUPELCO 社) を 2 g 充填したカラムに吸着させ、エタノールで溶出した後、エバポレーターで濃縮し分析試料とした。調整した試料は「小豆様の匂い」を呈することを確認した。分析試料はガスクロマトグラフにセットした匂い嗅ぎ装置 (ODO1、島津製作所製) を介して官能検査を行い、官能評価で「そば臭」と定義した「小豆様の匂い」を発する成分を探索した。「そば臭」は保持時間 (ピーク出現時間) 17 分に検出された。この成分を分析のターゲットとして検出能力の高い GC・MS (GC-17A、島津製作所製) により分析試料を分析し、各サンプルのターゲット成分のピーク面積を比較した。

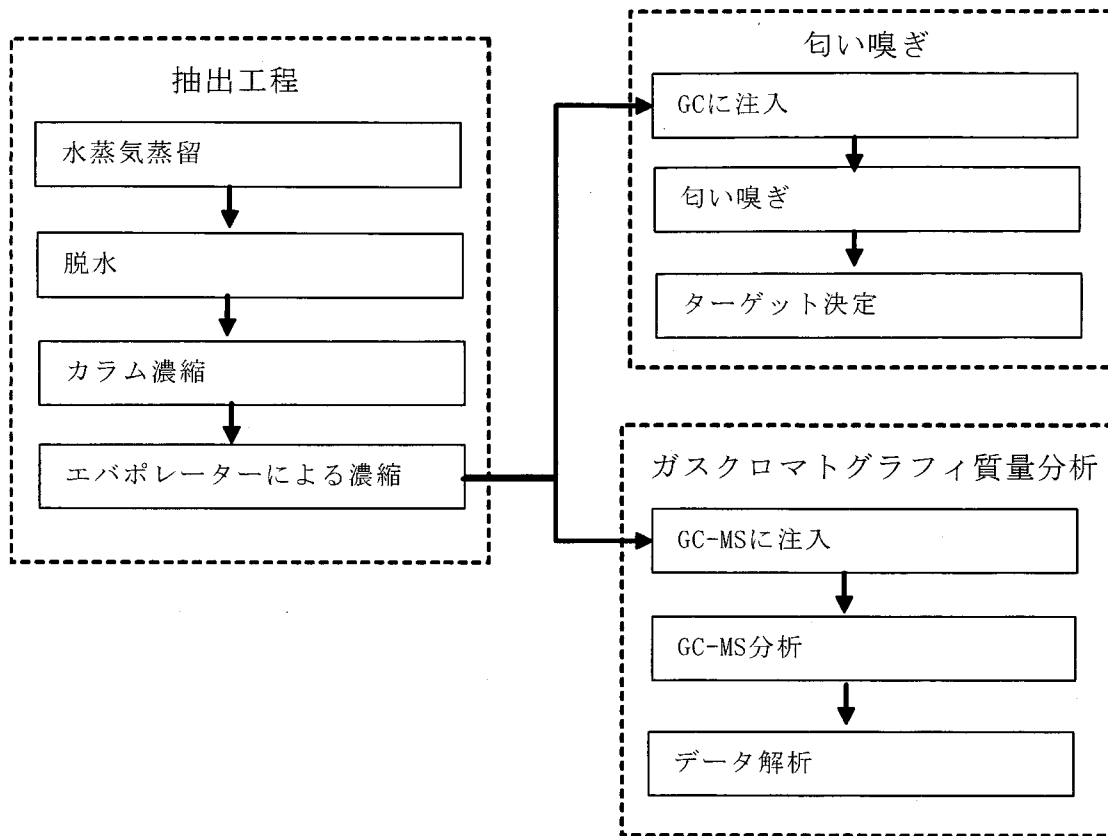


図 2-12 匂い嗅ぎ法を用いた GC-MS 分析手順

2-5 テクスチャーアナライザ

2-5-1 概論

食品のテクスチャーは口内での総合的な物理的食感と捕らえられている。風味と同様に食品の特性として重要視されている^{62)・64)}。Szczesniak ら⁶⁵⁾は、これらの感覚をテクスチャープロファイルとして整理しており(表 2-3)、力学的特性、幾何学的特性およびその他の3つの部分から構成されている。その性質の主要な部分は力学的特性で、機械的な測定方法によるテクスチャーの解析が検討されている^{66)・68)}。

最近開発されたテクスチャーアナライザ⁶⁷⁾(図 2-13)は、低速上限運動により食品の圧縮や引っ張り動作を行い、生じた力や変形するまでの時間により、食品の力学的変化を捕らえることができ、実際の咀嚼運動と関係が深い測定器

と言われている。また、咀嚼したり、手でこねたりと、実際に食品が扱われる時と同じような条件で測定しようとするものもあり、経験的に食品の物性と関連づけられた特性値を測定することを目的としているので、食品に変形を与えるプランジャーは測定する試料の種類や形によって適当なものを選ぶことが大切である。

表 2-3 Szczesniak⁶⁵⁾のテクスチャープロフィール

	1次特性	2次特性	一般用語	特性の内容(定義)
機械的特性	かたさ		やわらかいー歯ごたえのあるーかたい	一定の変形をさせるのに必要な力
	凝集性	もろさ	ポロポロのーガリガリのーもろい	食品を形づくっている内部結合力 食品を破壊するときの力のかたさと凝集性に関係
		咀嚼性	やわらかいー強靱な	固形食品を飲み込める状態にまで咀嚼するのに要するエネルギー
		ガム性	くずれやすいー粒状ー糊状ーゴム状	かたさ、凝集性、弾力性に関係 半固形状食品を飲み込める状態までに砕くのに必要なエネルギー
	粘性 弾力性 付着性		サラサラしたー粘っこい 塑性のあるー弾力のある ネバネバするー粘着性ーベタベタする	かたさ、凝集性に関係 単位力で流動する度合い 外力による変形が、力を取り去ったときにもどる割合 食品の表面と他のもの(舌、歯、口蓋など)の間の引力に打ち勝つのに要する力
幾何学的特性	粒子の大きさと形 粒子の形と方向性	砂状、粒状、粗粒状 繊維状、細胞状、結晶状		
その他の特性	水分含量 脂肪含量	油状グリース状	乾いたー湿ったー水気のあるー水気が多い 油っこい 脂っこい	

(川端らより改編⁶⁷⁾)

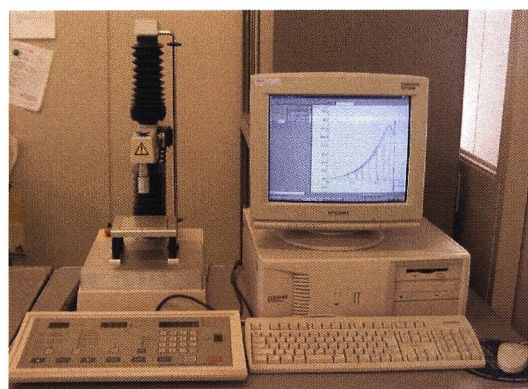


図 2-13 テクスチャーアナライザ

左; テクスチャーアナライザ本体 右; 引っ張り試験プランジャー

2・5・2 そばのテクスチャー測定

テクスチャーの評価には、ソバ粉 80%と小麦粉 20%をよく混合し、これらの粉に対し、30%の水をミキサーにより混合し、1.2mm に圧延後、幅 1.7mm に裁断して3分間茹でたそば切りを試験に供した。テクスチャー測定には、試料表面の均質性が重要であるため⁶⁸⁾、測定するサンプルは破断や切れ目のない、均質のサンプルを使用した。測定試料のそば切りは、引っ張り専用プランジャーにセットし、クリアランス 5mm、プランジャー速度 3mm/sec で麺を引っ張り、麺が破断する際の力「抗張力」、および破断するまでの時間から麺の伸びを測定した「伸長度」を測定値として用いた。このテクスチャー分析は各サンプルについて5回行なった。

第3章 そばの風味とテクスチャーに及ぼす保存日数の影響

3-1 背景

そば切りは、風味やテクスチャーが重要視され、ソバを挽いてすぐに麺に加工することが好ましいと言われるが、これは製粉後時間の経過と共に風味やテクスチャーが変質しやすいと考えられているためである。しかしながら、これらの変化を計測する方法は官能評価に頼る部分が大きいいため客観性が乏しい。最近、機器分析による計測も報告されており、ファリノグラフや遊離脂肪酸、GC-MS等の計測を用いた客観的な評価の検討がなされてきている^{39)・41)}。例えば遠山らは、ファリノグラフ、アミログラフ、テンシプレッサーによる引っ張り試験により物性の評価方法の確立を試みており、産地別に異なる分析値を示した³⁸⁾。また遠山らは、ファリノグラフにより保存日数経過とともに粘度が低下することを示した³⁶⁾。しかしながら、風味やテクスチャーの官能特性と機器分析の双方から詳細に検討した報告はみられない。

企業では、通常、そばの製粉後から出荷まで1～2週間程度保存している。このため、良質なソバ粉の提供には製粉後いかに風味を変質させないかが重要であり、ソバ粉の品質変化を把握し、対策を講じる必要がある。

今回は、クラフト包材に封入したソバ粉の保存日数の影響について官能評価および種々の機器で測定し、官能評価に代わる客観的手法の可能性を検討することを目的とする。具体的には、製粉後0日、7日および14日目のソバ粉について官能評価を行い、これと同じサンプルについて、味覚センサ、GC-MSおよびテクスチャーアナライザなどの機器を用いて客観的測定を行い、これらの測定が官能評価とどのような関係にあるのかを検討することである。

3-2 方法

3-2-1 テストサンプル

実験には北海道産ソバ（キタワセソバ）を使用し、石臼で挽砕した直後1kgをクラフト包材に入れ、25℃湿度約60%の条件で14日間保存し、保存0日目、7日目、14日目のサンプルをテストサンプルとした。ソバ粉の歩留まりは殻の

付いた状態の玄ソバに対し 54%だった。穀物粉の包材として一般的に使用されるクラフト素材の包材を選定した。

3-2-2.成分分析

ソバ粉試料の基本特性を調べるため、水分、灰分、蛋白質の成分分析および糊化特性を調べた。水分は、135℃で 2 時間乾燥し、水分計 (DF410, ヤマト科学社) を用いて測定した。灰分は、550℃で 12 時間灰化させ、残った灰の量を測定し、サンプリング重量に対する百分率により求めた。蛋白質は全窒素測定器 (Rapid N, ELEMETAR 社) により全窒素量を測定し、窒素たんぱく換算係数 6.25 を乗じて求めた。糊化特性は Rapid Visco Analyzer (RVA-3D, Newport Scientific 社) を用い、ソバ粉 4 g に水 25ml を加えて調べ、最高粘度を測定した。また、測定は 1 つのテストサンプルにつき 1 回の測定とした。

表 3-1 コントロールサンプルの保存日数による成分変化

保存日数	0 日目	14 日目
水分 (%)	14.9	14.8
灰分 (%)	0.5	0.4
粗蛋白質 (%)	12.6	12.6
RVA (BU)	585.0	600.0

3-2-3 官能評価

テストサンプルの官能評価は、コントロールサンプルと比較する相対評価で行なった。今回はコントロールサンプルとして、挽砕後 0 日のソバ粉 1kg を脱酸素剤入りのガスバリア性フィルム包材に 14 日間保管したものを使用した。理由として表 3-1 に示すように、このサンプルの水分、灰分、蛋白質含有量および糊化特性を Rapid Visco Analyzer (RVA-3D, Newport Scientific 社) を用いて調べた結果、-18℃にて 14 日間保管した後もほぼ変化がないことが確認

されたためである。このサンプルを官能評価値 3.0 として、各温度で保存したテストサンプルの官能評価を行なった。

3-2-3-1 味覚に対する官能評価

各温度条件で保存したソバ粉 80 g に熱湯 100 g を入れそばがきを作成し、味の官能評価を行った。評価パネラーは食品開発に従事し、日常的にそばの官能評価を行っている男女の研究者 6 名とした。評価の対象となるソバ粉を利用し、そばの味の特徴を描き出す表現用語の収集を行い、そばを表現する評価項目 7 項目を抽出した。評価項目は「甘味」、「渋味」、「酸味」、「苦味」、「ピリピリ感」、「小豆味（コク）」、「ヒエ味（雑味）」の 7 項目で、コントロールを標準点 3 点とし、1 点（弱い）から 5 点（強い）の 5 段階相対評価を用いて評価した。

3-2-3-2 匂いに対する官能評価

味の官能評価法と同様にそばがきを作成し、匂いの官能評価を行った。そばの香りに関してはそばの特徴と考えられる「あずき様の匂い」を発する成分を「そば臭」として官能評価の対象とした。味覚と同様にコントロールサンプルの評価点を 3 点とし、1 点（弱い）から 5 点（強い）の 5 段階相対評価を用いた。

3-2-3-3 テクスチャーに対する官能評価

テクスチャーの官能評価はソバ粉 80%、小麦粉 20%をよく混合し、これらの粉に対し 30%の水を添加後ミキシングし、1.2mm に圧延後、幅 1.7mm に裁断したそば切りを作成し、3 分間茹でたそば切りを試験に供した。評価項目は「硬さ」、「滑らかさ」の 2 項目とし、コントロールを標準点 3 点とし 1 点（弱い）から 5 点（強い）の 5 段階相対評価を用いて評価した。

3-2-4 味覚センサ分析

味識別センサ(SA402B, インテリジェントセンサテクノロジー社)を用いて、味の客観的な測定を行った。

まず、各温度条件で保存したソバ粉 80g に熱湯 100g を入れ、そばがきを作成した。その後、超純水で6倍に希釈し、回転数 3500rpm、遠心時間 10 分間で遠心分離を行い、これにより得られた上清を用いて味覚センサで分析を行った。分析には表 2-1 に示す8種類のセンサを使用した。また測定の手順は図 2-6 に示した手順で行った。

3-2-5 GC-MS (固定マイクロ抽出法) 分析

匂い分析は固相マイクロ抽出 (SPME) 法を用いた。SPME の厚さは 65 μ m で、PDMS-DVB でコーティングしたものを使用した。テストサンプル 2g をバイアル瓶に入れセプタムで密閉した後、60 $^{\circ}$ C で 15 分間加熱した。ヘッドスペースに SPME (SUPELCO 製) を挿入後、60 $^{\circ}$ C で 60 分間加熱し、得られた揮発性成分をガスクロマトグラフィー質量分析計 (GC-17A、島津製作所製) で分析した。今回は、そば香気成分として既に報告されている約 17 分から 27 分に検出された揮発性分をターゲット成分としてそのピーク面積を計算した。ガスクロマトグラフィーの分析条件を表 3-2 に示す。匂いの分析は、各サンプルで1回行なった。

表 3-2 ガスクロマトグラフィーの分析条件

カラム	DB-5
キャリアーガス	He 流量1.0ml/min
インジェクション温度	250 $^{\circ}$ C
オープン温度	50 $^{\circ}$ C (4 $^{\circ}$ C/min) \rightarrow 170 $^{\circ}$ C (15 $^{\circ}$ C/min) \rightarrow 230 $^{\circ}$ C

3-2-6 テクスチャー分析

テクスチャーアナライザ(TA-XT2i, SMS 社)を用いて、テクスチャー分析を行った。実験に用いたテストサンプルそば切りはテクスチャーの官能評価と同じ方法で作成し、引っ張り試験を行った。測定試料は引っ張り専用プランジャーにセットし、クリアランス 5mm、プランジャー速度 3mm/sec で麺を引っ張り、麺が破断する際の力「抗張力」、および破断するまでの時間から麺の伸びを測定した「伸長度」を測定値として用いた。このテクスチャー分析は各サンプルについて 5 回行なった。

3-2-7 統計学的検定

官能評価、味覚センサ分析、テクスチャー分析では、一次元配置の ANOVA 解析を行い、有意になった場合に Paired *t*-test を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。

3-3 結果

3-3-1 成分分析

表 3-3 に成分分析の測定結果を示した。保存日数が経過するにつれ水分は減少し、0 日目で 15.1%の水分が 14 日目では 12.3%と減少した。また、RVA の最高粘度については保存日数が長いほど高値を示す傾向にあった。

表 3-3 テストサンプルの保存日数による成分変化

保存日数	0 日目	7 日目	14 日目
水分 (%)	15.1	14.2	12.3
灰分 (%)	1.9	1.9	1.9
粗蛋白質 (%)	11.3	11.3	11.6
RVA (BU)	880.0	1045.0	1170.0

3-3-2 官能評価

3-3-2-1 味覚に対する官能評価

図 3-1 に味に対する官能評価の結果を示す。「苦味」については、保存日数が長い程、苦味が強くなる傾向であった。「渋味」についても「苦味」と同様に、保存日数が長い程、渋味が強くなっていた。一方、「甘味」、「酸味」、「ピリピリ感」、「小豆味（コク）」および「ヒエ味（雑味）」についてはあまり変化が見られなかった。

ANOVA 解析の結果、「苦味」および「渋味」のいずれも保存日数の期間に依存して有意 ($P < 0.001$) に変化することがわかった。Paired t -test の結果、「苦味」について各保存日数の試料間に有意差がみられ、0 日目のサンプルに対して 7 日目および 14 日目の評価値は有意に増加していた ($P < 0.003$ および $P < 0.002$)。また、「渋味」についても同様の結果で、7 日目および 14 日目の評価値は 0 日目の評価値よりも増加していた ($P < 0.05$, $P < 0.002$)。以上の結果から、ソバ粉は保存すると味が変わり、特に「苦味」、「渋味」に影響を与えることが示唆された。

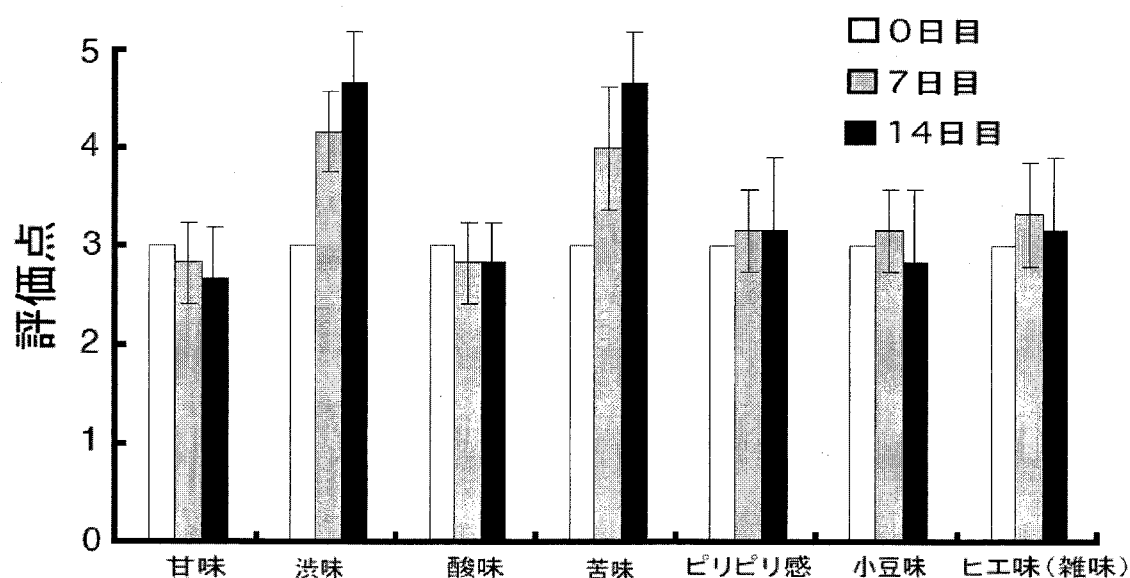


図 3-1 味に対する平均官能評価

3-3-2-2 匂いに対する官能評価

図 3-2 に匂いに関する官能評価の結果を示す。味の官能検査と同じく日数を経つと匂いが弱くなっていた。ANOVA 解析の結果、保存日数に依存して「ソバの香り」が有意 ($P < 0.01$) に減弱していることがわかった。また Paired t -test の結果、保存試料別のサンプル間では保存日数 0 日目の評価値に対して 14 日目の評価値は有意に減少していた ($P < 0.05$)。

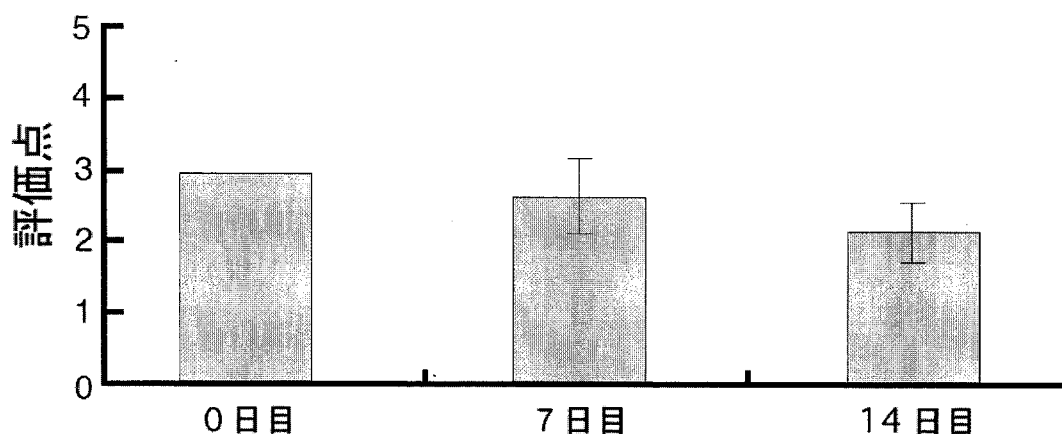


図 3-2 匂いに対する平均官能評価

3-3-2-3 テクスチャーに対する官能評価

図 3-3 にテクスチャーに関する官能評価を示す。「硬さ」については、7日目では官能評価は変化が見られなかったが、14日目に評価値が高くなっていた。一方、「滑らかさ」については、保存日数が長くなるほど徐々に評価値は減少していた。ANOVA の結果、保存日数に依存して「硬さ」も「滑らかさ」も有意に変化していることがわかった ($P < 0.05$)。Paired t -test の結果、「硬さ」については 0 日目の評価値に対して 14 日目の評価値は有意に大きかったが ($P < 0.05$)、「滑らかさ」については、7日目および 14 日目の評価値の間に有意な差はなかった。以上の結果から、テクスチャーについては、14 日目のサンプルで 0 日目のサンプルより硬くなることが示された。

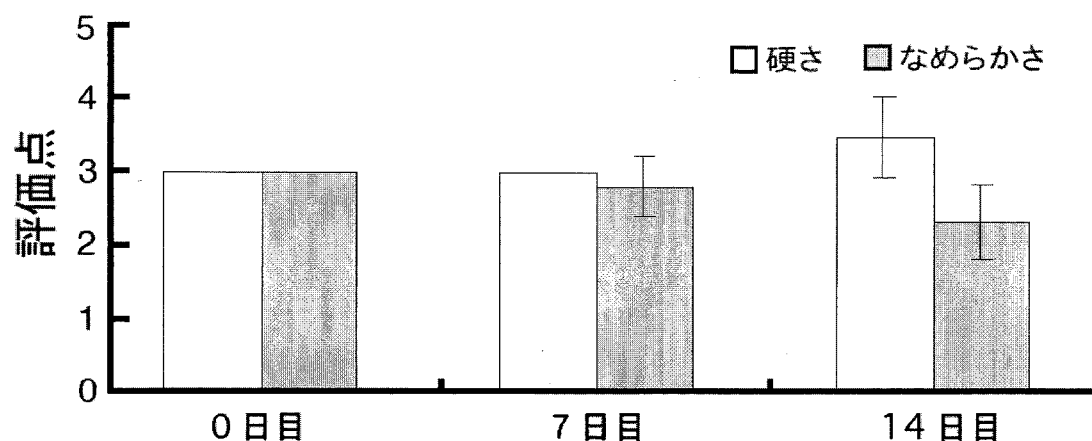


図 3-3 テクスチャーに対する平均官能評価

3-3-3 各種機器による分析

3-3-3-1 味覚センサによる測定

表 3-4 に 8 種の味覚センサにより得られた応答出力の平均値 \pm SD を示した。ANOVA の結果、センサ間に高度の有意差 ($P < 0.001$) があり、保存日数にも高度に有意差 ($P < 0.001$) が示された。Student's *t*-test の解析の結果、全てのセンサで統計的有意差を認めた ($P < 0.05$)。特に、6ch および 8ch は 7 日目および 14 日目の測定値が 0 日目の測定値に対して高度の有意差 ($P < 0.001$) を示していた。

表 3-4 味覚センサの出力応答

	0日目(mV) 平均 \pm SD	7日目(mV) 平均 \pm SD	14日目(mV) 平均 \pm SD
1ch	-2.54 \pm 1.02	-1.60 \pm 1.08	1.91 \pm 1.15*
2ch	-2.83 \pm 0.53	4.47 \pm 0.70***	6.50 \pm 1.34***
3ch	-27.76 \pm 3.15	-6.20 \pm 2.62**	38.55 \pm 1.95***
4ch	-23.00 \pm 3.71	-6.00 \pm 3.01*	30.57 \pm 3.74***
5ch	4.68 \pm 2.44	-6.93 \pm 1.25*	4.42 \pm 0.20
6ch	12.54 \pm 0.17	-0.16 \pm 0.13***	-10.80 \pm 0.36***
7ch	2.05 \pm 1.15	-12.60 \pm 3.73*	-1.82 \pm 1.15*
8ch	11.17 \pm 0.41	-0.44 \pm 0.84***	-10.99 \pm 0.19***

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$

さらに味覚センサの応答出力について、主成分分析を行った（図 3-4）。主成分 1 の寄与率は 94.05%、主成分 2 の寄与率は 5.49% となり、主成分 1 が寄与率の大部分であることがわかった。図より、主成分 1 は日数と共に変化しており、味覚センサが日数による味の違いを識別していることがわかる。また第一主成分の固有ベクトルは苦味を示す 3ch が 0.72、4ch が 0.59 と大きく、第一主成分は日数による苦味の増加を示していることが推察できた。

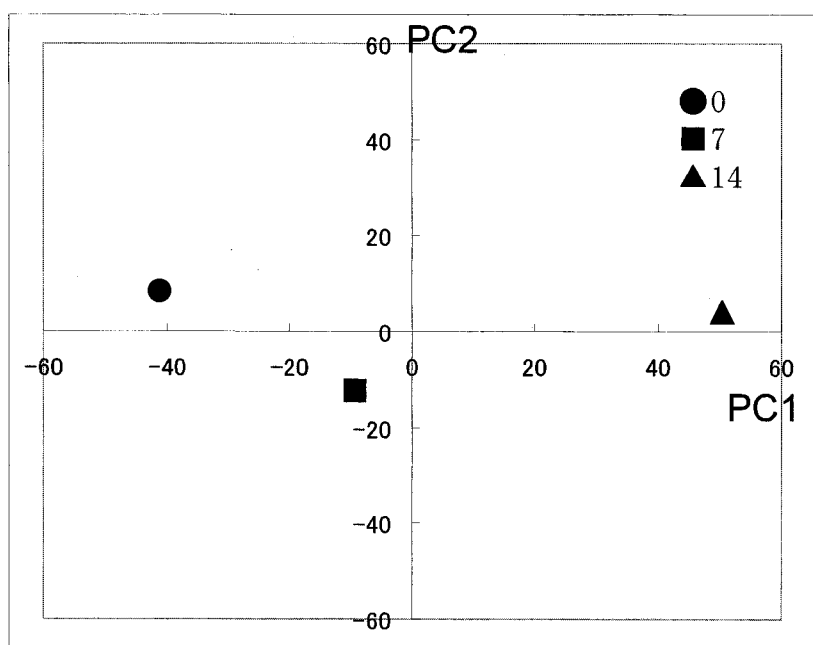


図 3-4 味覚センサ出力応答の主成分分析

表 3-5 味覚センサ出力応答の主成分分析の固有ベクトル

	1ch	2ch	3ch	4ch	5ch	6ch	7ch	8ch
PC1	0.048	0.094	0.726	0.590	0.024	-0.244	-0.011	-0.232
PC2	0.013	-0.190	0.077	0.108	0.592	0.240	0.701	0.216
PC3	0.068	0.382	-0.574	0.695	-0.084	-0.018	0.092	0.143
PC4	0.809	-0.229	-0.199	-0.047	0.050	-0.233	0.120	-0.424
PC5	0.061	-0.211	-0.095	0.199	0.627	0.205	-0.684	0.020
PC6	0.119	0.761	0.063	-0.339	0.435	-0.310	-0.024	0.039
PC7	0.557	0.197	0.289	-0.024	-0.238	0.518	-0.108	0.479
PC8	0.101	-0.306	0.014	0.022	-0.006	-0.650	-0.073	0.684

3-3-3-2 GC-MS による測定

GC-MS の分析により得られたクロマトグラムのマスペクトル (図 3-5) から、そば粉に含まれる揮発性成分を推定した。そば香气成分として報告⁶⁹⁾のあるアルデヒド類、アルコール類およびナフタレン系化合物検出された (表 3-6)。ピークの総計量を算出し、テストサンプルの比較を行った (図 3-6)。粉碎直後のサンプルの総計量が約 10×10^8 であるのと比較し、7日後のサンプルで約 1.8×10^8 、14日後は約 1.0×10^8 と保存日数とともに減少した。

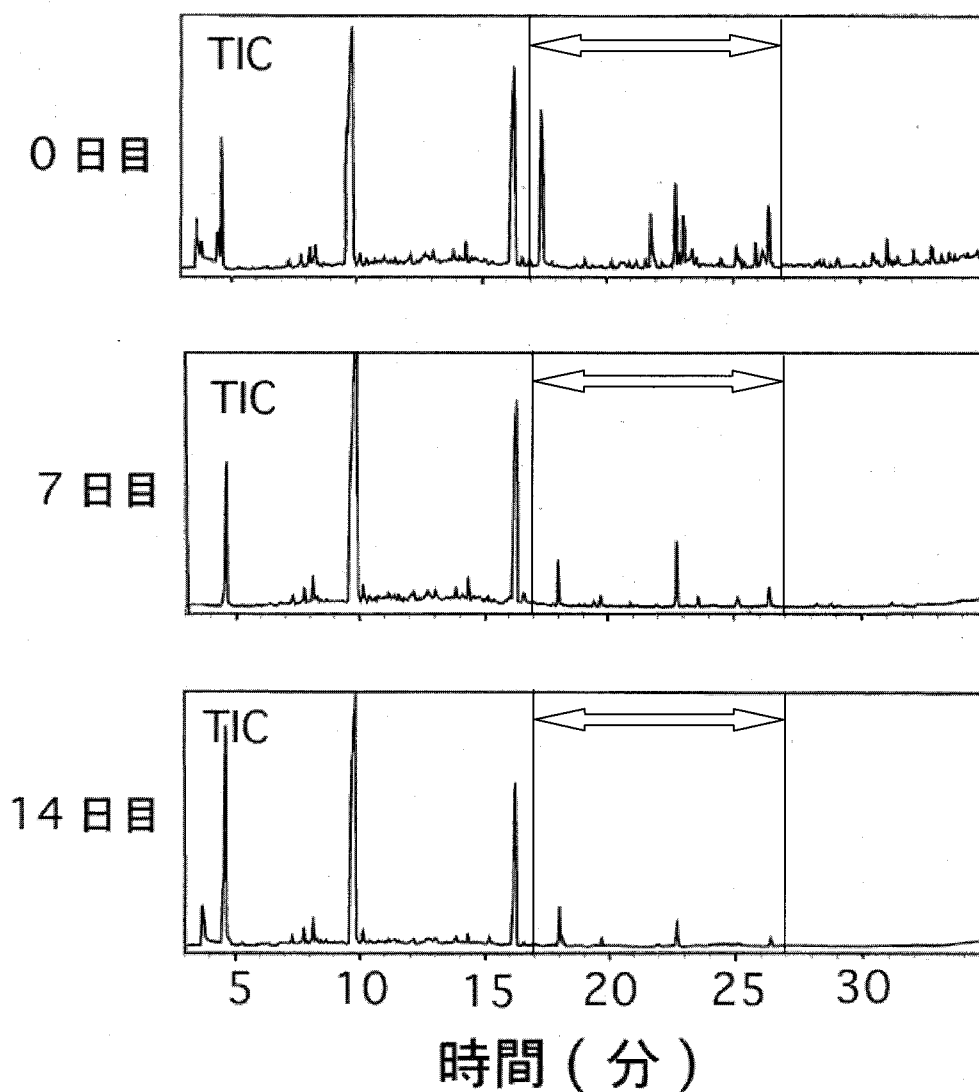


図 3-5 GC-MS による測定結果

トータルイオンクロマトグラム(TIC)

矢印：匂い分析範囲

表 3-6 GC-MS で検出されたそばの香りに特異的な香気成分

保持時間 (分)	推定される成分	(day)		
		0	7	14
17.44	2-ethyl-1-Hexanol	560410478	5308887	61675866
17.81	2,4-dimethyl-3-Pentanol	4914102	80452792	19298513
19.15	2,5-bis(trimethylsilyloxy-Benzaldehyde	15166966	4299494	1687670
19.69	2-ethyl-4-methyl-1-Pentanol	5800705	26670803	4269540
21.79	アルコール類	99494396	18817509	1144560
22.91	3-methyl-1-Hexanol	33154102		
23.08	2-ethoxy-1-propanol	101335797		
23.41	1-nonanol	45275647		
23.60	1,2,3,4,4a,7-hexahydroNaphthalene	25173356	23039451	5492256
25.15	Naphthalene類	46013006	26163808	9819595
25.88	アルコール類	44875234		
26.19	Dodecanal	69008170		
	AREA合計	1050621959	184752744	103388000

※値は AREA 保持時間・・・ピークの検出時間

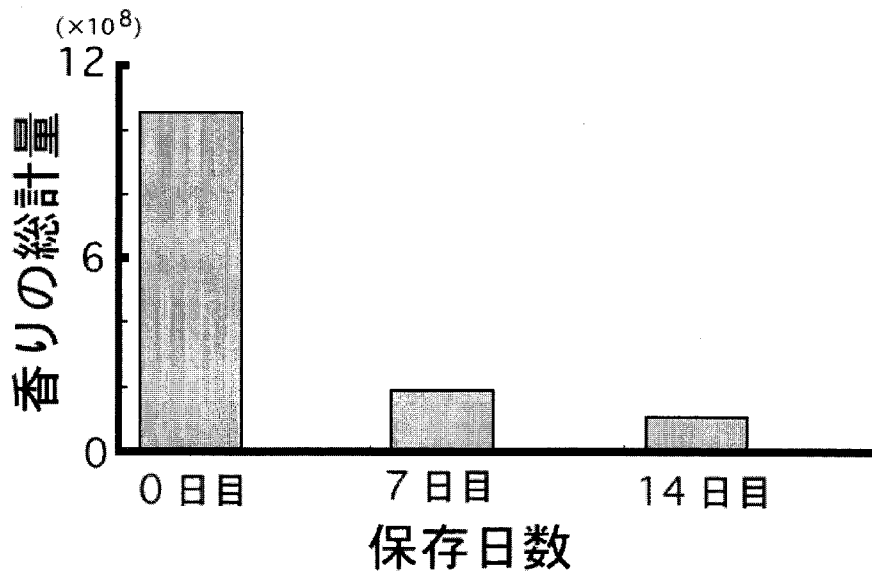


図 3-6 GC-MS による分析結果
各サンプルの香りの総計量

3-3-3-3 テクスチャーアナライザによる測定

図 3-7 に物理測定の実例を示す。図より 0 日目のサンプルに比べ、7 日目、14 日目は明らかに伸長度が小さくなっていることがわかる。

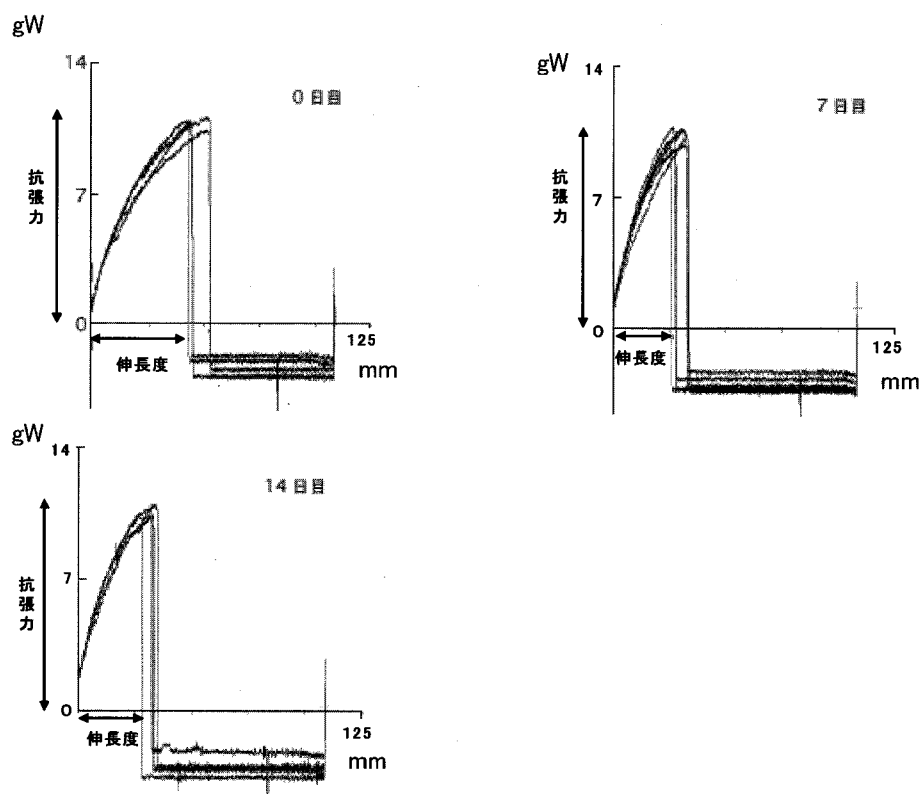


図 3-7 テクスチャーアナライザによる引っ張り試験測定例

また図 3-8 にそば切りの抗張力と伸長度における 5 例の結果を示す。抗張力は 0 日目が 11.58gw、7 日目が 11.11gw、14 日目が 11.39 とあまり差がなく、伸長度は 0 日目が 27.95mm、7 日目が 18.05mm、14 日目が 18.48mm となった。ANOVA 解析の結果、伸長度は保存日数に依存して有意に変化した ($P < 0.001$)、抗張力については有意差がみられなかった。Student's *t*-test の結果、保存日数 0 日目の測定値と比較して 7 日目および 14 日目の伸長度は有意に低い値となった ($P < 0.001$)。

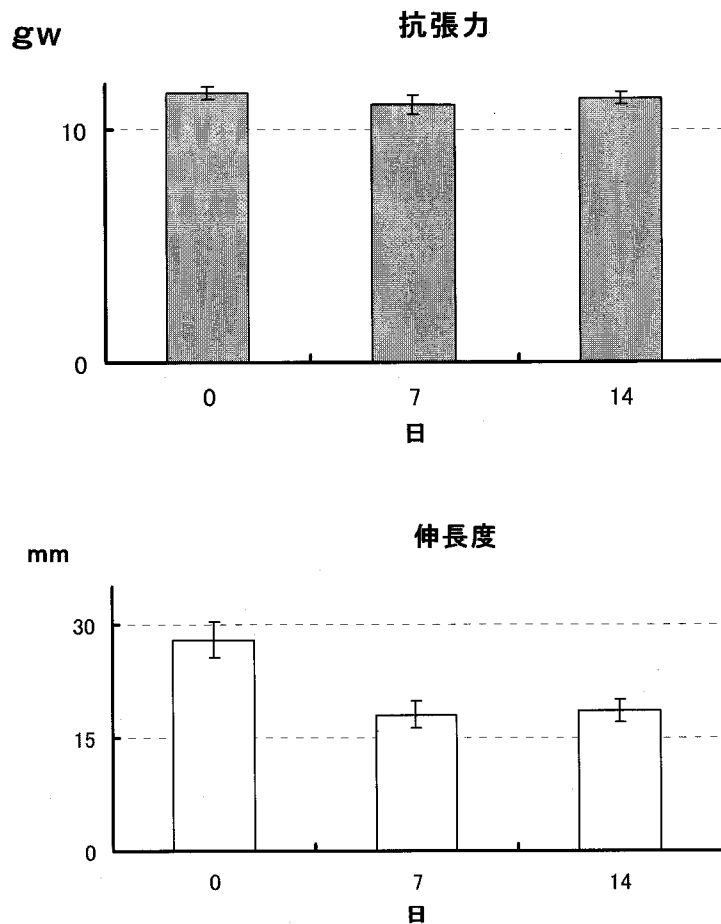


図 3-8 テクスチャーアナライザによる引っ張り試験測定結果

3-3-4 官能評価と機器測定値との相関

表 3-7 に「苦味」および「渋味」に対する官能評価と味覚センサの測定値との相関を示す。5ch および 7ch をのぞいて各センサとも高い相関を示していた ($P < 0.01$)。

テクスチャーの官能検査において「硬さ」については有意差が示されたが、この「硬さ」とテクスチャーアナライザにおける「抗張力」、「伸長度」および RVA 最高粘度の計測値との相関を求めた。しかしながら、その結果は、官能評価「硬さ」と「抗張力」との相関係数が 0.004、同様に「伸長度」との相関が 0.09、「RVA 最高粘度」との相関が 0.27 と低い値であった。

表 3-7 官能評価（苦味・渋味）と味覚センサ出力の
相関

味覚センサー	官能評価	
	苦味	酸味
1ch	0.01	0.14
2ch	0.00	0.74
3ch	0.21	0.63
4ch	0.34	0.70
5ch	0.00	0.88
6ch	0.00	0.44
7ch	0.02	0.70

3-4 考察

3-4-1 成分分析

成分分析の結果では、保存日数の経過とともに水分が減少していることがわかり、そばの風味変化に影響を与えていることが示唆された。これは日数とともに水分が蒸発し、結果的に水分値が減少したと考えられる。水分は澱粉の糊化特性に影響することからこれらの水分の変化は、そばのテクスチャー⁷⁰⁾になんらかの影響を与えていることが考えられる。

3-4-2 味の評価

味の官能評価では、「苦味」、「渋味」でテストサンプル間に有意差があり($P < 0.01$)、0日目と比べ7日目、14日目は評価点が高くなった。このことは日数の経過とともにそばの苦味、渋味が増すことを示しており、一般的に時間が経つとそばの風味が劣るといわれることと一致している。一方、その他の評価項目では有意差はなかった。しかしながら、時間の経過とともにソバ粉の「甘味」に対する評価値は低下している傾向であった。また、「ヒエ味（雑味）」についても、保存日数が経つほど、強くなる傾向にあることが示唆されたが、統計的には有意ではなかった。これらのことから、日数経過に伴う風味の低下は、「苦

味」、「渋味」といったそばの風味としては不快を感じる味が強くなることが原因と推察できる⁷¹⁾。

味覚センサによる測定では Student's *t*-test の解析の結果、全てのセンサで統計的有意差を認め ($P < 0.05$)、保存日数によって味が変化することが示唆された。主成分分析の結果から、主成分 1 は日数経過に伴う苦味・渋味を示していると考えられる。また主成分 1 は官能評価「苦味」と 0.68、官能評価「渋味」と 0.66 と高い相関を示した。主成分 2 は雑味を示す 5ch と 0.59、旨味を示す 7ch と 0.7 と高い固有ベクトルを示した。5ch と 7ch は官能評価「苦味」、「渋味」と相関がなかったセンサであり、官能評価では分析できなかったなんらかの味変化を捕らえていると考えられる。また官能評価と同様に日数経過に依存し味覚センサの応答出力が変化していることが推察され、味覚センサは日数経過に伴う味の変化を測定する有効な手段であり、そばの味の差を客観的に測定できることが示唆された。

今後、他の官能評価項目についてもデータを蓄積し、味覚センサとの相関を確認することにより、味覚センサはそばの味の客観的評価に有効な手段になるものと思われる。

3-4-3 匂いの評価

そばは日が経つと香りが劣るといわれるが、匂いの官能評価で、保存日数の経過と共に匂いが減少することがわかった。一方、GC-MS による分析では、そばの匂いを呈すると考えられる複数の成分が検出され（保持時間約 17 分から 26 分まで）、それらの成分は保存日数とともに減少することがわかった。また保存サンプルは粉碎直後のサンプルより揮発成分のピークが減少していることがトータルイオンクロマトグラムからも確認できた。このように官能評価値と GC-MS による質量分析値とも保存日数の増加に伴い減少していることが示されたが、今回は GC-MS による分析が 1 例のために二つの間の相関を検討するには至らなかった。

今後は匂い嗅ぎ法を用い、GC-MS で検出された成分の個々の官能評価を多数行い、そばの香りの官能評価と GC-MS による計測結果との相関を検討することが重要と思われる。

3-4-4 テクスチャーの評価

テクスチャーの官能評価では、「硬さ」については有意差があり、日数経過とともにそば切りの硬さが異なることがわかった。一方「なめらかさ」について有意差はなかったものの、14日目で「なめらかさ」が減少するという評価のパネラーが多かった。いずれにせよ日数経過とともに、そば切りの食感は変化することがわかった。

一方、テクスチャーアナライザでは「伸長度」でテストサンプル間に有意な差がみられた ($P < 0.01$)、0日目の平均値で 2.28cm、7日目で 1.77cm、14日目で 1.52cm となり伸長度が小さくなっている。伸長度はそば切りを引っ張って切れるまでの時間から算出していることから、日数経過とともにそば切りは切れやすくなっておりつながりが弱くなり、もろくなっていることが推察できる。このことから、日数経過とともにそば切りのテクスチャーが変化したことが確認できた。

官能評価における「硬さ」および「滑らかさ」の評価値とテクスチャーアナライザで得られた「抗張力」および「伸張度」の測定値との関連性を確認したところ、いずれの項目でも高い相関は確認できなかった。この理由として、一つ目は、テクスチャーアナライザでは「抗張力」の変化が無いのに対し「伸長度」の変化が著しいことから、そば切りが硬くなっているのに加えてもろくなっていることが想定でき、官能検査で評価した硬さと今回の伸張度の変化とは質が異なっていることが推察された。二つ目は、官能評価では硬さは0日目の評価値と7日目の評価値がほとんど変化なく、14日目に評価値が大きく変化していた。一方、テクスチャーアナライザにおける「抗張力」は変化が無い。また「伸長度」は0日目から7日目に顕著な減少を示し、14日目は7日目とあまりかわらない減少であった。このようにいずれのパラメータも保存日数に依存して変化はするが、その変化の過程が異なるために官能評価の「硬さ」と「抗張力」および「伸張度」との相関が見られなかったことが考えられる。しかしながら、別な見方をすれば、そば切りの保存日数に依存して伸張度の変化が著しいことから、このパラメータを客観的指標に用いることができる可能性が示唆された。

3-5 小括

本研究では保存日数経過にともなうそばの風味とテクスチャーの変化を官能評価と機器分析により確認し、機器分析による客観的手法の確立を検討した。石臼挽きソバ粉をクラフト包材に 25℃で 14 日間（2 週間）保存し、官能評価と味覚センサ、GC・MS およびテクスチャーアナライザなどの機器分析で、従来から言われている通り、そばの風味は保存中に変化することが明らかとなった。また、官能評価値と機器による測定値との間の相関性を一部示すことができた。具体的には、官能評価では保存日数の経過と共に食味が低下し、苦味や渋味の増加、香りの低下および硬さの増加が起こることが明らかとなった。また、機器分析において、味覚センサでは保存日数経過による「苦味」や「渋味」を示唆するセンサ出力の変化が確認された ($P < 0.05$)。GC・MS では香気成分の減少が確認された。テクスチャーアナライザでは「伸長度」の減少が確認され ($P < 0.05$)、そば切りがもろくなっていることが示唆された。

味覚センサの主成分分析の結果、主成分 1 で保存日数の違いが示され、これは官能評価における「苦味」および「渋味」を示すことが推察された。すなわち、味覚センサで保存日数によるそばの味の違いを判別できる可能性が示唆された。

このことから、ここで得られた知見は、ソバ製粉後の保存日数に対する風味変化を抑制するための手法を確立する際の指標として応用できると考えられる

今後さらに客観的手法の精度向上のために、味、香り、テクスチャーに関する測定技術の向上、試験データの蓄積を行い、官能評価との相関性の解析を進める必要がある。

第4章 そばの風味およびテクスチャーに及ぼす保存温度の影響

4-1 背景

第3章では、そばの製粉後、時間の経過とともにそばの風味やテクスチャーが変化することを明らかとした。しかし、工業的なソバ粉の提供は、挽き立て後すぐに使用者に提供することは困難である。従って製粉会社にとっては、如何にして挽き立ての風味やテクスチャーを保持し、ソバ粉として提供できるかが重要である。

遠山ら³⁶⁾は、貯蔵温度 10℃と 30℃でソバ粉を保存し、捏ねたソバの可塑性と流動性を測定するファリノグラフや遊離脂肪酸、水分含有量などの分析を行い、保存温度とソバ粉の化学的变化との関係を捕らえたが、風味やテクスチャーへの影響についてはまでは検証していない。

そこで本研究では、そばの風味やテクスチャーに影響を及ぼす温度変化の影響を官能評価により評価を行ない、各々の官能評価に対応すると推測される分析装置により味や匂いおよびテクスチャーの変化を客観的に計測し、風味および食感の保持に影響する保存温度の検討を行なった。また、官能評価とこれらの分析機器による客観的計測データとの相関を調べることにより官能評価に代わる客観的手法の可能性を検討した。

4-2 方法

方法について、成分分析、官能評価、味覚センサ分析、テクスチャーアナライザ分析は第3章と同様な手法で行ったので、ここでは第3章と異なるテストサンプルと GC-MS・匂い嗅ぎ法の項目について記述する。

4-2-1 テストサンプル

実験には北海道産ソバ（キタワセソバ）を使用し、石臼で挽砕した直後、1kg をクラフト包材に入れ、-18℃、5℃、10℃、15℃、25℃の各温度条件で7日間保存し、テストサンプルとした。挽砕の歩留まりは54%だった。サンプルは温度約 25℃、湿度約 60%に1時間放置した後、分析に用いた。

4-2-2 GC・MS・匂い嗅ぎ法

今回用いたソバの GC・MS・匂い嗅ぎ法は、減圧蒸留抽出したサンプルを濃縮し、におい嗅ぎ GC でターゲットの香気成分を決定した後、GC・MS により分析した。具体的には各温度条件で保存したソバ粉を蒸留抽出し、吸着剤 (TENAX-TA, SUPELCO 社) を 2 g 充填したカラムにより抽出した後、エバポレーターで濃縮して分析試料とした。分析試料は GC・MS にセットしたにおい嗅ぎ装置 (ODO1、島津製作所製) を介して官能評価を行い、官能評価で「そば臭」と定義した「小豆様の匂い」を発する成分を探索した。ターゲットは出現時間である保持時間 17 分に検出され、この成分を分析のターゲットとして GC・MS (GC-17A, 島津製作所製) により分析し、ターゲット成分のピーク面積を比較した。香りの分析は、各サンプルで 1 回行なった。

4-2-3 統計学的検定

官能評価、味覚センサ分析、テクスチャー分析では、一次元配置の ANOVA 解析を行い有意の場合に Paired *t*-test を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。

4-3 結果

4-3-1 成分分析

表 4-1 に成分分析の測定結果を示した。いずれの保存温度でも分析値の差は大きく見られなかったが、5°C で保存したソバ粉の水分値が 16.8% と他の保存温度ソバ粉よりも高かった。一方、25°C 保存のソバ粉の水分値は 14.2% と他の保存温度ソバ粉よりも低い値を示した。

表 4-1 成分分析結果

保存温度	水分 (%)	灰分 (%)	粗蛋白質 (%)
コントロール	15.1	1.78	11.3
-18°C	15.5	1.84	11.6
5°C	16.8	1.82	11.5
10°C	14.7	1.72	10.9
15°C	15.4	1.84	11.4
25°C	14.2	1.88	11.3

4-3-2 官能評価

4-3-2-1 味覚に対する官能評価

図 4-1 に味に対する官能評価の結果を示す。各保存温度のソバ粉の「苦味」および「酸味」に対する評価値は、コントロール値よりも増加しており、コントロールを除いたソバ粉について ANOVA 解析を行った結果、「苦味」および「酸味」について試料間に有意差がみられた ($P < 0.01$)。「苦味」については、図 4-1 で示されるように保存温度が高い程、苦味が強くなることが示された。「酸味」については、5°C で最も大きな値を示し、-18°C および 25°C で最も小さな値を示し、温度により大きく変化することがわかった。「甘味」、「渋味」、「ピリピリ感」、「小豆味 (コク)」、「ヒエ味 (雑味)」については、試料間に有意差はみられなかった。以上の結果から、ソバ粉は保存温度によって味が異なり、特に「苦味」、「酸味」に影響を与えることが示唆された。

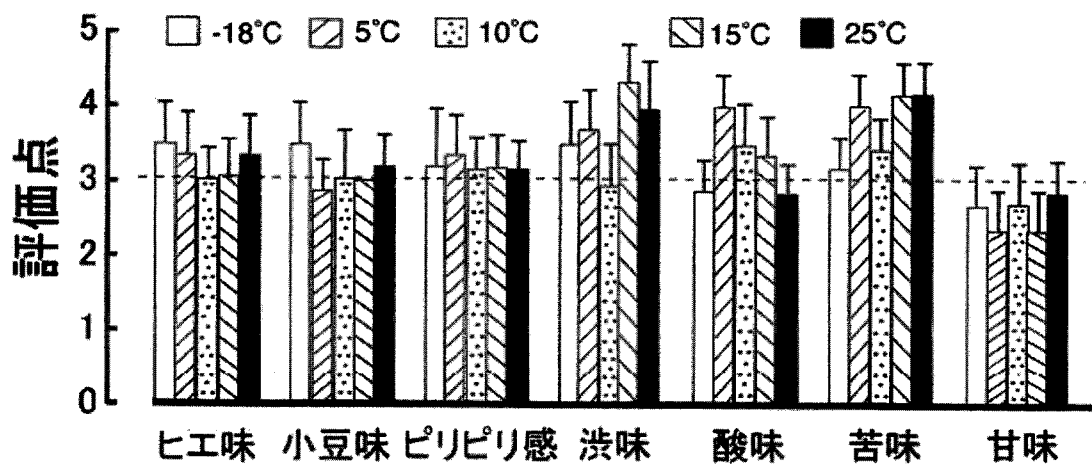


図 4-1 ソバの味に対する平均官能評価

4-3-2-2 匂いに対する官能評価

図 4-2 に匂いに関する官能評価の結果を示す。これらの結果について、ANOVA 解析をおこなったが、統計的有意差は見いだせなかった。

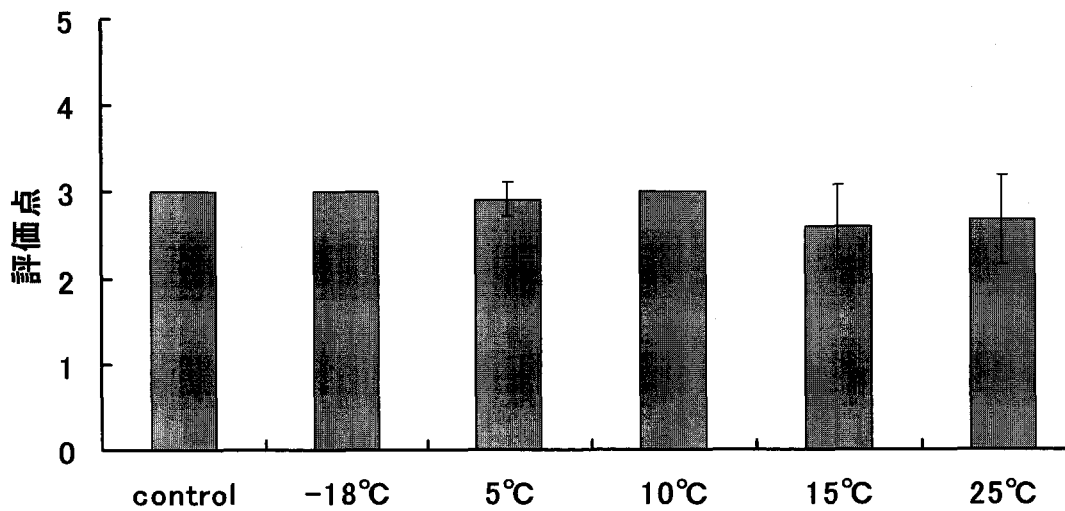


図 4-2 ソバの香りに対する平均官能評価

4-3-2-3 テクスチャーに対する官能評価

図 4-3 にテクスチャーに関する官能評価を示した。コントロール値と比較して、「硬さ」について有意な差があったが ($P < 0.05$)、「滑らかさ」に対する官能評価値の有意な差はなかった。「硬さ」の評価については、5°C 保存で 2.6 と低く食感がやわらかい評価となっていた。

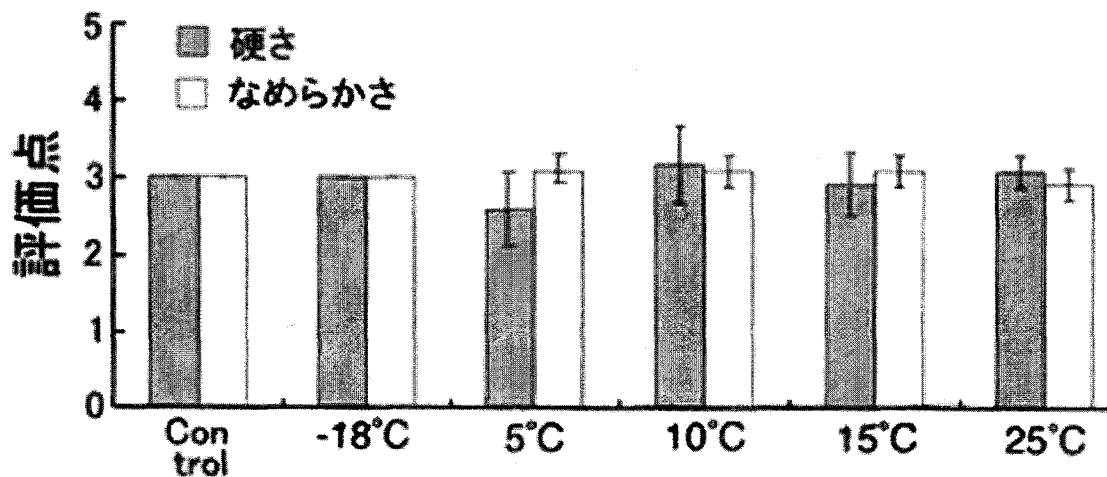


図 4-3 ソバのテクスチャーに対する平均官能評価

4-3-3 各種機器による分析

4-3-3-1 味覚センサによる測定

表 4-2 に 8 種の味覚センサにより得られた応答出力の平均値±SD を示した。保存温度によってセンサ応答の出力が変化しており、ANOVA 解析の結果、1ch、2ch、5ch、6ch、7ch ($P < 0.01$)、3ch、4ch ($P < 0.05$) で統計的有意差を認められた。特に「苦味」、「酸味」および「渋味」を示すとされる 3ch、4ch、5ch、6ch に注目すると、5℃以外の保存温度において、3ch では約-11mV から約-6mV の範囲で推移しているのに対して 5℃保存サンプルでは約-12mV であった。また 4ch、5ch および 6ch でも、5℃以外の保存温度において、それぞれ約-11mV ~ 約-5mV、約-7mV ~ 約-4mV、約-0.1mV ~ 約 2mV の範囲に対して-12mV、-16mV、6mV となり、5℃保存サンプルは他の保存温度とは異なる挙動を示した。また、主に「酸味」に対して反応する 2ch では、他の保存温度サンプルでは約 2mV ~ 5mV の範囲で推移しているのに対して 5℃保存サンプルでは約 -2mV となり、3ch-6ch と同様な挙動を示した。

表 4-2 味覚センサによる応答出力

	-18℃	5℃	10℃	15℃	25℃
1ch (mV)	-3.38±1.01	-4.60±0.76	-0.71±0.88	-3.66±0.90	-1.60±1.08
2ch (mV)	1.76±0.41	-1.74±1.03	1.70±2.11	1.87±0.59	4.47±0.70
3ch (mV)	-6.17±2.53	-12.79±1.05	-6.73±2.27	-11.16±2.54	-6.20±2.62
4ch (mV)	-4.90±2.64	-12.26±1.04	-7.34±2.6	-11.23±2.78	-6.01±3.01
5ch (mV)	-6.67±1.64	-1.13±0.66	-3.49±0.81	-6.32±1.83	-6.93±1.25
6ch (mV)	1.78±0.43	6.42±0.41	-0.74±0.14	2.13±0.27	-0.16±0.13
7ch (mV)	-10.91±4.7	-7.21±1.34	-9.48±1.67	-12.22±4.17	-12.64±3.73
8ch (mV)	1.22±0.74	3.37±0.94	-1.21±0.80	1.35±0.88	-0.44±0.84

値は平均値±標準偏差で示した

4-3-3-2 GC-MS・匂い嗅ぎ法による測定

GC-MS・匂い嗅ぎ法で分析した結果、「そば臭」を発する香気成分の保持時間は約 17 分であり、各サンプルの保持時間 17 分のピーク面積の比較を行った。図 4-4 上段はその例である。また、この試料のピーク面積を図 4-4 下段に示し

た。保持時間 17 分の面積は保管温度が高いほど減少していることから、保存温度が高いほどソバ独特の香りが減少することが示唆された。

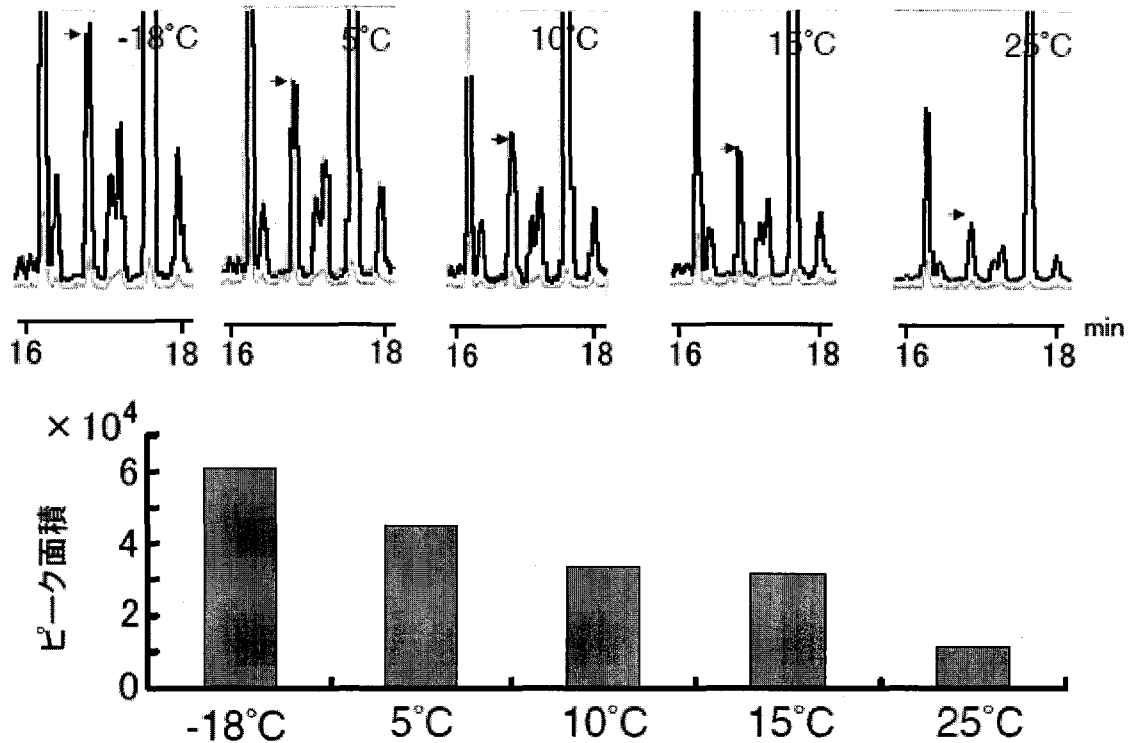


図 4-4 GC・MS・匂い嗅ぎ法

上段；トータルイオンクロマトグラム 分析例

下段；保持時間 17 分の香気成分の面積

4-3-3-3 テクスチャーアナライザによる測定

図 4-5 にソバの物理測定の例を示す。-18°C、10°Cと比較すると 5°C、15°C、25°Cサンプルは抗張力が小さいと考えられる。また図 4-6 に抗張力と伸長度の結果を示す。抗張力は試料間で有意な差がみられ ($P < 0.01$)、5°C保存サンプルで 9.1g と最も低い値を示し、やわらかいことが明らかとなった。また 10°C、15°C保存サンプルでは 10.6 g、9.8 g と -18°C、25°Cに比べると低かった。伸長度について統計的有意差は見いだせなかった。

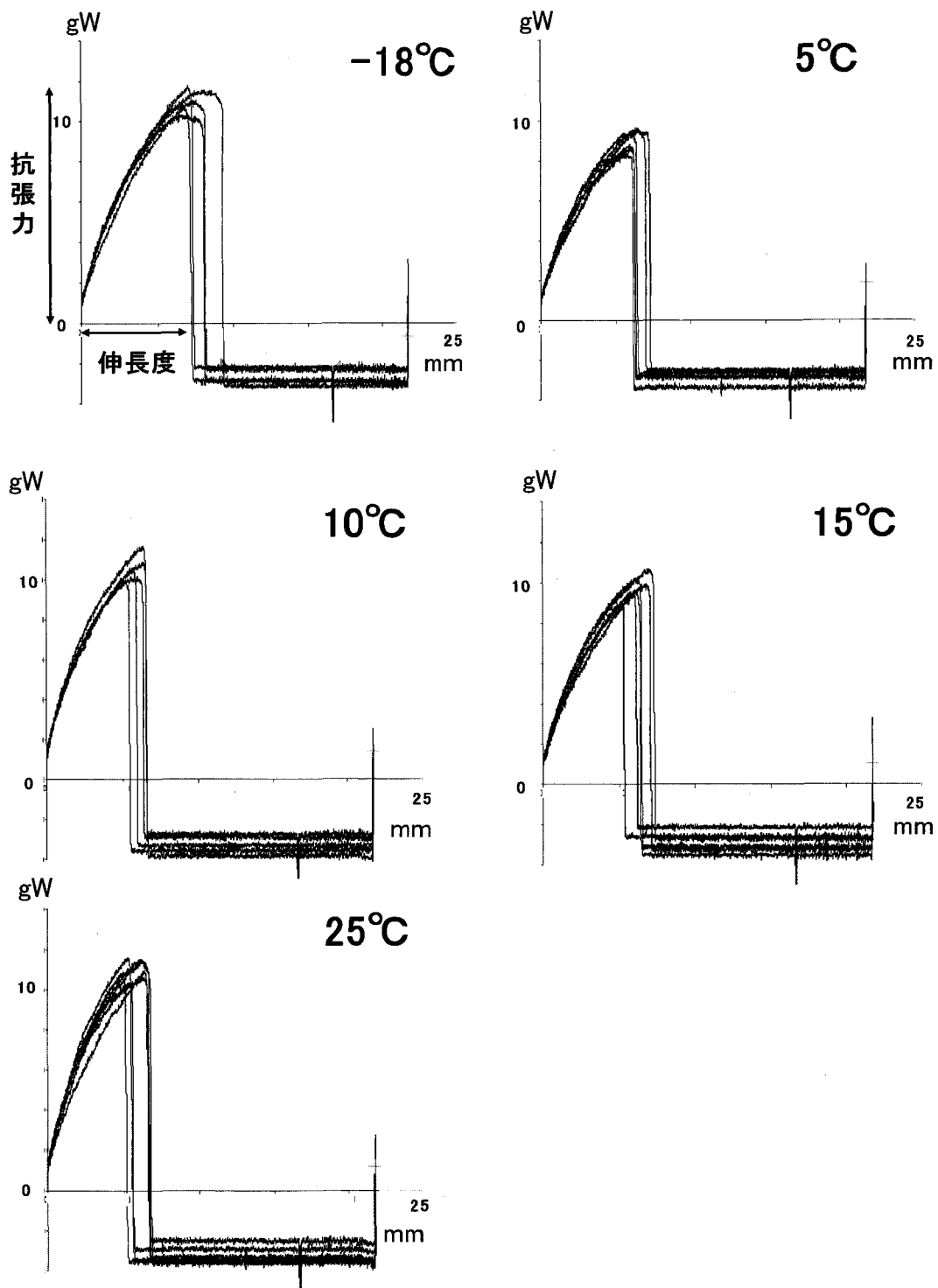


図 4-5 テクスチャーアナライザによる引っ張り試験測定例

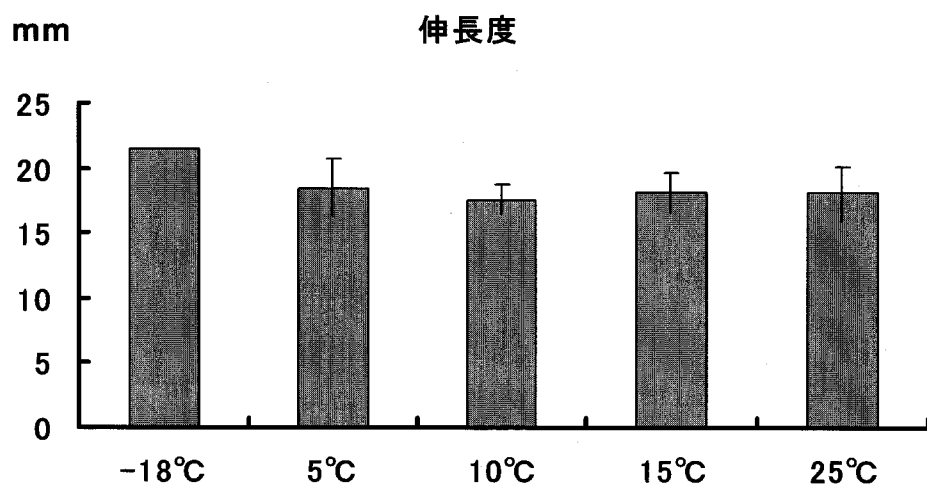
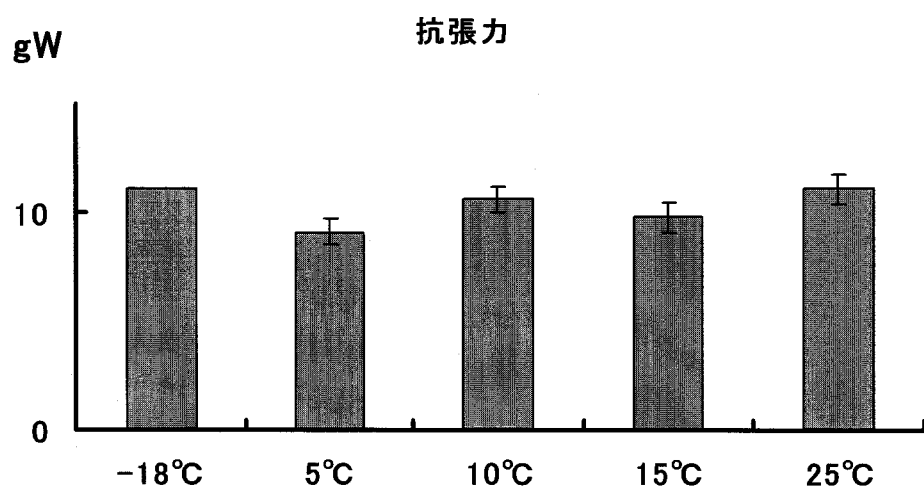


図 4-6 テクスチャーアナライザによる引っ張り試験測定結果

4-3-4 機器分析と官能評価の相関

4-3-4-1 味覚センサ測定値と官能評価との関係

有意差が確認できた味覚センサのチャンネル、すなわち 1ch、2ch、5ch、6ch、7ch ($P < 0.01$)、3ch、4ch ($P < 0.05$) における測定値と「苦味」および「酸味」における官能評価値との相関係数を算出した (表 4-3)。「酸味」では、高い相関を示すチャンネルが多く確認された。「酸味」と酸味を示すといわれるチャンネル(1ch, 3ch, 4ch)の応答出力値との関連性を確認すると、1chで 0.14 と相関が低かったが、3ch では 0.63、4ch では 0.70 と高い相関が確認された。一方、「苦味」では、3ch が 0.21、4ch が 0.34 と酸味と比較して低い相関値であった。

表 4-3 機器分析 (味覚センサ) と官能評価
(苦味・酸味) との相関係数

味覚センサー	官能評価	
	苦味	酸味
1ch	0.01	0.14
2ch	0.00	0.74
3ch	0.21	0.63
4ch	0.34	0.70
5ch	0.00	0.88
6ch	0.00	0.44
7ch	0.02	0.70

4-3-4-2 テクスチャー測定値と官能評価との相関

表 4-4 に有意差が確認できたテクスチャーにおける「抗張力」と官能評価における「硬さ」について相関を求めた。表 4-4 に示すように官能評価の「硬さ」とテクスチャー解析の「抗張力」の相関係数は 0.74 と高い相関を示し、テクスチャーアナライザによるデータと「硬さ」の相関を確認できた。

表 4-4 機器分析（テクスチャーアナライザ）と官能評価（硬さ）との相関係数

	硬さ
抗張力(g)	0.74
伸張度 (mm)	0.00

4-4 考察

4-4-1 成分分析

成分分析の結果では、保存温度の違いで水分が異なることがわかり、水分がそばの風味変化に影響を与えていることが示唆された。5℃で保存したソバ粉の水分値が 16.8%と他の保存温度で保存したソバ粉よりも高かった。5℃で保存したソバ粉は袋に少々湿った感触があったことから、結露が発生し、生じた水分がソバ粉へ移行して結果的に水分が上昇したと考えられる。25℃で保存したソバ粉の水分値は 14.2%となっており、温度により水分が蒸発し、結果的に水分値が減少したと考えられる。水分は澱粉の糊化特性に影響することから、これらの水分の変化は、そばのテクスチャーになんらかの影響を与えていることが考えられる。

4-4-2 味の評価

味の官能評価では、「苦味」、「酸味」でテストサンプル間に有意差があり($P < 0.01$)、コントロールよりもテストサンプルの評価値は高い。このことは保存温度の違いが、「苦味」、「酸味」に影響することを示しており、保存温度により味

が異なることを示している。一方、その他の評価項目では有意差はなかった。しかしながら、各温度で保存したソバ粉の「甘味」に対する評価値は、コントロール値（評価点 3）よりも低下している傾向であった。また、「渋味」についても、保存温度が高いほど、渋味が強くなる傾向にあることが示唆されたが、統計的には有意ではなかった。「ピリピリ感」の評価値はコントロール値と比較してほとんど変化していなかった。「小豆味（コク）」および「ヒエ味（雑味）」は、-18℃で保存したテストサンプルでコントロール値よりも増加する傾向にあった。

今回は、官能評価における評価尺度の初期設定の際に尺度のスケールを大きく設定しすぎたことから、実際のサンプル間では、「苦味」や「酸味」は有意差が確認できたものの、全般的に非常に小さな評価差しか得られなかった。今後は、官能評価の初期設定の際に的確な尺度に校正する必要があると考えられる。

味覚センサによる測定では、ANOVA 解析の結果、測定に用いた 8 種のセンサのうち 7 種のセンサの応答出力がサンプル間で有意であり、保存温度によって味が異なることが示唆された。味覚センサはそばの味の差を示す有効な手段であることを示している。特に 5℃で保存したサンプルは「苦味」、「酸味」および「渋味」を示すとされる 1ch、3ch、4ch、5ch、6ch で他のサンプルと大きく異なる挙動を示した。官能評価の結果も 5℃で保存したサンプルは、「苦味」、「酸味」および「渋味」で特に高い値となり、味覚センサ出力と官能評価に相関があることが示唆された。

味の官能評価と味覚センサの相関を確認したところ、「酸味」については官能評価と味覚センサの相関の可能性を確認できたが、「苦味」については相関が確認できなかった。これについては今後、試料数を増やし相関の精度を向上することが必要と考えられる。しかしながら、少ない計測でも味覚センサは保存温度の違いによるそばの味の違いを客観的に判別できる可能性が示唆された。

4-4-3 匂いの評価

匂いの官能評価については、統計的な有意差を確認できなかった。しかしながら、-18℃、5℃、10℃までの温度で保存したソバ粉の官能評価値はコントロ

ール値とほとんど同じで変化を示せなかったが、15℃および 25℃の高温の保存温度では、その評価値は、それぞれ平均で 2.6 点および 2.7 点と低くなり、そばの匂いの強さは保存温度が高いほど弱くなることが示唆された。

一方、GC-MS・匂い嗅ぎ法では保存温度が高いほど「そば臭」と定義した保持時間約 17 分のピーク面積が減少していることから、保存温度が高いほどそば独特の匂いが減少することが示唆された。

今回は、GC-MS・匂い嗅ぎ法の実験回数が 1 回のために官能評価と測定値との相関を比較検討することはできないが、香りの官能評価ではサンプル間の有意差がなかったが、GC-MS・匂い嗅ぎ法では保存温度による匂いの差を検出できていた。このことから、GC-MS・匂い嗅ぎ法を用いて、対象とした匂いをパネルに刷り込み、この匂いについて官能評価をすることで、より匂いの評価精度を高めることができるものと思われる。

4-4-4 テクスチャーの評価

テクスチャーの官能評価では、「硬さ」については有意差があり、保存温度によりそば切りの硬さが異なることがわかった。

一方、テクスチャーアナライザでは「抗張力」でテストサンプル間に有意な差がみられた ($P < 0.01$)。5℃で保存したサンプルで 9.1g と最も低い値を示し、やわらかいことが明らかとなり、テクスチャーの官能評価と同様の結果を示した。このサンプルは成分分析で水分が高くなっており、水分変化がテクスチャーに関わる澱粉、蛋白質に影響し食感に変化を与えたと推察される。伸長度は統計的な有意差はなかった。しかし、-18℃で保存したサンプルが 21.5mm と最も強く、こしがあることが示唆された。

テクスチャー解析で得られた測定値と官能評価の関連性を確認したところ、官能評価の「硬さ」とテクスチャー解析の「抗張力」の相関係数は 0.74 と高い相関を示し、テクスチャーアナライザによるデータと「硬さ」の相関を確認できた。抗張力は「麺の硬さ」を示すといわれるが、今回の測定でも確認できた。第 3 章ではテクスチャーアナライザの結果と官能評価の間に相関関係は確認できなかったが、本章では相関が確認できた。理由として、保存日数の違いでは、

そばのテクスチャーの違いは伸張度に有意差としてあらわれたが、保存温度の違いでは伸張度に有意差がなく、抗張力が有意であった。従って、伸張度の影響がなく、抗張力だけでテクスチャーの結果が主なテクスチャー変化として表れ、官能評価硬さとの相関が確認できたと思われる。このことは、温度一定で保存する時と温度を変化させて保存する時では、そば切りの水分減少だけではなく、何か化学反応の違いによって硬さの質の違いが起こっていることが示唆された。これについては今後の研究が必要と思われる。結論として伸長度が同程度で抗張力以外の物性が大差の無い麺であれば、引っ張り試験によるテクスチャーアナライザ解析はそば麺のテクスチャーを測定する手法として有効と考えられる。

4-5 小括

本章では、そばの風味とテクスチャーに及ぼす保存温度の影響について官能評価と機器分析を用いて実験を行い、食味保持に適した保存温度の確認と機器分析による客観的手法の確立検討を行った。

その結果、官能評価では保存温度が高いと食味が低下し、苦味の増加が生じることが明らかとなった。しかしながら、保存温度 5℃で保存したそばの苦味に対する官能評価値は他の保存温度における苦味の官能評価値に比べて値が異常に高く、結露による水分変化で食味に変化をおこしていることが明らかとなった。

機器分析では、味覚センサ、GC-MS・匂い嗅ぎ法およびテクスチャーアナライザによるいずれの分析でも、保存温度の違いにより食味に変化することを確認できた。味覚センサでは、「苦味」、「酸味」、「渋味」に主に反応するチャンネルが保温温度の違いにより応答出力が変化することが確認され ($P < 0.05$)、5℃で保存したサンプルでは「苦味」および「渋味」に反応するチャンネルで他のチャンネル応答とは異なる挙動が確認できた⁷²⁾。

GC-MS・匂い嗅ぎ法による分析では、「そばの香り」と定義した香気成分は保存温度が高いほど減少し、保存温度が低い方が香りは保持されることが示唆された。

テクスチャーアナライザでも 5℃で保存したサンプルが最も食感がやわらかくなり、-18℃で保存したサンプルは硬さがあることが確認できた。

官能評価値と機器分析値との相関は、味覚センサおよびテクスチャーアナライザで確認され、これらの方法がそばの風味・テクスチャーの客観的分析法として有効であることが示唆され、試料数を増やし相関の精度を向上することで、味覚センサなどの測定器によってそばの味の違いを判別できる可能性が示唆された。

結論として、そばの風味・テクスチャーを維持するには保存温度が低い方が適していることか明らかとなり、クラフト包材で保存する場合、5℃温度では結露の問題があることから-18℃の低温、すなわち冷凍保存の方が適していることがわかった⁷³⁾。そばは製粉後すぐに風味が変わり、いかにして挽きたての風味を保つかは、各そば製粉会社は苦慮している。今回の研究において、保存温度による風味の違いが明らかとなり、保存方法の参考になると考えられる。

第5章 石臼挽き国産ソバ粉の産地による食味の違い

5-1 背景

ソバは高冷地の条件の悪い荒地にも栽培できることから、近世には信州の山間地に産地が形成されていた。しかしながら、近代には様々な品種改良の成果もあり、全国各地でソバが栽培されており、各地で地域特産品として食されている。井上ら^{74), 75)}は、品種や産地によるそばの違いをアミロース分析で粘りの違いとして報告している。そばは各地域で特産品として嗜好されており、信州そばや北海道霧下そばなどは、風味にすぐれているといわれるが、そばの風味について地域差を研究している報告はない。そこで、本研究では各産地のそばの風味の違いについて、官能評価と機器分析について解析を行った。

5-2 方法

分析は、成分分析と主観評価として官能評価、客観的評価として味覚センサ分析、甘味の成分分析として糖分析、遊離アミノ酸分析を行った。成分分析は前章と同様の手法で行ったため省略する。

5-2-1 テストサンプル

実験には表 5-1 に示すソバを石臼挽きしたものを使用した。挽碎後のサンプルはクラフトの包材に入れ、常温で保存した。

5-2-2 官能評価

各ソバ粉 80 g に熱湯 100 g を入れそばがきを作成し、味の官能評価を行った。評価パネラーは食品開発に従事し、日常的にそばの官能評価を行っている男女の研究員 6 名とした。評価の対象となるソバ粉を利用し、そばの味の特徴を描き出す表現用語の収集を行い、そばを表現する評価項目 7 項目を抽出した。評価項目は「甘味」、「渋味」、「酸味」、「苦味」、「ピリピリ感」、「小豆味（コク）」、「ヒエ味（雑味）」の 7 項目で、コントロールを標準点 5 点とし、1 点（弱い）から 10 点（強い）の 10 段階相対評価を用いて評価した。コントロールには北海道①を用いた。

表 5-1 使用したソバ粉の産地と品種

サンプル名	産地	品種
北海道①	北海道 幌加内産	キタワセソバ
北海道②	北海道 江丹別産	キタワセソバ
青森	青森 十和田湖周辺産	青森在来
栃木	栃木 八板産	栃木在来
福島	福島 会津産	
茨城	茨城 下館産	常陸秋そば
長野①	長野 安曇野産	信濃1号
長野②	長野 伊那産	信濃1号
長野③	長野 三郷産	信濃1号
長野④	長野 島内産	信濃1号

5-2-3 味覚センサ分析

味覚センサを用いて、味の客観的な測定を行った。まず、各温度条件で保存したソバ粉 80g に熱湯 100g を入れ、そばがきを作成した。その後、超純水で 6 倍に希釈し、回転数 3500rpm、10 分間の遠心分離により得られた上清を用いて味覚センサで分析を行った。分析には表 2-1 に示す 8 種類のセンサを使用した。測定は味覚センサを 5 分間洗浄した後、30 秒間サンプルに浸して測定を行い、1 つの試料に対して 3 回の計測を行なった。

5-2-4 遊離アミノ酸分析

ニンヒドリン反応を利用した高速液体クロマトグラフィー (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) による分析により遊離アミノ酸分析を行った。

ソバ粉サンプルの前処理は脱脂した後、遊離アミノ酸を溶出した。具体的にはサンプル 5~10g を 200ml ナス型フラスコに秤量し、70~80% エタノールを 25ml 加えた。さらにソックスレー装置により還流抽出を行った。フィルターにより蛋白質と糖質を除去した後、上清をエバポレーターで減圧乾固した (40℃)。クエン酸バッファーに残渣を溶解し、分子量 10000 カットの限外ろ

過フィルター（Ultrafree-MC, ミリポア社製）を用いて遊離アミノ酸のみを収集し、新食品分析法に従って HPLC（L-7100, 日立製作所）により分析を行った。

5-2-5 糖分析

糖分析の前処理は、まずソバ粉をフラスコに入れ、50%エタノールにより溶解して糖を含む溶液を回収した。さらに回収した溶液にトリメチルシリルイミダゾール 600 μ l とピリジン 600 μ l とを添加した。この反応後、新食品分析法に従って GC-MS（5971A, HP 社）により分析を行った。

5-2-6 統計学的検定

官能評価、味覚センサ分析では、一次元配置の ANOVA 解析を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。

5-3 結果

5-3-1 成分分析

表 5-2 に成分分析の測定結果を示した。水分値は 14%前後であったが、北海道①は 15.3%と高い値であった。灰分は 2.3%前後であった。粗蛋白は最小値が 13.3%、最高値が 15.9%であった。

表 5-2 産地別ソバ粉の成分分析値

保存温度	水分(%)	灰分(%)	粗蛋白質(%)
北海道①	15.3	2.18	13.3
北海道②	14.4	2.21	14.3
青森	13.4	2.24	15.1
栃木	14.6	2.24	13.9
福島	14.4	2.25	15.9
茨城	13.8	2.24	15.0
長野①	14.0	2.40	14.7
長野②	14.3	2.29	14.8
長野③	14.5	2.46	15.9
長野④	14.0	2.19	14.3

5-3-2 官能評価

図 5-1 に味に対する官能評価の結果を示す。ANOVA 解析を行った結果、「甘味」、「ピリピリ感」において各産地間で有意差があることがわかった($P<0.05$)。その他の項目については有意差が確認できなかった。しかしながら有意差はなかったものの、栃木、北海道②、長野③、長野④は甘味がそれぞれ 5.7、5.61、5.6、5.6 と強いという評価になり、北海道②はピリピリ感が 6.1 で最も強いという結果となった。

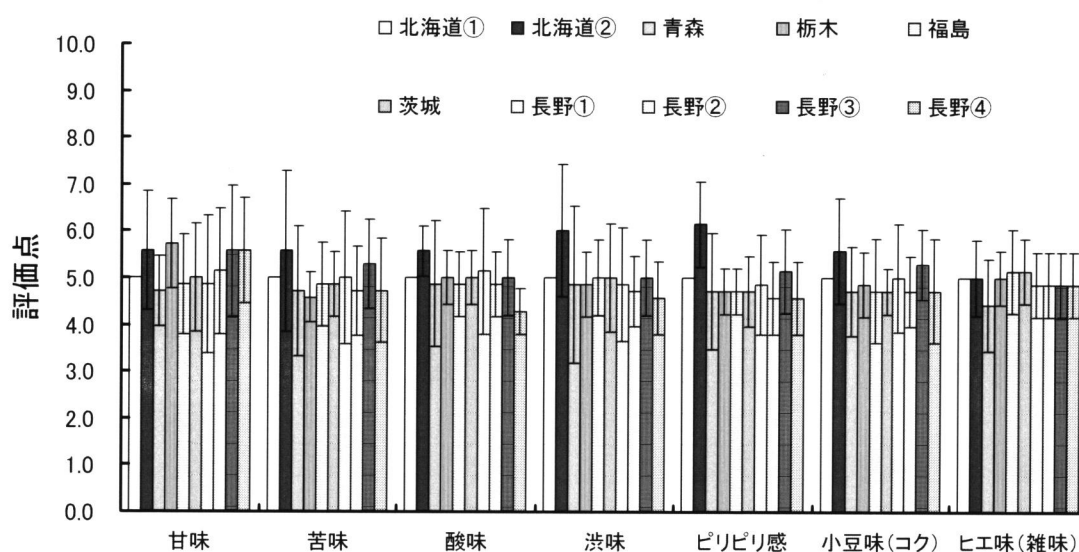


図 5-1 産地別ソバ粉の平均官能評価

図 5-2 に官能評価の主成分分析の結果を示す。主成分 1 の寄与率が 70.5%、主成分 2 の寄与率が 14.1%となった。主成分分析の結果では北海道②が他のサンプルとは離れた位置にプロットされ、味が異質であることがわかる。しかしながら、北海道②を除く他の産地は同位置にプロットされ、今回の官能評価では産地別の差が判別できていないことがわかる。固有ベクトルから主成分 1 はピリピリ感の影響が大きいことがわかり、ピリピリ感が高かった北海道②が主成分 1 で最も高い値を示した。

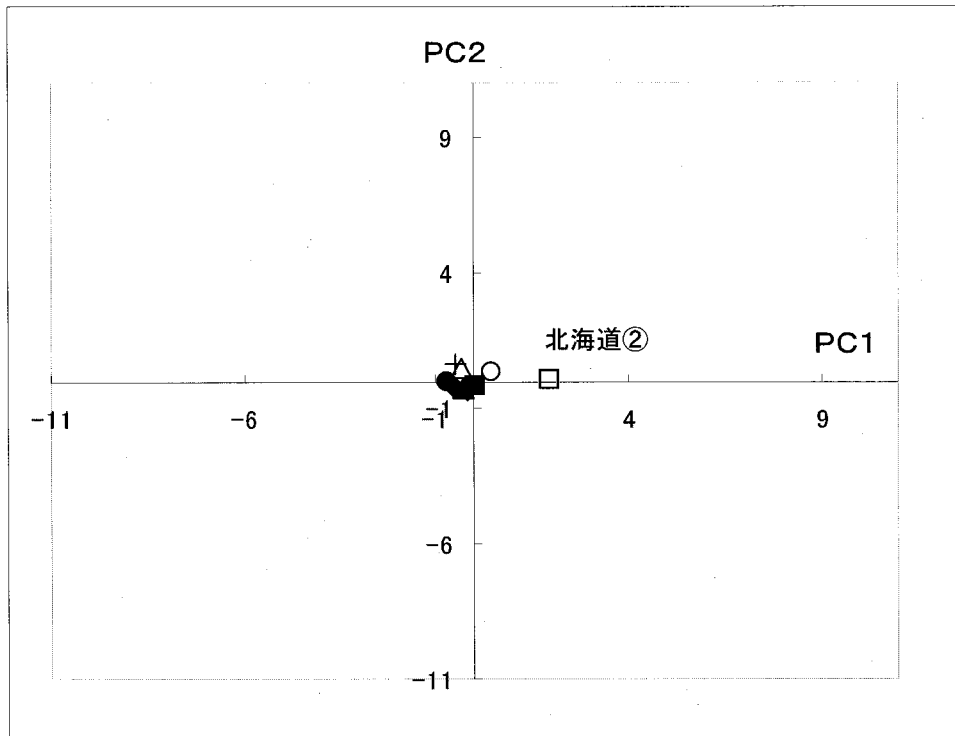


図 5-2 主成分分析

表 5-3 主成分分析の固有ベクトル

	甘味	苦味	酸味	渋味	びりびり感	小豆味(コク)	ヒエ味(雑味)
PC1	0.16	0.37	0.28	0.47	0.57	0.35	0.16
PC2	0.90	-0.13	-0.31	-0.21	0.02	0.13	-0.04
PC3	-0.17	0.00	-0.64	-0.02	0.35	-0.22	0.63
PC4	0.28	-0.42	0.40	0.42	-0.20	-0.37	0.47
PC5	-0.04	-0.34	-0.25	0.42	0.34	-0.40	-0.58
PC6	-0.18	-0.17	-0.01	0.01	-0.32	0.06	0.13
PC7	0.17	0.72	-0.16	0.26	-0.38	-0.46	-0.06
PC8	0.06	0.12	0.42	-0.56	0.39	-0.54	0.01

5-3-3 味覚センサによる測定

表 5-3 に 8 種の味覚センサにより得られた応答出力の平均値 \pm SD を示した。ANOVA 解析を行った結果、2ch、5ch、6ch において試料間の有意差が確認できた ($P < 0.01$)。塩・苦味用プラス膜の 2ch は全ての産地のテストサンプルに対してマイナスの値を示したが、その中で北海道②が -22.84mV と最も高い値を示し、他のテストサンプルの電位とは異なっていた。また、苦味（雑味）、雑味用マイナス膜の 5ch は栃木が -28.29mV で最も低く、他の産地のテストサンプルとは異なる電位であった。渋味用マイナス膜の 6ch では、北海道産（北海道①、北海道②）がそれぞれ 52.32mV 、 50.74mV と 50mV を超え、他の産地のテストサンプルとは異なる値を示した。

図 5-3 に味覚センサの主成分分析の結果を示す。主成分 1 の寄与率は 51%、主成分 2 の寄与率は 26% となった。官能評価では、主成分分析の結果において産地別の差が判別できなかったが、味覚センサの主成分分析では産地を判別できた。官能評価では北海道②以外は同等の位置にプロットされたが、味覚センサでは産地別に明確に判別されている。具体的には、甘味に特長があった栃木は離れた位置にプロットされている。北海道 2 種は同じ産地でありながら味が異なるため、異なる位置にプロットされている。長野の 4 品種はほぼ中央に位置しているが、長野の中でも甘味が強い長野③と長野④はお互いに接近した位置にプロットされている。このように味覚センサは産地別の味の違いを判別していることがわかった。

	北海道①	北海道②	青森	栃木	福島
1ch (mV)	-5.42±2.64	-3.48±2.04	-0.73±1.68	-2.67±3.41	-1.36±3.25
2ch (mV)	-25.79±1.31	-22.84±0.93	-24.43±0.72	-26.03±0.34	-25.16±0.56
3ch (mV)	-11.23±9.86	-2.23±7.54	-0.60±5.84	-1.36±6.92	2.03±7.17
4ch (mV)	-38.83±2.40	-36.25±2.11	-36.44±1.51	-37.48±2.04	-35.39±2.11
5ch (mV)	-24.86±0.32	-24.23±0.96	-17.879±0.98	-28.29±0.72	-18.69±1.94
6ch (mV)	52.32±0.55	50.74±1.42	57.59±0.57	56.94±0.46	53.41±0.84
7ch (mV)	-85.44±1.98	-79.44±4.92	-85.59±3.31	-81.63±4.49	-79.14±4.71
8ch (mV)	58.86±1.41	57.42±0.60	59.05±1.86	59.42±1.10	58.36±0.60

	茨城	長野①	長野②	長野③	長野④
1ch (mV)	-3.49±2.62	-4.29±3.47	-3.14±3.52	-2.52±3.58	-2.12±2.70
2ch (mV)	-25.28±0.44	-25.81±0.24	-25.32±0.15	-26.75±0.29	-24.32±0.15
3ch (mV)	-3.72±6.94	-2.96±7.20	-0.75±6.90	-1.41±6.77	2.05±6.05
4ch (mV)	-38.43±1.75	-37.28±1.99	-37.37±1.96	-37.95±2.17	-34.22±1.47
5ch (mV)	-19.86±1.94	-22.93±0.40	-22.85±0.69	-20.27±1.86	-19.46±0.97
6ch (mV)	56.20±0.48	55.94±0.53	55.48±0.22	57.01±0.47	56.32±0.34
7ch (mV)	-82.21±4.80	-84.79±3.88	-82.52±4.66	-81.55±5.31	-83.17±4.32
8ch (mV)	58.83±0.96	58.26±0.89	59.29±1.33	59.61±0.89	57.35±0.70

表 5-3 味覚センサによる応答出力

値は平均値±標準偏差

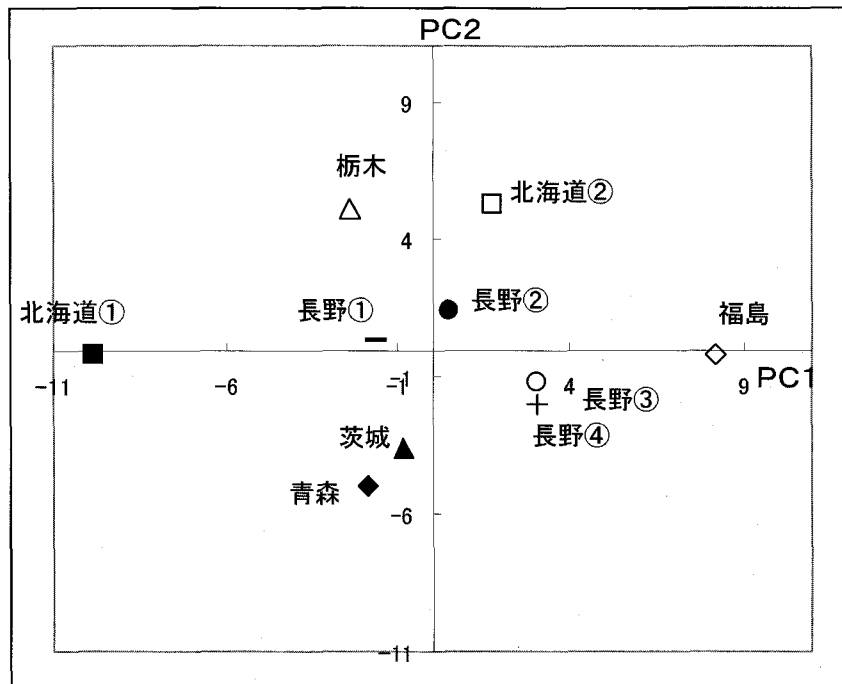


図 5-3 味覚センサの主成分分析結果

表 5-4 味覚センサの主成分分析の固有ベクトル

	1ch	2ch	3ch	4ch	5ch	6ch	7ch	8ch
PC1	0.229	0.023	0.576	0.191	0.499	0.024	0.573	0.042
PC2	0.133	0.106	0.239	0.135	-0.813	-0.300	0.379	-0.022
PC3	0.278	-0.382	0.362	-0.077	-0.278	0.683	-0.235	0.202
PC4	-0.147	-0.195	-0.426	-0.445	-0.046	0.259	0.655	0.250
PC5	0.518	-0.457	-0.130	-0.105	0.100	-0.537	-0.119	0.427
PC6	-0.270	-0.247	-0.244	0.815	-0.024	0.107	0.082	0.352
PC7	0.699	0.347	-0.463	0.238	0.009	0.273	0.088	-0.195
PC8	0.022	-0.644	-0.089	0.099	0.005	-0.046	0.125	-0.742

5-3-4 遊離アミノ酸分析

図 5-4 にソバ粉の遊離アミノ酸分析結果を示した。アミノ酸分析を行った結果、産地別に特徴ある遊離アミノ酸含量を示した。アミノ酸総量は茨城、長野②、長野③が高い値を示し、他は 120mg/100g 以下であった。アミノ酸別に見ると、茨城と長野 4 種類は旨味系アミノ酸を多く含んでいた。甘味系遊離アミノ酸と官能評価「甘味」の相関を検証したが、相関係数が 0.1 と相関は確認できなかった。(図 5-5)

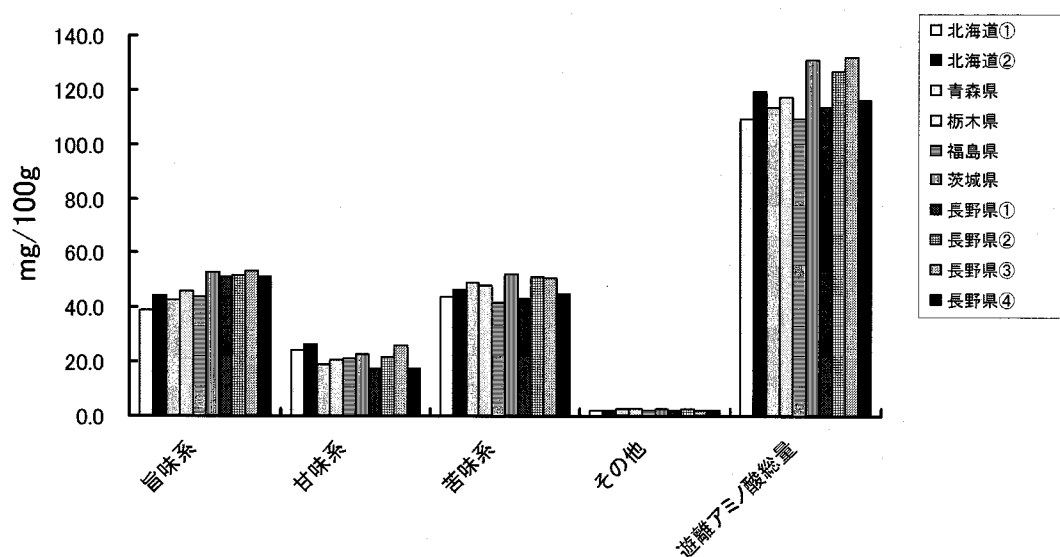


図 5-4 産地別ソバ粉の遊離アミノ酸分析結果

旨み系	Asp, Glu, GABA
甘味系	Asp, Thr, Ser, Glu, Pro, Gly, Ala, Lys
苦味系	Val, Met, Ile, Leu, Phe, His, Arg
その他	Tyr

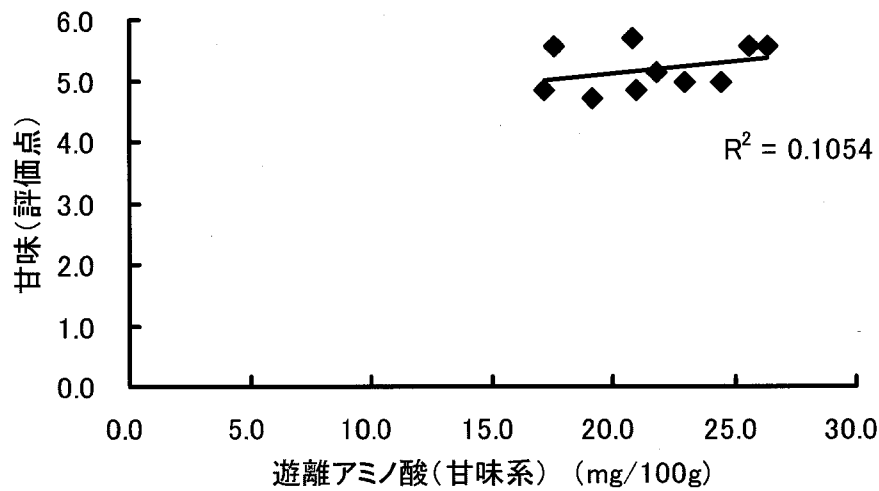


図 5-5 遊離アミノ酸（甘味系）と官能評価「甘味」の相関関係

5-3-5 糖分析

図 5-6 にソバ粉の糖分析の結果を示した。ブドウ糖とショ糖の合計値は栃木県産が 940mg/100g と最も高く、福島県が 725mg/100g と最も低かった。長野県産は 4 種ともに 865~880mg/100g と高く、類似の値を示した。

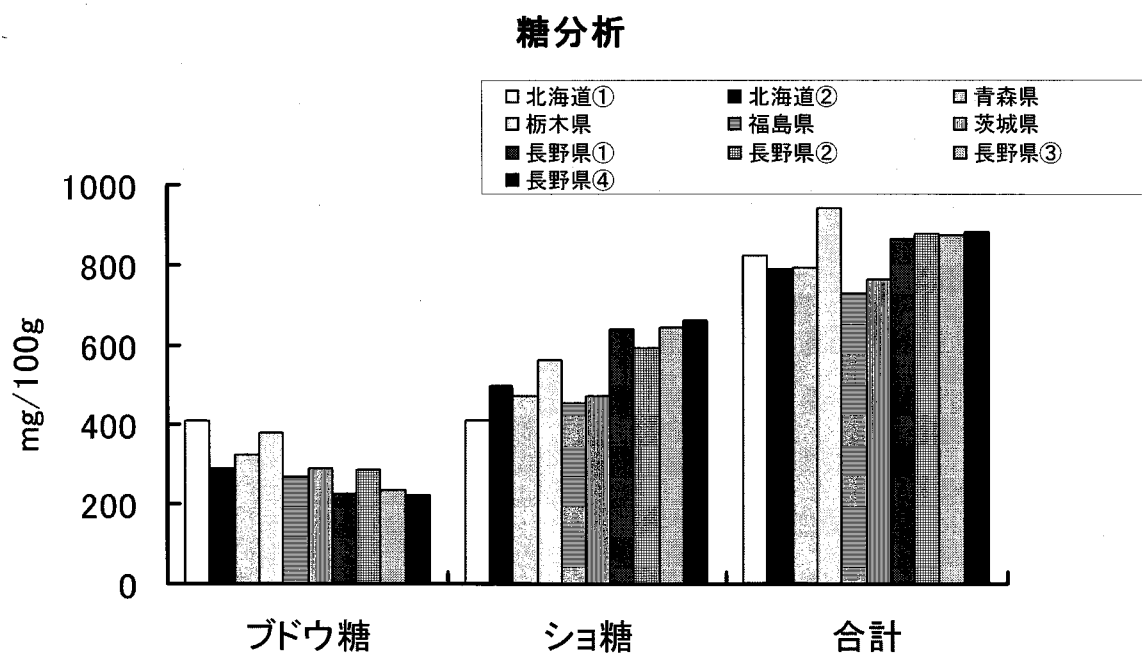


図 5-6 産地別ソバ粉の糖分析結果

糖分析の値と官能評価「甘味」の相関を検証したが、相関係数が 0.35 と低く、相関は確認できなかった。(図 5-7)

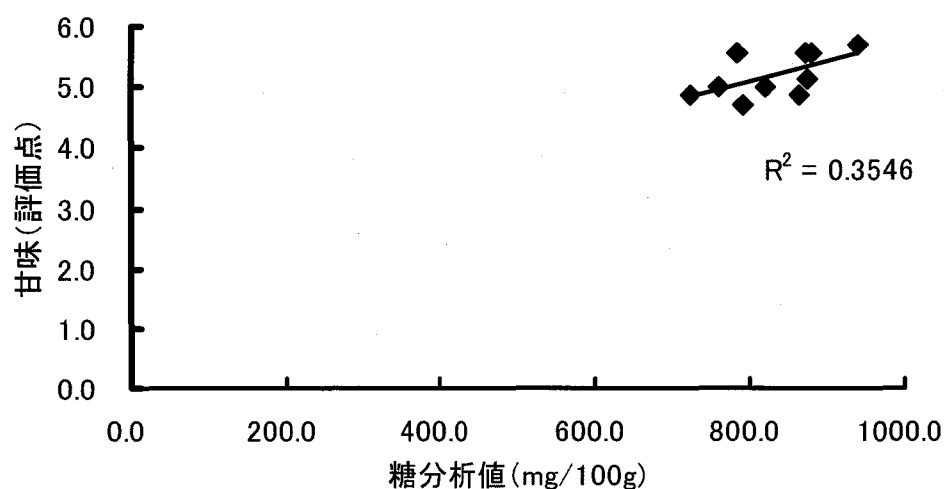


図 5-7 糖分析値と官能評価「甘味」との相関

5-4 考察

本章では味に特化し、ソバの分析を行った。産地別のソバ粉の味評価を官能評価および機器分析を用いて行った結果、産地間の味の差が明らかとなった。特に味覚センサの 2ch、5ch、6ch、官能評価では「甘味」、「ピリピリ感」の評価で、産地間の差が明らかとなった。北海道②のサンプルが最も味に特徴がある結果となった⁷⁶⁾。北海道②は味覚センサでも特徴的な応答を示し、他のテストサンプルに比べ 2ch で最も高い値を示し、6ch で低い値を示した。

主成分分析では、官能評価と味覚センサの結果は一致しなかった。官能評価と味覚センサの主成分分析のスケールを比較しても、味覚センサが明らかに産地別の味の違いを判別していることがわかる。官能評価はバリエーションが大きく、その結果北海道②以外を判別できなかったと考えられる。今回の官能評価は試料数 10、評価項目 7 と相対評価を行うには分析数が多く、官能評価の限界が産地別の味の差を判別できなかったと考えられる。官能評価は主観評価であるため、コントロールをどう設けるか、評価手法をどのようにとるかということで、結果が大きく異なる可能性があり、目的に応じて手法の選択を吟味す

る必要がある。これに対して、味覚センサはソバの味の判別に優れ、ソバの味の違いを独立して分析するので、各産地のソバの味の客観的評価に大変有効であることがわかった。

官能評価では「甘味」でサンプル間の有意差が確認できたが、これを証明するために甘味に関する成分の化学分析を行い、官能評価「甘味」と化学分析値との相関を検討したが、糖分析、遊離アミノ酸分析いずれでも相関を確認することができなかった。すなわち、甘味に対する官能評価では、栃木県産が最も甘味があるとの評価で、次に長野県産の長野③および長野④であった。一方、客観的測定である糖分析値や甘味系アミノ酸の総量値は栃木県産では最も高い値を示して相関があったが、長野③および長野④とは一致しなかった。これは、ヒトが感じる甘味というのは、ただ単なる化学分析で抽出された甘味物質の量と比例するのではなく、種々の味との相互関係の上で誘起されるものである。このため、今回分析を行った糖分析、遊離アミノ酸分析ではヒトが感じた「甘味」の評価を表現するのは難しいと考えられる。このような意味で、味覚センサは単純に甘味をセンシングしているのではなく、ヒトと同じような総合的な味として判断し、ヒト以上に敏感に産地の違いを判別していることが推察された。

5-5 小括

本章では、産地別のソバの味の違いを、官能評価および味覚センサ分析、化学分析により評価した。産地別のソバの味の違いは、官能評価と味覚センサにより判別でき、判別能力は味覚センサが優れていることがわかった。味覚センサで評価が困難とされる「甘味」に関して2種類の化学分析による評価を試みたが、ヒトの感じている「甘味」とこのような化学分析が評価した「甘味」との間には、あまり相関がなく、ヒトの「甘味」の感覚は、それ以外の味の要素が複雑に干渉して存在していることを示唆していた。

第6章 総括

本研究では、主観的評価として官能評価値、客観的評価として、味覚センサ、GC-MS およびテクスチャーアナライザの測定値を用いて①そばの保存による風味（味覚、匂い）およびテクスチャーの変化を調べた。また、②産地別のそばの味覚の違いを検証することを目的とした。

そばの保存による風味とテクスチャー変化では、種々の要因の中から保存期間と保存温度の影響について調べた。保存期間の延長に伴い、官能評価では「苦味」および「渋味」が増大し、そばの匂いが減少し、硬くなった。種々の機器の結果はテクスチャーの変化以外で官能評価の変化を指示するものであった。また、保存温度の違いによる変化では、温度が上昇するにつれて官能評価の「苦味」および「酸味」の評価値が増し、そばの匂いの評価値も減少し、硬さの評価値が増加した。客観的評価値もこれを支持する結果であった。このことから、保存状態による味の品質劣化として「苦味」が強くなることがわかったので、これらを監視することが品質を保持するパラメータとなることがわかった。一般にソバの甘皮部と子葉部は風味が強い部分と言われ、甘皮部は、最初は緑黄色をしており、古くなって酸化するとやがて赤褐色になり、この色の変化はソバ粉の品質劣化の目安にもなる。色の変化は、この部分にタンニン質が多く含まれているといわれ、このタンニンが酸化することで苦味を呈していると考えられる³⁰⁾。今回の実験に用いた石臼挽きの粉にも甘皮部と子葉部が含まれているので、保存状態の変化による「苦味」の増大はこのことが原因と思われる。

客観的分析法として、味覚センサ分析、GC-MS 分析およびテクスチャーアナライザ分析を行ったが、ある程度の知見を得ることができた。具体的には、味覚センサ分析では、センサ応答出力からもサンプル間の有意差が確認でき、主成分分析では総合的にサンプル間の味の判別を行っていることがわかった。さらには主成分のデータから官能評価における「味」との関連が確認できた。すなわち味覚センサは、そばの味変化の客観的評価法として大変有効な手法であることが明らかとなった。

GC-MS 分析では、そばの香気成分の変化を捕らえることができ、保存日数の変化では官能評価との相関も確認できた。しかし、保存温度別の香り評価では

相関がなかった。理由として、官能評価で感じる「そばの香り」とガスクロマトグラフ質量分析の香気成分の一致性に問題があると考えられる。香りは単一成分で香りを発する場合もあれば、濃度による香りの変化や複数の香気成分により香りを発する等様々な香りがある^{77), 78)}。そばの香り成分同定は試みられているが、官能と一致する成分同定、メカニズムの解明までに至っていない^{79), 80), 81)}。従って GC-MS 分析の香り成分の同定とメカニズム解明には課題が残り本研究で行った手法は香りの客観評価としては十分ではなく、一つの指標としての分析にとどまった。

テクスチャーアナライザ分析では物性変化を捕らえた。しかしながら、官能評価「硬さ」との相関では、伸長度、すなわち、もろさが増えると相関が崩れ、今回実施した手法では複数のテクスチャー変化が生じると官能評価との相関性が崩れることがわかった。従って、本手法は一つのテクスチャーの違いを捕らえるには有効であるが、複合的なテクスチャー変化を捕らえることはできないことがわかった。現在、ソバ切りのテクスチャー評価では、電子顕微鏡による表面観察から滑らかさの評価や MRI による方法等新たな手法の開発が行われている^{82), 83), 84)}。テクスチャーは口腔内の総合的な物理化学的特性の感覚であり、今回のテクスチャー測定では二種類のパラメータ測定しか行っていないので今後さらなる工夫が必要であることがわかった。

産地別のそばの味の違いでは、官能評価と味覚センサ、遊離アミノ酸分析、糖分析を行った。保存による味の変化とは異なる結果が示された。

官能評価では主成分分析を行うことで、味の総合的な違いをプロットすることができ、そばの味の違いを判別できた。しかしながら、1品種のみを判別したのに留まり、官能評価手法の選択にも課題があがった。味覚センサの主成分分析では、そばの味の違いを判別でき、官能評価より優れた判別能力であった。コントロール設定や尺度の設定などの手法の違いにより結果が影響を受ける官能評価に比べ、味覚センサ単独では、そばの味の判別を独立して行う有効な手法であることがわかった。

一方、甘味の客観評価として化学分析を行ったが、官能評価との相関性は低かった。化学分析は成分の分析であり、感覚の分析ではないことから、化学分析の味の客観評価としての限界が明らかとなった。

本研究では、そばの味の客観評価として、そばの香りを測定する GC-MS 分析法やテクスチャーを測定するテクスチャーアナライザ分析には課題が残るものの、味覚センサ分析は、そばの味分析に有意な手法であり、今後そばの味覚評価、そばの味の品質管理、そばの味の開発等様々な応用が期待できることが示唆された。

参考文献

- 1) 八木昭宏：おいしさの心理学．おいしさの科学．第 1 巻，22-29 頁，2006.
- 2) 相良泰行：食嗜好の計測・評価と先端技術．食科工，第 41 巻，458-468 頁，1994.
- 3) 澤山茂：調理の化学 食べ物のおいしさに関する基本的要因．製パン製菓，第 8 巻，150-152 頁，2004.
- 4) 山本隆：おいしさの脳科学．食品と開発，第 41 巻，4-7 頁，2006.
- 5) 山本隆：おいしさの評価にかかわる脳機能．日本官能評価学会誌，第 3 巻，5 頁，1992.
- 6) 山本隆：おいしさの知覚．山野善正，山口静子編，朝倉書店，8-40 頁，1996.
- 7) 相良泰行：OISHISA の感性工学．おいしさの科学，第 1 巻，30-38 頁，2006.
- 8) 相良泰行：食感性工学によるおいしさの創出技術．おいしさの科学フォーラム講演集，1-13 頁，2005.
- 9) 相良泰行：食感性工学のパラダイム—消費者起点食品産業創出への展開．食感性工学シンポジウム講演集，1-14 頁，2003.
- 10) 相良泰行：おいしさを探る感性工学．味と匂い学会誌，第 8 巻，153-159 頁，2001.
- 11) 山野善三：食品のおいしさとその評価．食品工業，第 51 巻，34-45 頁，2008.
- 12) 相島鐵朗：食品の美味しさを測る．食品工業，第 40 巻，33-41 頁，1997.
- 13) 相良泰行：最新の食嗜好計測技術の動向．ジャパンプードサイエンス，第 37 巻，23 頁，1998.
- 14) 野上知花：味と香りの機器分析の最新技術．食品工業，第 51 巻，55-68 頁，2008.
- 15) 坂井信之：食品の美味しさと心理学．FFI ジャーナル，212 号，911-918 頁，2007.
- 16) 都甲潔：脂質膜で味を測る．味覚を科学する，角川書店，156-171 頁，2001.
- 17) 都甲潔：味覚センサ．旨いメシには理由がある，角川書店，85-128 頁，2001.
- 18) 都甲潔：味覚センサ．感性バイオセンサ，朝倉書店，130-180 頁，2001.
- 19) 都甲潔：夢のユビキタスネットワーク社会と食のアメニティー．冷凍，第

- 80 卷, 18-23 頁, 2005.
- 20) 都甲潔 : 味覚センサ. 食と感性, 光琳, 125-221 頁, 1999.
 - 21) 池崎秀和 : おいしさの新規評価法—味覚センサの利用—. おいしさの評価技術, 食品と開発, 第 41 巻, 4-7 頁, 2006.
 - 22) 都甲潔 : 味覚センサの開発と今後の展開. New Food Industry, 第 36 巻, 35-50 頁, 1994.
 - 23) 池崎秀和, 谷口晃 : 味覚計測とセンサ. 食品と開発, 第 32 巻, 11-13 頁, 2003.
 - 24) 内田享弘 : 味覚センサを用いた薬物の苦味評価. Pharm Tech Japan, 第 18 巻, 133-146 頁, 2002.
 - 25) 池崎秀和, 小林義和, 谷口晃 : 味覚センサを用いた味の定量化と香りを含む風味の総合評価. ジャパンフードサイエンス, 第 9 巻, 59-66 頁, 2003.
 - 26) 都甲潔 : 味と匂いを測る感性化学センサ. 食品工業, 第 6 巻, 42-50 頁, 1997.
 - 27) 佐藤勝史, 佐々木啓介, 池崎秀和ら : 味センサを用いた牛肉のうま味の評価. 信学技報, 第 8 巻, 13-17 頁, 2000.
 - 28) 大坪研一, 池崎秀和, 谷口晃ら : 味覚センサによる米食味評価の検討. 信学技報, 第 8 巻, 25-29 頁, 2000.
 - 29) 大図徳一郎 : 生めん業界の現状と今後の方向性. 麺業年間, 麺業新聞社, 56-404 頁, 2000.
 - 30) 永田雄一 : そば粉を知るための十章. そば・うどん 11 号, 柴田書店, 32-39 頁, 1982.
 - 31) 新島繁 : 蕎麦辞典. 食品出版社, 1-178 頁, 1990.
 - 32) 社団法人日本麺業団体連合会 : そばの技術と心構え, そばの基本技術, 1 号, 27-33 頁, 1984.
 - 33) 藤村和夫 : そば技術の成り立ち. そばの技術, 食品出版社, 2-8 頁, 1980.
 - 34) 飯塚佳子, 森田香絵, 相島鐵朗 : 定量的記述法 (QDA 法) の特徴と展望. 日本官能評価学会誌, 第 6 巻, 138-145 頁, 2002.
 - 35) 小俣靖 : 「食物」の美味しさと味覚. 日本工業新聞社, 34 頁, 1986.
 - 36) 遠山良, 関沢憲夫, 村井一男 : そば粉の保存方法に関する研究. 岩手県醸

- 造食品試験場報告, 16号, 153-161頁, 1982.
- 37) 堀金彰, 山田純代: そば切りの品質評価法の開発. 冷凍, 第5巻, 45-47頁, 2005.
- 38) 遠山良, 関沢憲夫: そば粉の品質評価方法について. 岩手県醸造食品試験場報告, 第22巻, 126-129頁, 1988.
- 39) 飯野弘子, 井上直人: 雑穀研究. 第12巻, 26-30頁, 2000.
- 40) 堀金彰, 山田純代: そば切りの水回し工程の解析. 食科工, 第51巻, 346-351頁, 2004.
- 41) 守田和夫, 田原迫昭, 田中俊一郎: 二軸エクストルーダーによるソバの理学的特性. 第41巻, 97-104頁, 1991.
- 42) 田原真八郎, 鈴木忠直: 加工食品の原料配合推定法. 食総研報, 第33巻, 28-36頁, 1978.
- 43) 小野和広, 遠藤浩志, 庄司一郎ら: 常圧過熱水蒸気処理が生そばの保存性と食味に及ぼす影響. 食科工, 第54巻, 320-325頁, 2007.
- 44) 箴島豊, 相島鐵朗: におい・香り, おいしさの科学. 山野善正, 山口静子編, 朝倉書店, 2, 119-184頁, 1996.
- 45) 中本高道: 匂いセンサ及び匂いの記録再生システム. センサによる食品の味、匂い、テクスチャーの測定・評価の現況講演会集, 1-5頁, 2005.
- 46) 中本高道: 人口ニューラルネットワークと匂いセンサへの応用. 味と匂い学会誌, 10-11頁, 2003.
- 47) 塩澤浩明: 半導体式ニオイセンサアレイを用いたニオイ識別装置. センサによる食品の味、匂い、テクスチャーの測定・評価の現況講演会集, 45-53頁, 2005.
- 48) 喜多純一: におい識別装置によるおいしさ判定. 食品と開発, 第41巻, 12-13頁, 2006.
- 49) 下田満哉: 食品の匂いに関する統計的解析. 食科工, 第38巻, 260-267頁, 1990.
- 50) 片岡洋行: 食品中における微量化学汚染分析のための試料前処理法 固相マイクロ抽出及び関連マイクロ抽出法. FFIジャーナル, 213号, 100-112頁, 2008.

- 51) 下田満哉, 箴島豊 : 香気成分の分析と評価. 日調科誌, 第 33 巻, 510-514 頁, 2000.
- 52) 大西正展 : 香りの分析技術と新たなサンプリング方法. FFI ジャーナル, 211 号, 161-166 頁, 2006.
- 53) Wandencki, W., Michulec, M and Curylo, J. : A review of theoretical and practical aspects of solid-phase micro-extraction in food analysis. *Int. J Food Sci. Technol.*, Vol.39, pp.703-717, 2004.
- 54) 大崎和彦 : アロマの嗜好分析とフレーバー開発. おいしさの科学フォーラム講演会集, 20-24 頁, 2004.
- 55) 久保田紀久枝 : 食べ物の美味しさー香り. FFI ジャーナル, 212 号, 909-910 頁, 2007.
- 56) 武田葉子, 橋本浩, 今井秀成 : すりたてゴマの香気成分. 食科工, 第 55 巻, 383-388 頁, 2008.
- 57) C.L. Arthur and J. Pawliszyn : Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fiber. *Anal. Chem.*, Vol.62, pp. 2145-2148, 1990.
- 58) 下田満哉, 箴島豊 : 香気成分の分析と評価 匂い濃縮物の分画及び GC 匂い嗅ぎ法. 日調科誌, 第 34 巻, 114-117 頁, 2001.
- 59) G. Ikeda, A. Tomizawa, Y. Imayoshi, et al.: Flavor design of sesame-flavored dressing using Gas-Chromatography / Olfactometry and dressing Kansei model. *Int. J. Food Sci. Technol.*, Vol.12, pp.261-269, 2006.
- 60) 清水祐二 : 食べ物の美味しさと香辛料の風味. 食品工業, 第 51 巻, 75-84 頁, 2008.
- 61) 時友裕起子 : パイナップルの香り. FFI ジャーナル, 212 号, 949-956 頁, 2007.
- 62) 山野善正 : テクスチャー. 山野善正, 山口静子編, 朝倉書店(東京), 186-199 頁, 1996.
- 63) 早川文代 : 官能評価のためのテクスチャー用語の収集と分析. 食品工業, 第 51 巻, 46-55 頁, 2008.

- 64) 山野善正：おいしさの評価とその実際 テクスチャーを中心に．食品と開発，第 41 巻，14-17 頁，2006.
- 65) H.H. Feiedman, J.E. Whitney and A.S. Szczesniak: *J.Food. Sci.*, Vol.28, pp.390, 1963.
- 66) 中谷文子，久保千晶，与本裕子ら：連続式微小変形多重バイト試験法によるそばの食感と関連した物性の検討．大阪樟蔭女子大学論文集，第 33 巻，147-155 頁，1996.
- 67) 川端晶子：テクスチャーアナライザによる物性測定．*New Food Industry*，第 37 巻，2 号，63-74 頁，1995.
- 68) 川端晶子：物性測定とテクスチャー評価．食品のテクスチャー評価の標準化，森友彦，川端晶子編，社団法人日本食品科学工学会，63-139 頁，1997.
- 69) 大日方洋，唐沢秀行，村山敏ら：SBSE 濃縮法を用いたそば香气成分の分析．長野県工業技術センター食品部報，第 33 巻，58-61 頁，2005.
- 70) 大日方洋，唐沢秀行：そば粉に含まれる水溶性粘質物の特性について．食科工，第 38 巻，391-397 頁，1991.
- 71) I. Kawakami, S. Kawasaki, T. Igasaki et al.: On the storage period of stone-milled buckwheat flour: Changes in flavor, scent and Texture. Proceedings of 2008 AACC International annual meeting, CD-ROM, 2008.
- 72) 川上いずみ，伊賀崎伴彦，川崎貞道ら：温度変化によるソバ粉の風味の変化．日本味と匂学会第 39 回大会予稿集，86 頁，2005.
- 73) 川上いずみ，村山伸樹，川崎貞道ら：そばの風味に及ぼす保存温度の影響，第 55 巻，559-565 頁，2008.
- 74) 井上直人：ソバ粉の品種は産地によってどのように違うのか．*New Food Industry*，第 43 巻，10-16 頁，2001.
- 75) 井上直人：ソバ粉の粘りは同じ品種でも栽培地によって大きく異なる．*New Food Industry*，第 46 巻，12-16 頁，2004.
- 76) 川上いずみ，清田博康，伊賀崎伴彦ら：石臼挽き国産そば粉の産地による食味の違い．日本味と匂学会誌，第 13 巻，443-444 頁，2006.
- 77) 東原和成：香りで感じる食べ物の美味しさ 嗅覚のメカニズム，FFI ジャ

- ーナル, 212号, 919-928頁, 2007.
- 78) 篠原隆: ワインの香りと品質評価ー最新のワイン事情. FFI ジャーナル, 212, 941-948頁, 2007.
- 79) 境田博臣, 中原徳昭: 蕎麦焼酎の特徴香および穀類本格焼酎の揮発性成分分析. 食科工, 第50巻, 555-562頁, 2003.
- 80) 青木雅子, 小泉典夫: そば粉の官能的特性とその製粉後の消失. 食科工, 第33巻, 769-772頁, 1986.
- 81) 青木雅子, 小泉典夫: そば粉の揮発性成分の同定とその製粉区分別のフレーバー比較. 食科工, 第28巻, 476-481頁, 1981.
- 82) 三木英三, 若林滋, 山野善正: 茹でめんの表面状態の評価. 食科工, 第43巻, 480-487頁, 1996.
- 83) 山野善正: 食品のテクスチャー評価. 食科工, 第44巻, 83頁, 1997.
- 84) 入江健太郎: 食感可視化への試み MRIによるパスタのテクスチャー測定. 新食感フォーラム, 36-38頁, 2003.

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご指導、ご助言、ご配慮賜りました熊本大学大学院自然科学研究科 村山伸樹教授に深く感謝申し上げます。また研究に当たり様々のご助言を頂きました熊本大学大学院自然科学研究科 林田祐樹准教授、伊賀崎伴彦助教に深く感謝致します。

就業中の社会人として研究を進めるにあたり、研究業務をご理解、ご協力いただきました熊本製粉株式会社川崎貞道専務に深く感謝の意を表します。また、研究を進めるに当たり協力頂きました熊本製粉株式会社の研究員の方々に深く感謝申し上げます。

またガスクロマトグラフィー質量分析の試験に当たりご助言、ご協力頂きました熊本県産業技術センター松田茂樹部長、林田安生氏、佐藤崇雄研究員に感謝申し上げます。