

木灰汁（モクアク）麺の特性に影響を及ぼす木灰汁成分の検討

望月智代、豊川哲也、上原真希子、渡部翔之^{*1}、竹内和仁^{*2}、横田雄輔^{*2}

伝統的な沖縄そばは、小麦粉にアルカリ剤として木灰汁（モクアク）と塩を加えることにより作られる¹⁾。本研究では木灰汁の成分と麺の特性の関係を明らかにするため、アカギ、イタジイおよびガジュマルの灰汁の無機成分分析およびこれらを使用した麺の官能評価試験を実施した。その結果、麺の特性に影響を与えるのはカリウムイオン、硫酸イオンおよび鉄イオンであることが明らかとなった。また、カリウムイオンは麺の色の調整、硫酸イオンは旨味や口当たりの向上、鉄イオンはコシと複雑な味の付与といった効果があることがわかった。

1 はじめに

沖縄そばは、小麦粉に強アルカリ性のかんすいと塩を加えて作ることから中華麺に分類されており²⁾、「そば」という名称であるものの、日本そばとは全く異なった特徴を有する沖縄独特の麺である。その起源は 14 世紀末以降に中国から伝えられたと言われているが、一般に食されるようになったのは明治中期（19 世紀末）以降で、「すば」「支那すば」の名称で親しまれてきた¹⁾。³⁾

現在、沖縄そばの製造において、食品添加物である中華麺用かんすいがアルカリ剤として利用されており、数多くの店舗がその添加量や添加法を工夫して様々な麺を製造している。一方、伝統的製法では、木灰から抽出した木灰汁をアルカリ剤として利用してきた¹⁾。そのため、木灰汁麺で沖縄そばを提供している店舗も少数ながらも存在し、木灰汁麺特有の風味と食感を求める消費者から支持を得ている。しかしながら、良質な木灰汁麺を作るための灰汁の調整条件について、詳しい研究はなされていない。そこで本研究は、沖縄そばの高品質化に資することを目的に、木灰汁の無機成分と麺の特性との関係について検討した。

2 実験方法

2-1 供試試料

供試試料はアカギ、イタジイおよびガジュマルを用いた（表 1）。

表 1 供試試料の和名、学名および入手先

和名	学名	入手先
アカギ	<i>Bischofia javanica</i> Blume	沖縄県森林組合連合会
イタジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>	国頭村森林組合
ガジュマル	<i>Ficus microcarpa</i>	(株) 宮里農園

2-2 灰および灰汁の調製

樹木を無煙炭化装置（（有）ベンチャーバイザー製 バッチ式 VI/7000 型）を用いて炭化した後、自己燃焼により灰化、さらにマッフル炉にて 550℃で 3 時間、完全に灰化したものを試験に供した。

灰が約 20～30%（W/V）となるようにイオン交換水に加えて回転式振とう器で 24 時間抽出を行った。その後、定量ろ紙（ADVANTEC 社製 No.5）を用いてろ過し、ボーム 2 度²⁾（15℃でボーム比重計により測定）となるようイオン交換水で調整した溶液を灰汁とした。

2-3 製麺条件

製麺は沖縄製粉株式会社研究所にて行った。

2-3-1 原材料

小麦粉は沖縄製粉社製沖縄そば用粉「さんいん」を使用した。アルカリ剤としては、木灰汁、2.4%水溶液に調製した市販の中華麺用かんすい、食品添加物を用いて所定の濃度に調製した試作アルカリ剤を用いた。また食塩については特級試薬を用いた。

上記のように調製したアルカリ剤と食塩をそれぞれ小麦粉重量の 34%および 2%となるよう混合したものを仕込み水とした。また水はイオン交換水、サラダ油は市販品を用いた。

2-3-2 製麺

①混合

小麦粉 600g に仕込み水 216g を混ぜ、卓上ミキサー（株式会社品川工業所製 5DM 型）にて 2 分 30 秒間ミキシングした後、手入れをし、さらに 2 分 30 秒間ミキシングを行った。

②成形（素麺帯）

スズキ麺機（株式会社スズキ麺工製）を用いて、生地を厚さ 7.15mm となるようロールにかけ、麺帯に成形し

*1 現畜産研究センター、*2 沖縄製粉株式会社

た。

③複合

麵帯を重ね合わせて2回複合を行った。最終の厚みは約7.00mmとした。

④熟成

ビニールに包み、約30分間寝かせた。

⑤圧延

ロールを用いて、1回目は4.15mm、2回目は2.65mm、3回目は1.65mmまで圧延した。

⑥切り出し

切り刃は、角刃(#10:3mm)を使用し、幅3mm、長さ300mmで切り出した。

⑦ゆで・油処理

沸騰した湯で、1分30秒～2分間、粉歩留まりが1.9～2.0となるようゆでた。ゆで後すばやく水を切り、サラダ油を生麺重量の5%（小麦粉重量の6.8%）まぶし混合した。

⑧冷却・保存

常温まで風冷した後、冷蔵庫にて約12時間保存した。

2-4 官能評価試験

官能評価の方法は、色、外観（つや）、硬さ、粘弾性、滑らかさ、食味（味・におい）の6つの項目を7段階で評価する、7段階評価採点法を用いた。採点基準はゆでめんの官能検査採点基準²⁾に準じて2種類（表2、3）の採点方法で検討した。また、評価基準を表4に示す。パネラーは、工業技術センター研究員4～5名、沖縄製粉株式会社研究員2名とした。

2-5 無機成分分析

灰汁を1%硝酸溶液またはイオン交換水により適宜希釈を行い、無機成分を定量した。分析項目と分析に使用した装置を表5に示す。

2-6 統計処理

統計処理は、EXCEL（マイクロソフト社）、EXCEL統計（エスミ社）を使用し、t検定もしくはTukeyの全群比較により母平均の差の検定を行った。

3 実験結果と考察

3-1 木灰汁麺の特性の解明

木灰汁3種およびアルカリ剤として一般的に用いられている炭酸ナトリウムと炭酸カリウムを用いた麺について官能評価試験を行い、木灰汁麺と人工かんすい麺を比較した。官能評価試験に用いた各アルカリ剤のpHおよび無機成分含量を表6に示す。

評価項目ごとに一元配置の分散分析を行ったところ、官能評価採点表①（表2）による採点結果において、滑らかさおよび食味で因子効果が認められた（表7）。この2項目の官能評価試験の結果を図1、2に示す。図の縦軸は評点、横軸はアルカリ剤の種類を表している。バーの上の文字は、異なるアルファベット間のアルカリ剤に5%危険率で有意差があることを示す。

表2 官能評価採点表①

	点	不良			標準	良		
		かなり	少し	わずかに		わずかに	少し	かなり
色	25点	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25
外観	20点	8	10	12	14	16	18	20
食感 計45点	かたさ	4	5	6	7	8	9	10
	粘弾性	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25
	滑らかさ	4	5	6	7	8	9	10
	計45点	40	50	60	70	80	90	100
食味	10点	4	5	6	7	8	9	10
合計	100点満点	40	50	60	70	80	90	100

表3 官能評価採点表②

	点	不良			標準	良		
		かなり	少し	わずかに		わずかに	少し	かなり
色	-3	-2	-1	0	1	2	3	
外観	-3	-2	-1	0	1	2	3	
食感	かたさ	-3	-2	-1	0	1	2	3
	粘弾性	-3	-2	-1	0	1	2	3
	滑らかさ	-3	-2	-1	0	1	2	3
食味	-3	-2	-1	0	1	2	3	
合計	-18	-12	-6	0	6	12	18	

表4 各評価項目の基準

評価項目	高い点数	低い点数
色	明るく、黄色を呈する	暗く、赤色、白色を呈する
外観（つや）	表面が滑らか	表面にデンプンが溶け出した粒がある
硬さ	適度な硬さ、軟らかさは個人の好みで	硬すぎる、軟らかすぎる
粘弾性	歯切れがよい	くちやつきを感じ、歯に付着する
滑らかさ		表面にざらつきやぬめりを強く感じる
食味（味・におい）	適度なアルカリ臭や小麦粉のうま味を感じる	アルカリ臭、小麦粉の生臭さを強く感じる

表5 分析項目および分析装置

分析項目	分析装置	メーカー・型番
Na, K	原子吸光度計	日本ゼンケン株式会社製 SOLAAR AAseries
Ca, Mg	ICP発光分光分析装置	PerkinElmer製 Optima 4300DV
Fe, Zn, Cu, Mn, As, Cd, Pb	ICP質量分析装置	Agilent Technologies製 7500ce
Cl, SO ₄	イオンクロマトグラフ装置	DIONEX製 DX-120

表6 各アルカリ剤のpHおよび無機成分含量 (mg/kg アルカリ剤)

	ボーメ2度になる 木灰量 (W/W)	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
アカギ	20.7	13.2	1338.0	7743.0	9.9	0.3	597.0	588.4
イタジイ	22.1	13.3	1243.0	7513.0	9.1	0.0	146.1	1352.0
ガジュマル	27.7	13.3	753.5	8151.0	6.9	0.4	549.5	948.9
Na:K=1:6	—	11.6	1019.0	5914.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na:K=1:11	—	11.6	582.3	6350.0	0.0	0.0	0.0	0.0
炭酸ナトリウム	—	11.6	6933.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
炭酸カリウム	—	11.8	0.0	9449.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(μ g/kg アルカリ剤)

	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Mn ²⁺	As ³⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺
アカギ	16.9	53.6	4.8	8.1	2.4	22.5
イタジイ	24.5	39.4	6.9	71.5	0.7	21.9
ガジュマル	34.5	8.5	6.4	12.6	2.0	21.6
Na:K=1:6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na:K=1:11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
炭酸ナトリウム	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
炭酸カリウム	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

滑らかさでは因子効果が認められた(表7)ものの、各項目間に有意差が見られなかった(図1)。ただし、木灰汁麺の評価がやや高い傾向であった。食味では、アカギおよびイタジイ木灰汁麺が、Na:K=1:6 および炭酸ナトリウム使用麺より有意に高い値であった。また、Na:K=1:11 および炭酸カリウム使用麺とは有意差は見られなかった。このことより、木灰汁麺と人工かんすい麺における食味の違いは、ナトリウムイオンもしくはカリウムイオンが関与していることが示唆された(図2)。

色、外観、硬さ、粘弾性については、木灰汁麺と人工かんすい麺の間に差はなく、ナトリウムイオンもしくはカリウムイオンを含むアルカリ剤で木灰汁麺様の特性が再現可能であることがわかった。

各アルカリ剤の pH および無機成分含量を変数クラスターとし、合併後の距離計算をウォード法にて、原データ距離計算をマハラノビスの距離にてクラスター分析を行った。クラスター分析により得られたデンドログラムを図3に示す。

クラスター分析の結果、アカギ・ガジュマル・イタジイの木灰汁グループ、カリウムイオンを含有するグループ、炭酸ナトリウムのみのグループの3つに分けられた。木灰汁グループとカリウムイオングループの距離が近いことから、ナトリウムイオンよりもカリウムイオンの方がアルカリ剤としての性質に大きく関与していることが示唆された。また、木灰汁間ではアカギ・ガジュマルグループとイタジイグループに分けられた。表6の無機成分含量において、塩素イオン、マグネシウムイオンおよび硫酸イオンが同様な傾向を示しており、これらの成分

表7 分散分析による効果の判定(木灰汁麺および人工かんすい麺)

	色	外観	硬さ	粘弾性	滑らかさ	食味
判定	[]	[]	[]	[]	[*]	[**]

* : p < 0.05, ** : p < 0.01 で有意差あり
変動因 : アルカリ剤

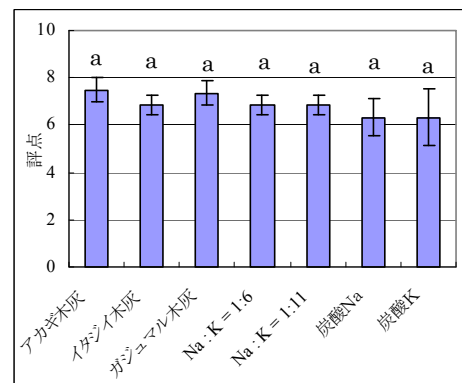


図1 滑らかさの官能評価結果

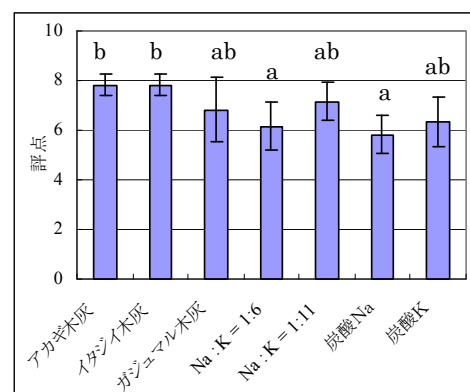


図2 食味の官能評価結果

が木灰汁麵の特性に関与している可能性が示唆された。

官能評価試験の結果と無機成分の関係をより客観的に評価するために、因子分析を行った。図 4 に因子分析後の因子負荷量散布図、図 5 にアルカリ剤別の因子得点散布図を示す。

因子負荷量の第 1 因子では、粘弾性が高い得点を示した (図 4)。因子得点の第 1 因子においては、アカギ・ガジュマルグループ、イタジイ、Na:K=1:6 と Na:K=1:11 グループ、炭酸カリウム、炭酸ナトリウムの並びとなっており、カリウムイオンの増加に伴ってプラス方向にシフトする傾向が認められた (図 5)。これより、粘弾性を表す麵のコシや歯切れ等の物理的スケールは、カリウムイオンの増加が関与していることが示唆された。因子得点の第 2 因子は、木灰汁麵 (第 1 象限に分布) と人工かんすい麵 (第 3 象限に分布) に分別される (図 5) ことから、表 6 のマグネシウムイオン、塩素イオン、硫酸イオンおよびその他の微量元素が反映されていることがわかった。また因子負荷量の第 2 因子において、外観、滑らかさおよび食味が高い得点を示す (図 4) ことから、匂いおよび味のような化学的スケールは、マグネシウムイオン、塩素イオン、硫酸イオンおよびその他の微量元素が関与していると示唆された。

3-2 市販のアルカリ剤 (中華麵用かんすい) 使用麵と木灰汁麵の比較

市販のアルカリ剤使用麵と木灰汁麵を比較するため、官能評価試験を行った。使用した市販品 (アルカリ剤 A) の成分含量を表 8 に示す。官能評価試験はアルカリ剤 A を対照として実施した。官能評価採点表② (表 3) による採点の結果、アカギ木灰汁麵が、アルカリ剤 A 使用麵より有意に高い評価であった。また有意差は見られなかったものの、イタジイ木灰汁麵、ガジュマル木灰汁麵もアルカリ剤 A より高い評点が得られた (データ未提示)。

3-3 ナトリウムイオンの影響

一般的に、アルカリ剤には炭酸ナトリウムなどが配合されている。しかし製麵工程では食塩が添加されるため、ナトリウムイオン含量は重要ではないことが推察された。そこで、ナトリウムイオンの有無が麵の判別へ影響を及ぼすかどうか、官能評価試験により確認を行った。アルカリ剤は炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、硫酸マグネシウムを用いて調製した (表 9)。官能評価採点表① (表 2) による採点の結果、ナトリウムイオンありとなしの麵との間に有意差が見られなかったことから、その重要性は低いことを実証した (データ未提示)。

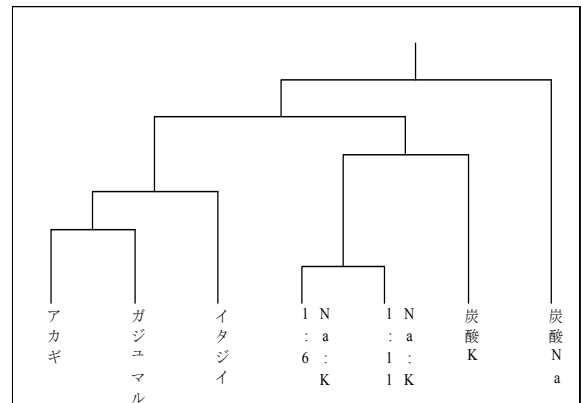


図 3 木灰汁と人工かんすいのクラスター分析結果

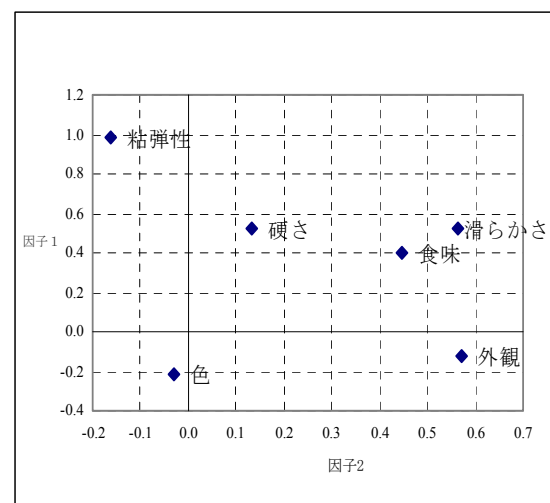


図 4 官能評価結果の因子負荷量散布図

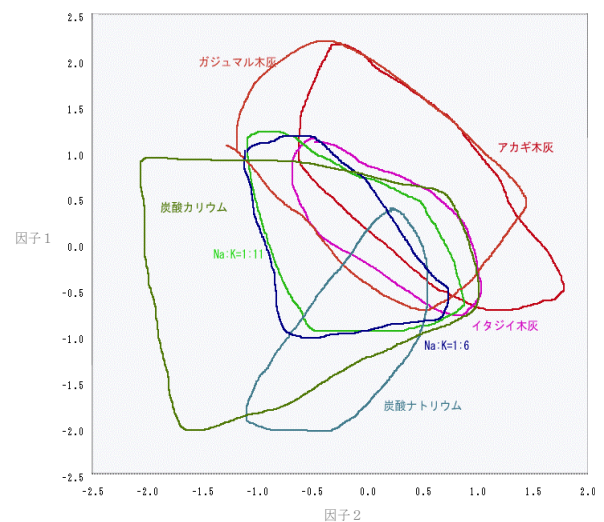


図 5 アルカリ剤別の因子得点散布図

表 8 市販の中華麵用かんすいの成分含量

アルカリ剤A	mg/kg	Na ₂ CO ₃	K ₂ CO ₃	リン酸塩
		%	%	%
		3530	18820	1180
		15	80	5

3-4 無機成分の影響

クラスター分析および因子分析の結果より、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、塩素イオン、硫酸イオンおよびその他の微量元素が食味に影響を与えていることが示唆された。しかし、食品の安全性を考慮して、銅、マンガン、ヒ素、カドミウム、鉛は除外し、上記の4成分と鉄イオンについて検討することとした。

そこでアルカリ剤 No.1 ~ 8 を調製し、アカギ木灰汁麺を対照とした官能評価試験を行った。表 10 に各種アルカリ剤の組成を示す。ナトリウムイオンおよびカリウ

ムイオン濃度は、炭酸ナトリウムおよび炭酸カリウムを添加することにより、すべて一定の値に調製した。No.1 はアカギ木灰汁を参考に調製したアルカリ剤である。

官能評価採点表②(表 3)による採点結果について評価項目ごとに一元配置の分散分析を行ったところ、粘弾性、食味および合計について因子効果が認められた(表 11)。

表 9 ナトリウムイオン含量の異なるアルカリ剤の成分および組成

アルカリ剤 No.		塩濃度換算			イオン濃度換算		
		K ₂ CO ₃	Na ₂ CO ₃	MgSO ₄	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻
Naあり	mg/kg	8943.0	1526.0	752.0	2530.0	331.0	600.0
	%	79.7	13.6	6.7	22.5	2.9	5.3
Naなし	mg/kg	10470.0	0.0	752.0	2962.0	0.0	600.0
	%	93.3	0.0	6.7	26.4	0.0	5.3

表 10 各アルカリ剤の成分含量および組成

アルカリ剤 No.		Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	CaSO ₄	FeSO ₄	MgCl ₂	Mg(OH) ₂	MgPO ₄	NaCO ₃	K ₂ CO ₃
1	mg/kg	-	1110	20	40	-	-	-	3070	12580
	%	-	6.6	0.1	0.2	-	-	-	18.3	74.8
2	mg/kg	-	1130	-	-	-	-	-	3070	12580
	%	-	6.7	-	-	-	-	-	18.3	75.0
3	mg/kg	920	-	-	-	-	-	-	2380	13460
	%	5.5	-	-	-	-	-	-	14.2	80.3
4	mg/kg	-	-	890	-	-	-	-	3070	13460
	%	-	-	5.1	-	-	-	-	17.6	77.3
5	mg/kg	-	-	-	970	-	-	-	3070	13460
	%	-	-	-	5.5	-	-	-	17.5	76.9
6	mg/kg	-	-	-	-	750	-	-	3070	13460
	%	-	-	-	-	4.3	-	-	17.8	77.9
7	mg/kg	-	-	-	-	-	750	-	3070	13460
	%	-	-	-	-	-	4.4	-	17.8	77.9
8	mg/kg	-	-	-	-	-	-	920	3070	13460
	%	-	-	-	-	-	-	5.3	17.6	77.1

表 11 分散分析による効果の判定(組成の異なるアルカリ剤使用麺)

	色	外観	硬さ	粘弾性	滑らかさ	食味	合計
判定 []	[]	[]	[*]	[]	[]	[**]	[**]

*: p<0.05、**: p<0.01 で有意差あり
変動因: アルカリ剤

この3項目の官能評価試験の結果を図6~8に示す。縦軸はアルカリ剤 No.、横軸は評点を表し、アカギ木灰汁麺より良好な場合はプラス、不良な場合はマイナスの評価となる。またバーの横の文字は、異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差があることを示す。

No.6(塩化マグネシウム含有)以外のアルカリ剤使用麺は、粘弾性、食味および合計で、いずれもアカギ木灰汁麺と同等な評点だった(図6~8)。

No.6使用麺は、粘弾性ではNo.2(硫酸カリウム含

有)およびNo.5(硫酸鉄含有)使用麺より、食味ではアカギ木灰汁麺およびNo.1(アカギ木灰汁様)使用麺より、また合計ではアカギ木灰汁麺、No.1および2使用麺より有意に低かった(図6~8)。

粘弾性と合計において、硫酸イオンを含むNo.2~5使用麺は有意差はないものの、マグネシウムイオンを含むNo.6~8使用麺よりもやや高めの評価であった(図6、8)。

表12に官能評価試験における各アルカリ剤使用麺への評価コメントを示す。No.1~3使用麺ではアカギ木灰汁麺と比較して「あっさりめ」、No.4および5使用麺では「硬め」の評価であった。またマグネシウムイオンを含むNo.6~8使用麺は不良と判断できる評価が得られた。

カリウムおよび硫酸イオンを含有するNo.1および2使用麺で良好な評価コメントが得られたこと(表12)、

官能評価試験の評点において、アカギ木灰汁麺と同等な値であったこと（図6～8）から、この2成分が木灰汁麺の特性に大きく関与していることが示唆された。

また、鉄イオンを含有する No.5 使用麺に関しては特徴的であるとの評価があったため、食味、食感に何らかの影響を与える事がわかった（表12）。

No.6 使用麺の評点が有意に低かったこと（図6～8）、マグネシウムイオンを含む No.6～8 使用麺の評価コメントが低かったこと（表12）があったことから、塩素イオンおよびマグネシウムイオンの重要性は低いことが示唆された。

以上のことから、木灰汁麺の特性に関与する成分として、カリウムイオン、硫酸イオンおよび鉄イオンであることが示唆された。

3-5 麺の特性に対するカリウムイオンの影響

カリウムイオンが麺に与える影響を検討するため、カリウムイオン濃度を0～39000mg/kgへ変化させてアルカリ剤を調製し、官能評価試験を実施した。官能評価採点表②（表3）による採点の結果、カリウムイオンは1900～23000mg/kgの濃度範囲でアカギ木灰汁様の麺が得られることが確認できた。さらにカリウムイオンは、麺の色を調整する役割があると考えられ、多量に存在するとアルカリ臭が強くなるとともに、苦みが増し、食味にマイナスの影響を与えることがわかった（データ未提示）。

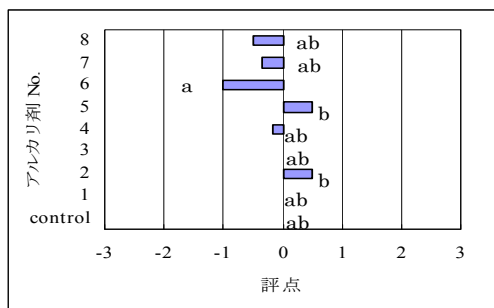


図6 無機成分の違いが粘弾性に与える影響

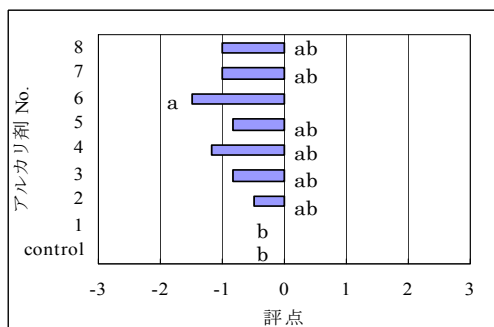


図7 無機成分の違いが食味に与える影響

3-6 麺の特性に対する硫酸イオンの影響

硫酸イオンが麺に与える影響を検討するため、硫酸イオン濃度を0～12000mg/kgへ変化させてアルカリ剤を調製し、官能評価試験を実施した。官能評価採点表②（表3）による採点の結果、硫酸イオンは80～6000mg/kgの濃度範囲でアカギ木灰汁麺様の食味・食感が得られることが確認できた。さらに硫酸イオンには、旨味の向上や口当たりを良くするなどといった役割があり、多いと麺の色が白色に呈することが明らかとなった（データ未提示）。

3-7 麺の特性に対する鉄イオンの影響

鉄イオンが麺に与える影響を検討するため、鉄イオン濃度を0～270mg/kgへ変化させてアルカリ剤を調製し、官能評価試験を実施した。官能評価採点表②（表3）による採点の結果、鉄イオンは3～130mg/kgの濃度範囲でアカギ木灰汁麺様の食味・食感が得られることが確認できた。さらに鉄イオンは、麺にしっかりとしたコシを与え、味に複雑さを付与する役割があると考えられ、多いと脆く硬すぎる麺となり、色もくすんでくることが明らかとなった。（データ未提示）。

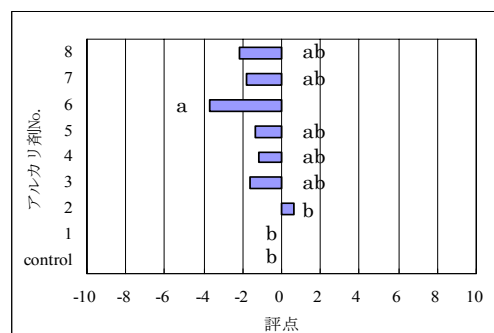


図8 組成の異なるアルカリ剤における官能評価結果（合計）

表12 各アルカリ剤使用麺に対するコメント

アルカリ剤 No.	コメント
1	割とよい。木灰汁麺よりあっさり。
2	木灰汁麺よりあっさり。味が薄めだが良好。
3	木灰汁麺よりあっさり。若干歯切れに欠ける。
4	やや硬め。
5	後半に独特の匂いあり。特徴が強い。やや硬め。
6	味に厚みがない。
7	味に変化がない。
8	リン酸の味。臭み。

4 まとめ

木灰汁麺の特性に影響を及ぼす木灰汁の無機組成について検討したところ、以下のような結果が得られた。

- ①木灰汁麺の特性に関与する無機成分はカリウムイオン、硫酸イオンおよび鉄イオンであることがわかった。
- ②カリウムイオン、硫酸イオンおよび鉄イオンはそれぞれ 1900～23000mg/kg、80～6000mg/kg、3～130mg/kg の濃度範囲において、木灰汁麺様の食味・食感が得られた。
- ③カリウムイオンは麺の色の調整、硫酸イオンは旨味や口当たりの向上、鉄イオンはコシと複雑な味の付与といった効果があることがわかった。

謝 辞

本研究において、炭化工程を行なうにあたり、ご助言やご協力をいただいた株式会社沖坤の皆さまに厚く御礼申し上げます。

本研究は、平成20年度「企業連携共同研究事業」において、沖縄製粉株式会社との共同研究として実施しました。

参考文献

- 1) 土肥建一、高良倉吉、与久田孝子、沖縄そばに関する調査報告書 第1集、株式会社サン食品、(1982)
- 2) 小田聞多、新めんの本、食品産業新聞社、(1980)
- 3) アジア麺食の道、沖縄製粉株式会社、(1996)