

大豆臭の少ない大豆たん白クッキー製造に関する調理学的研究

平尾和子*

愛国学園短期大学

Study on Cookie-making, less of Beany Flavor, used Soy Protein Isolate

Kazuko HIRAO*

Aikoku Gakuen Junior College, Tokyo 133-8585

ABSTRACT

In order to prepare cookies with less of a beany flavor using soybean protein isolate (SPI), the cooking process, baking temperature and time, the ratio of water in the cookie, and the ingredient ratio (using Scheffé's simple lattice design) were examined by use of physical measurement, sensory evaluation and gas chromatography analysis. SPI, wheat flour, sugar, shortening and egg and/or water were used, and the cookies were baked at 140-180°C. To judge by the results, when water and sugar were added to the cookie dough and the cookies were thoroughly heated at 160°C, the beany flavor of SPI cookies was reduced and a fragrant aroma was added. According to analysis of the ingredient ratio by Scheffé's simple lattice design, the more wheat flour was added, the softer the cookie texture, and moreover there was also less of a beany flavor. Furthermore, the more sugar was added, the shorter the cookie texture, and moreover there was also more of a fragrant scent. The ingredient ratio of lattice point ③ (40% SPI, 0% wheat flour and 60% sugar) was evaluated as the most preferable in the item of taste of sensory evaluation. Gas chromatography analysis suggests that this is due to a masking effect by the Malliard reaction. The ingredient ratio of 40% SPI, 15% wheat flour and 45% sugar in the cookies was evaluated as the most preferable with regard to hardness, shortness, and overall sensory evaluation. The above results suggest that cookies made with an ingredient ratio of approximately SPI 25.5%, wheat flour 9.6%, sugar 28.6%, shortening 22.7%, egg and water 13.6% have the most favorable taste. Moreover, the substitution of butter for shortening and trehalose for sugar increased the sweet-smelling flavor and reduced the beany flavor in the cookies. *Soy Protein Research, Japan* **15**, 125-132, 2012.

*〒133-8585 東京都江戸川区西小岩5-7-1

Key words : beany flavor, soy protein isolate, cookie, Scheffé's simple lattice design, physical properties, sensory evaluation

本学女子学生を対象にした食事調査において、ビタミン・ミネラル類が顕著に不足し、たん白質の摂取は動物性に偏る傾向があり、豆類、野菜類、食物繊維等の摂取不足という現状を確認した¹⁾。改善策の一つとして、薄力粉40～60%を分離大豆たん白（以下、SPI）で置換したクッキーを調製した²⁾ところ、SPIを用いた生地（以下、ドウ）は伸展性がなく多量の加水が必要となり、それを焼成したクッキーはもろさが減少し、大豆由来の特有な不快臭（以下、大豆臭）があるものとなった。栄養性に優れ美味しく家庭で簡単に調製できるクッキーであれば、必須栄養素の継続的な摂取が可能となるため、大豆臭の少ないクッキー調製法を調理学的に解明したいと考えた。そこで本研究では、SPIクッキードウの水分添加の必要性、調製手順、焼成温度・時間、脂質および糖の種類および材料配合比の影響を、物性、官能評価および揮発性成分の測定等から研究し、クッキーの大豆臭軽減の効果を検討した。

方 法

材料

基本材料はSPI（プロリーナ700(株):フジプロテインテクノロジー）、小麦粉（薄力粉フラワー:日清製粉(株)）、上白糖（三井製糖(株)）、ショートニング（日本製粉(株)）とし、必要な場合に鶏卵（市販品）、蒸留水を使用した。比較として、トレハロース（(株)林原商事）、食塩不使用バター（雪印乳業(株)）、食塩不使用マーガリン（明治乳業(株)）を用いた。

材料配合および調製方法

クッキーの材料配合およびドウの調製方法をTable 1に示した。試料はTable 1に示すExperimental methodsの1)～5)の項目に従い組合せた。ドウはスピードカッター MK-K50 (National) のプッシング機能（回数は「P」と表記）を使用して調製した（*で示す）。調製したドウは3 mm厚さに圧延し、5℃で30分間冷却後38 mm径に成形した。焼成はガスコンベックオーブ

Table 1. Ingredient Ratio, Cooking process of dough and Experimental methods of Cookies

	food material (shortening sign)	A	B	C	D	E	F	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Ingredient ratio	SPI (SP)	—	75	150	75	75	150	210	84	84	147	84	147	126	168	105	105
	Wheat flour (Fl)	150	75	—	75	75	—	—	126	—	63	63	—	42	21	84	21
	Sugar (Su)	60	60	60	60	60	60	—	—	126	—	63	63	42	21	21	84
	Shortening (Sh)	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Egg (Eg), Water (Wa), Water added dissolved egg (EW=Eg:Wa=1:1)	(0, 30, 45, 60, 90)						45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Cooking process of dough		Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	5) Scheffé's simple lattice design									
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	Sh									
		Su	Su	Su	SP	SP, Fl	SP	SP, Fl									
		↓ _{20P}	↓ _{20P}	↓ _{20P}	↓ _{20P}	↓ _{20P}	↓ _{20P}	↓ _{20P}									
		Eg, Wa, EW			Su	Su	Su	Su									
Experimental methods	1) Water addition	*	*	*				Eg・Wa (0, 30, 60, 90 g)/170℃・12 min									
	2-1) Cooking process and	*	*		*	*		Eg・(45 g)/170℃・12 min									
	2-2) Order of water addition			*			*	Eg・(45)/170℃・12 min									
	3) Optimum water addition selected for the experiment						*	Eg・Wa (0, 30, 45, 60, 90 g)/170℃・12 min									
	4-1) Breaking temperature and time					*	*	EW 45, 90 g/140℃ 10 min・20 min 170℃ 5 min・10 min									
Experimental methods	4-2) Optimum water addition selected for the experiment					*	*	EW 45 g/140℃・25 min 160℃・15 min 170℃・12 min									
	5) Scheffé's simple lattice design	①～⑩						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

P; The number of times of the pushing function by food cutter, SP; SPI, Fl; wheat flour, Su; sugar, Sh; shortening, Eg; egg, Wa; water.

ン (RCK-10M: リンナイ(株)) で170℃・12分間加熱をコントロールとし、140～170℃間で検討した。焼成後は30分間室温で放置後各測定試料とした。

材料配合比の検討

Schefféの単純格子計画法³⁻⁵⁾を用い、 X_1 : SPI, X_2 : 小麦粉, X_3 : 砂糖の3成分を水準として10格子点の配合比を求め、Fig. 1に示した。3成分の最小値および最大値はSPI (84～210 g), 小麦粉 (0～126 g), 砂糖 (0～126 g) とし、各格子点の総重量210 gに対してショートニング75 gおよび卵水45 gを添加した。Table 1の配合比①～⑩に従いクッキーを調製し160℃で15分間焼成した。クッキーの厚さ、破断測定および官能評価で得られた各特性値と材料配合比との関係を検討した。

測定方法

水分率測定: 加熱乾燥式水分計MX-50 (株) エー・アンド・ディ) を用いてクッキードウを130～180℃で30分間焼成し、最適焼成温度および時間を求めた。

物性測定: テンシプレッサー My Boy II (南) タケトモ電機) を用いて測定を行った。プランジャーはV型 (2×20 mm), クリアランスは0.5 mmとし、各特性値を

求めた。

官能評価: クッキーの官能評価は7段階評点法を用い特性評価・嗜好を求めた。統計処理は2元配置分散分析を用い、試料間にはFisherの有意差検定を行った。Schefféの単純格子計画法では、つり合い不完備型計画法⁶⁾に従った。パネルは教職員専門パネル6～20名とした。

ガスクロマトグラフによる揮発性成分の分析: ガスクロマトグラフ (GC8A; 島津製作所) を用いて、材料配合比の格子点①, ②, ③のクッキー (Table 1の配合比①～⑩) の揮発性成分を分析した。40 mLのバイアルビンに粉碎した試料5 gを計測し、蒸留水3 mLを加えシリコンセブタムPTFE/silicone/stable flex (スペルコ社製) で蓋をし、分析サンプルとした。濃縮および抽出には、固相マイクロ抽出法 (SPME法) を用いた。

結果と考察

水分添加の必要性

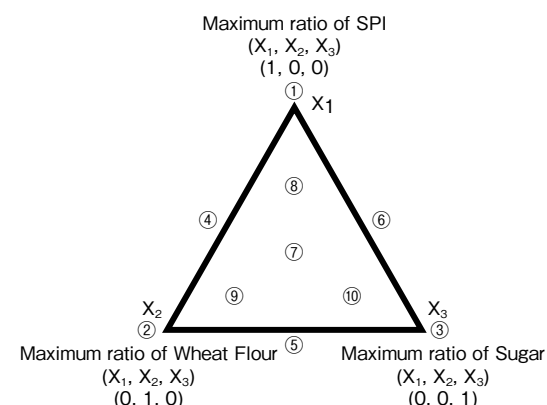
小麦粉, 小麦粉+SPI (各50%), SPIの3種を用いて水分無添加のクッキードウを調製したところ (Table 1の実験方法1)), SPIを用いたドウではまともにくくクッキーの大豆臭・酸味が強かったため、水分の添加は必要と考えた。そこで基本材料の総重量285 gに対し蒸留水 (以下: 水) または卵を30 g, 60 g, 90 gと添加したところ、作業性の面から判断し、SPIおよび小麦粉ドウのいずれも全量285 gに対して水分は30～60 gの範囲に適性加水量があると推定できた。

調製手順と水分添加の位置

調製手順はTable 1の実験方法2)に従い、小麦粉のみと調製手順の異なる小麦粉+SPI 3種の計4種を用いて官能評価から検討した。図示しなかったが、SPIを用いたクッキーは特性評価、嗜好のいずれの項目においても試料間に有意の差は認められず、調製手順の違いによる影響は認められなかった。SPIドウは調製最後に水分を添加すると作業性が向上した。

最適加水量の決定

SPIクッキードウの最適加水量を検討するため (Table 1の実験方法3)), 基本材料の総重量285 gに対して0 g, 30 g, 45 g, 60 g, 90 gの水または卵を添加したクッキーの物性を測定した (Fig. 2)。破断応力は水60 g, 卵90 g添加で値が最も大であった。もろさは水では45 g, 60 gが、卵では90 g添加が大きかった。官能評価 (Fig. 3) から卵・水添加が多いクッキーはにおいて、もろさが少なく、自由記述の意見でも45 g,



Sample number	Lattice point level (X_1, X_2, X_3)	Ingredient ratio (%)		
		SPI	flour	sugar
①	(1, 0, 0)	100	0	0
②	(0, 1, 0)	40	60	0
③	(0, 0, 1)	40	0	60
④	(1/2, 1/2, 0)	70	30	0
⑤	(0, 1/2, 1/2)	40	30	30
⑥	(1/2, 0, 1/2)	70	0	30
⑦	(1/3, 1/3, 1/3)	60	20	20
⑧	(2/3, 1/6, 1/6)	80	10	10
⑨	(1/6, 2/3, 1/6)	50	40	10
⑩	(1/6, 1/6, 2/3)	50	10	40

The total amount was adjusted to 210 g.

Fig. 1. Ten ingredient ratios for Scheffé's simple lattice design of the three components.

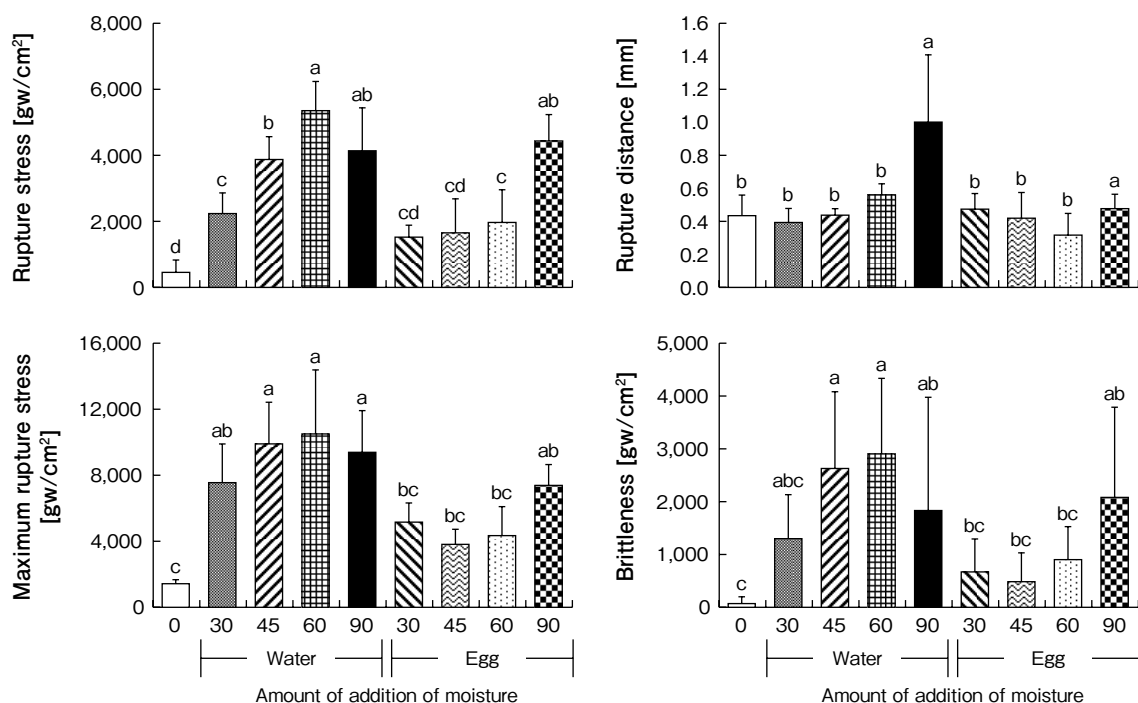


Fig. 2. Physical properties of cookie prepared by different water addition.

Letters a, b, c, d show significant difference in the level of the property ($p < 0.05$).

Ingredient ratio of sample number F is SPI 150 g, shortening 75 g, and sugar 60 g. Water; water addition, Egg; egg addition.

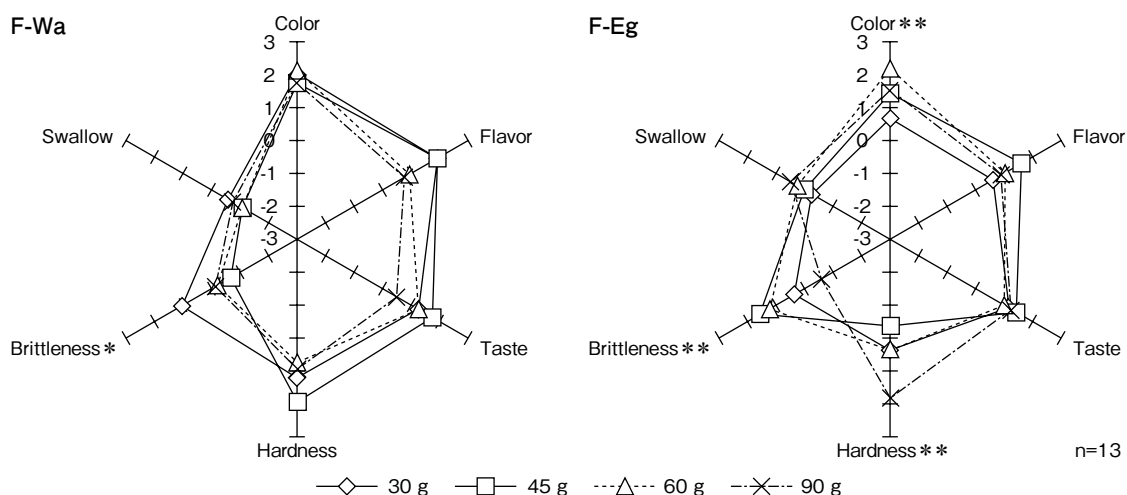


Fig. 3. Sensory evaluation of cookie prepared by different water addition.

Each asterisk at the side of the items shows a significant difference level sa by the F -test (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$). Ingredient ratio of sample number F is SPI 150 g, shortening 75 g, and sugar 60 g. Wa; water addition, Eg; egg addition, The number in a parenthesis shows the amount of addition of moisture.

60 g添加量のものが好まれた。60 g添加ではドウ調製の作業性が悪いことから、最適加水量は45 g (約14%)とした。

焼成温度・時間の検討

卵、水を単独で用いず、既報²⁾と同様に卵と水を50%ずつ (以下、卵水) 添加して焼成温度と時間の検討を行った。卵水の加水量は0 gをコントロールとして最適加水量45 gとその2倍の90 gで検討した。焼成温度・時間は140℃ 10分間、20分間、170℃ 5分間、10分間の計4種とした (Table 1の実験方法4-1)。卵水を添加したSPIおよび小麦粉+SPIクッキーではいずれの温度でも焼成時間の長い方が破断応力、最大破断エネルギーおよびもろさは減少する傾向にあり、官能評価・嗜好からも焼成時間が長く焼きの良いクッキーは味が好まれた。そこで、クッキードウの水分率を測定し、最適焼成温度を検討した。

SPIクッキードウ (試料F) と小麦粉+SPIクッキードウ (試料E) の水分率測定結果をFig. 4に示した。焼成温度が高いものは焼成初期に変曲点がみられ、その後水分率は急激に上昇し、全体的に炭化されて酸味や苦味のあるクッキーとなった。焼成時間が短く十分に水分が蒸発する温度・時間を検討したところ、各焼成温度で水分が平衡に達する最初の時間を最適焼成温度とし、170℃・12分間、160℃・15分間、140℃・25分間と考えて官能評価を行った (Table 1の実験方法4-2)。その結果、特性評価および嗜好において有意の差は色の項目だけであったが、飲み込みやすさ、総合評価の項目においては160℃・15分間が好まれる傾向がみられた。

材料配合比の影響

厚さおよび物性

Fig. 5に厚さ・物性の推定曲線を示した。クッキーの厚さはSPIの水準が高いほど薄く、小麦粉と砂糖が1/2ずつの水準である格子点⑤が最も厚いクッキーとなった。物性では、破断応力はSPI、小麦粉の最高水準では小さく、砂糖の水準が高くなるほど大きくなり、最大破断エネルギーと同様の傾向を示した。もろさは3成分の最高水準 (①②③) よりも3成分を混合した配合比の値が大きくなり、特に格子点⑥のもろさが大となった。

破断距離はSPIの水準が高いほど短く、SPIの割合が多いほど破断しやすいと考えられた。

ガスクロマトグラフィーによる揮発性成分

SPIの水準が高い格子点①のクッキーの味とにおいては酸味やエグ味、青臭い香りであり、砂糖の水準が高い③はローストしたナッツ様の味や香りであり質の異

なるものであった。SPIの水準が最も高い格子点①ではRT11, 14に大豆臭が認められ、RT11は大豆特有のn-ヘキサナールであることが確認された。砂糖の水準が高い格子点③はアミノカルボニル反応および焦げ臭によるとと思われるRT18, 21, 22, 23付近のこうばしい香りをもつピークを検出した。これらは、RT11, 14の大豆臭をマスキングすることが出来ると考えられた。一方、小麦粉の水準が高い格子点②では小麦粉が

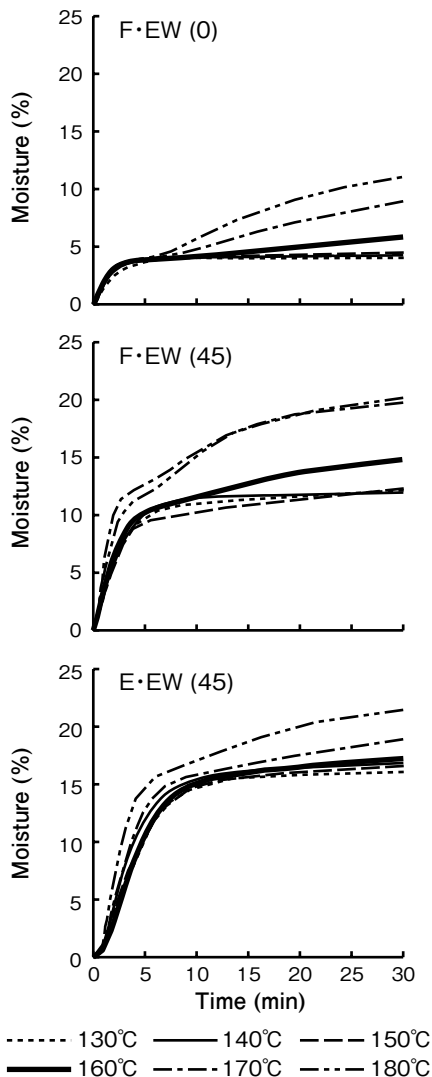


Fig. 4. Change in moisture of cookie dough.

Ingredient ratio of sample number E is SPI 75 g, Wheat flour 75 g, shortening 75 g, and sugar 60 g, and sample number F is SPI 150 g, shortening 75 g, and sugar 60 g. EW; Water added dissolved egg (water: egg = 1:1) addition.

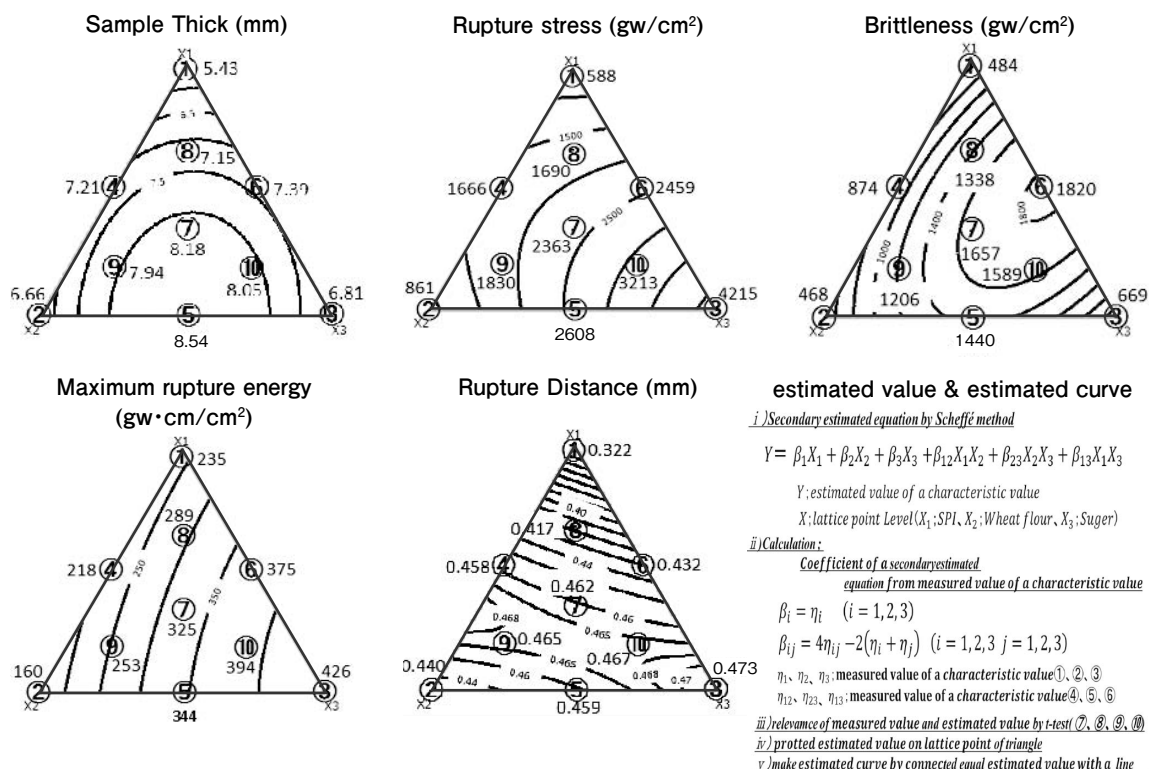


Fig. 5. Estimated curves for the thickness and physical properties of the cookies.

SPIに添加されたことでRT11, 14の香り成分を希釈すると考えられたが, 砂糖ほどの大豆臭軽減効果は期待できないことが明らかとなった。

官能評価

官能評価の特性評価 (Fig. 6) では, 味は小麦粉の水準が高い格子点②は少なく, 砂糖の水準が高い格子点③は味があると評価された。硬さは小麦粉の水準が高いほど小さく, 砂糖の水準の高いものが大となった。もろさは小麦粉の水準が高いものがあるとされ, 砂糖の水準の高いものがないと評価された。従って小麦粉の水準が高いものが軟らかくもろさがあり, 砂糖の水準の高いものが硬くもろさがないとなり, 物性値と逆の傾向になった。これは官能評価では軟らかくて口中でくずれることが「もろさ」と判断することが多く, 物性で捉えたもろさとは逆の結果が出たと考えられた。嗜好では, 硬さおよびもろさは格子点水準 (0, 1/4, 3/4) が最も好まれ, 配合はSPI 25.5%, 小麦粉9.6%, 砂糖28.6%, ショートニング22.7%, 卵水13.6%であった。味, 飲み込みやすさ, 総合評価では砂糖の水準の高い

格子点③が最も好まれた。これはガスクロマトグラフ分析結果で示したように, アミノカルボニル反応と推察される成分が大豆臭を軽減したためと考えられる。

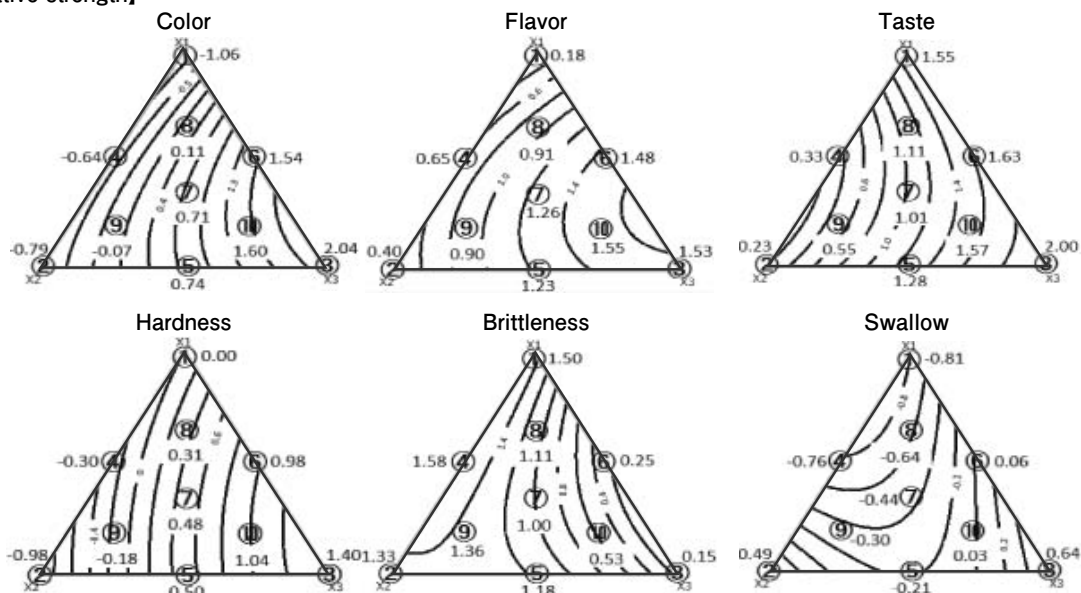
油脂の種類による影響

格子点⑤のクッキーの油脂をバター, マーガリンに代替することで物性値に大きな違いはみられなかったが, 官能評価ではバターに代替することにおいて, 味および総合評価の項目で有意に好まれた (Fig. 7)。ガスクロマトグラフ分析では大豆臭はバターを使用しても存在することから, 他の香りでマスキングされている可能性があると考えられた。

糖の種類による影響

格子点⑤のクッキーの上白糖をトレハロースに代替するときこの風味が強調され, 大豆臭を軽減する作用を示した。

[Relative strength]



[Palatability]

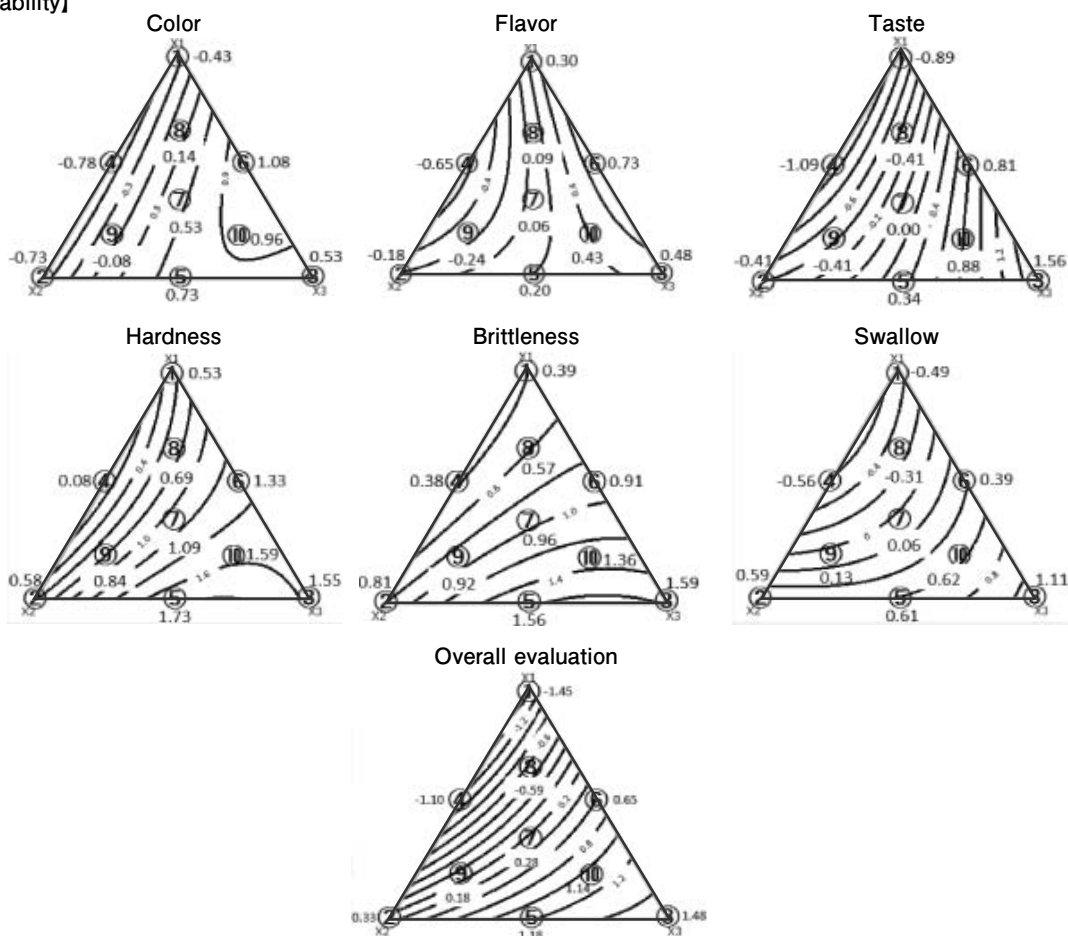


Fig. 6. Estimated curves for the relative strength and the palatability of the cookies evaluated by the sensory test.

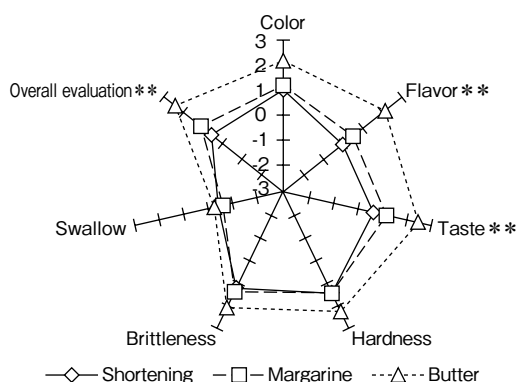


Fig. 7. Sensory evaluation for the palatability of cookies prepared at ⑤ in Scheffé's lattice design. Each asterisk at the side of the items shows a significant difference level by the *F*-test (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

要 約

大豆由来の特有な不快臭の少ない大豆たん白クッキー (SPI) を調製するため, 水分添加の必要性, 調製手順, 焼成温度・時間, 油脂および糖の種類Schefféの単純格子計画法を用いた材料配合比の影響を物性, 官能評価およびガスクロマトグラフによる揮発性成分から検討した. 1) SPIクッキー生地に調製手順の最後に約14%の水分を添加することで, 大豆臭は軽減し作業性が向上した. 2) SPIクッキーの大豆臭は 160℃で15分間と十分に加熱することで軽減した. 3) 材料配合比の影響としては, 破断応力および最大破断エネルギーはSPI, 小麦粉の最高水準では小さく, 砂糖の水準が高くなるほど大きくなった. 4) 官能評価・嗜好では, 硬さおよびもろさは格子点水準 (0, 1/4, 3/4) が最も好まれ, 配合はSPI 25.5%, 小麦粉9.6%, 砂糖28.6%, ショートニング22.7%, 卵水13.6%であった. 一方, 味, 飲み込みやすさ, 総合評価の項目では砂糖の水準の高い格子点③の配合比が最も好まれた. 5) クッキーに用いる油脂をバターに代替すると, 香り, 味が良く嗜好性が向上し, クッキーの上白糖をトレハロースに代替すると, きなこの風味が強調され大豆臭を軽減する作用を示した.

文 献

- 1) 町田優子, 神田聖子, 反町秀子 (2008): 女子学生の食事調査－食事記録による栄養摂取状況－. 愛国学園短大紀要, **25**, 45-53.
- 2) 町田優子, 平尾和子, 梅國智子, 斎尾恭子 (2009): 粉末大豆を使用した栄養素強化食品の開発. 愛国学園短大紀要, **26**, 5-16.
- 3) Scheffé H (1958): Experiments with Mixtures. *J R Stat Soc Ser B*, **20**, 344-360.
- 4) 平尾和子, 濱西知子, 五十嵐喜治, 高橋節子 (2002): サゴ澱粉ブラマンジェのテクスチャー特性および官能評価に及ぼす材料配合比の影響. 家政学会誌, **53**(7), 659-669.
- 5) 平尾和子, 五十嵐喜治, 高橋節子 (1998): サゴ澱粉ゲルの調理科学的研究 (3報) 分離大豆たん白質, 大豆油を用いた澱粉ゲルの材料配合比による影響. *SAGO PALM*, **6**, 1-9.
- 6) 古川秀子 (1994): 『おいしさを測る, 官能評価の実際』 幸書房, pp.43.