

# 機能性成分を強化した 豆腐の製造方法の開発

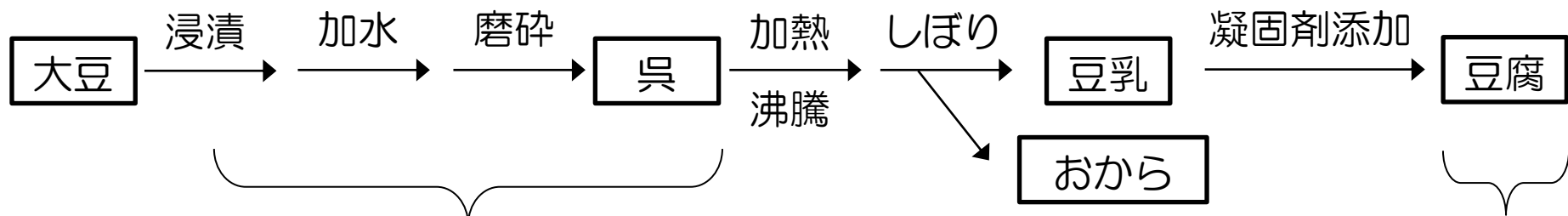
食品技術部門 加工食品部 水谷智洋

# 目的および方法

## <目的>

- GABA（血圧降下作用などがある成分）を強化した豆腐の製造方法の開発  
目標値12.3mg/150g（3個パックの豆腐1つが150g）  
（機能性表示食品届出可能な値で、**従来品の1.5~2倍**）
- GABA増強処理に伴う、イソフラボンおよび官能的な変化の調査

## <方法>

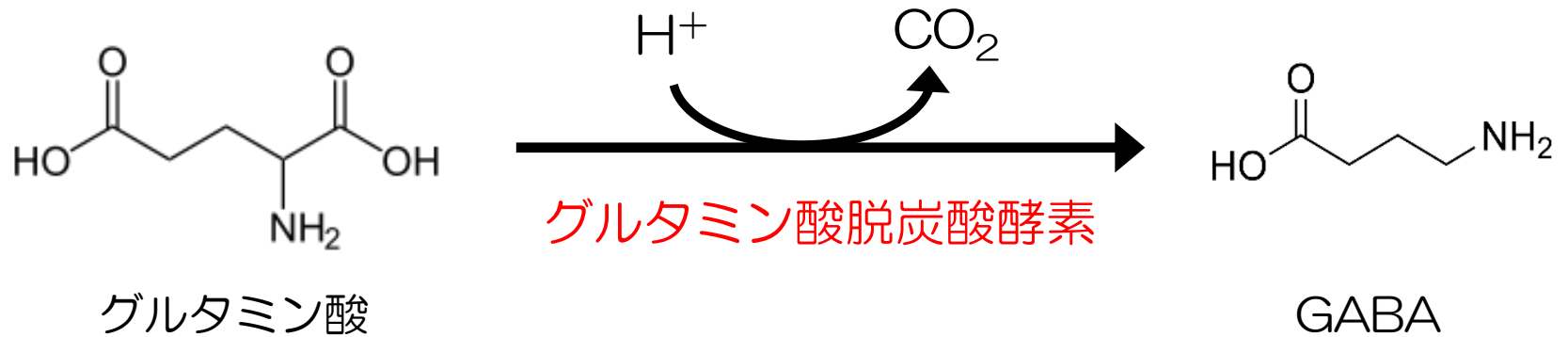


これらの工程の条件の検討

呉を沸騰させる前に保温工程を加えて、大豆内にある酵素（生体触媒）の反応により機能性成分を増強できないか検討

味等への影響の調査

## GABA生産酵素



植物における役割は

- 細胞内のpH調整
- 塩分などに対するストレス応答
- シグナル伝達

# GABA生産の最適条件の検討

酵素反応への影響因子

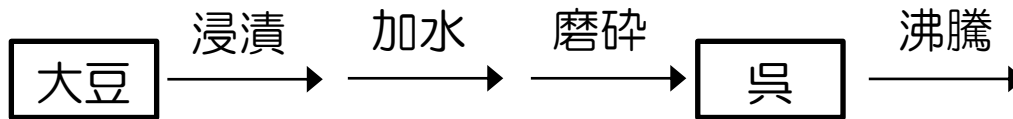
pH、温度、酸素

Caイオン、濃度、*etc...*



臭を濃くして保温が有効

## 通常製法



## 先行技術



デメリット：保温時間が長いため、微生物汚染や青臭さ発生のリスク

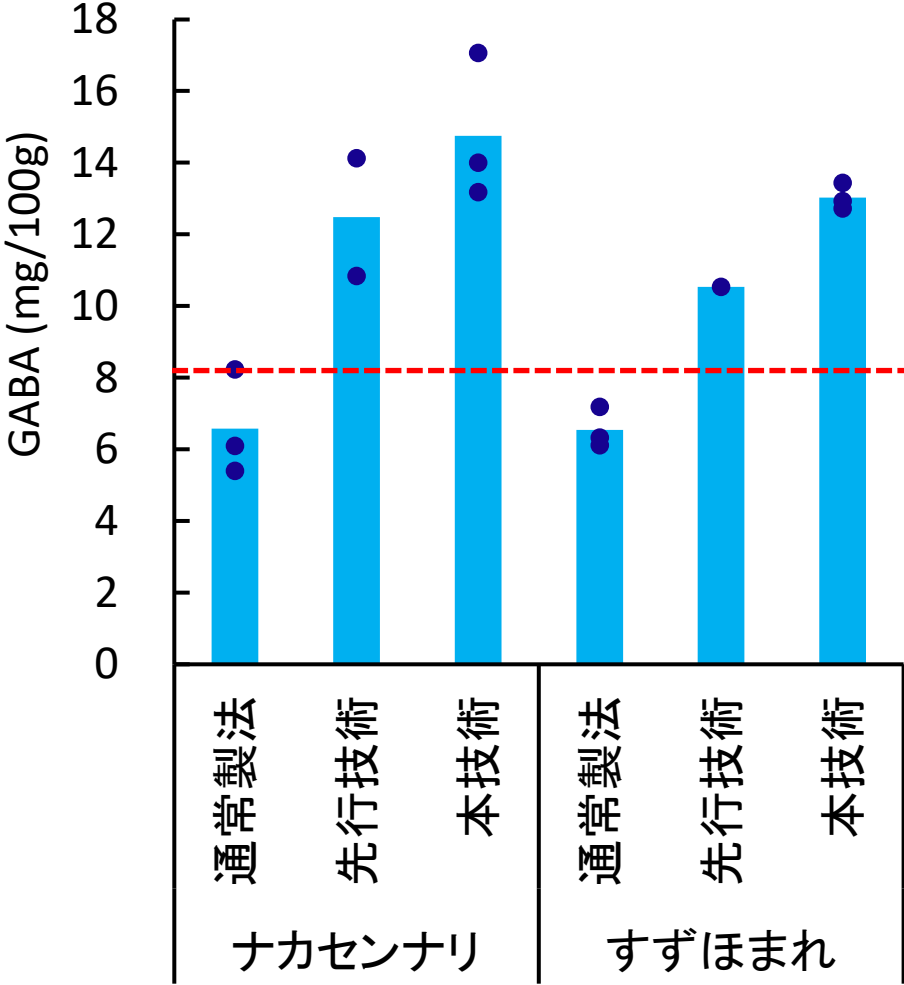
## 本技術



※合計の加水量は上記2製法と同量

# 豆乳のGABA量（1時間保温）

※1時間保温の最適温度は40～50℃



8.2mg/100g  
(=12.3mg/150g)

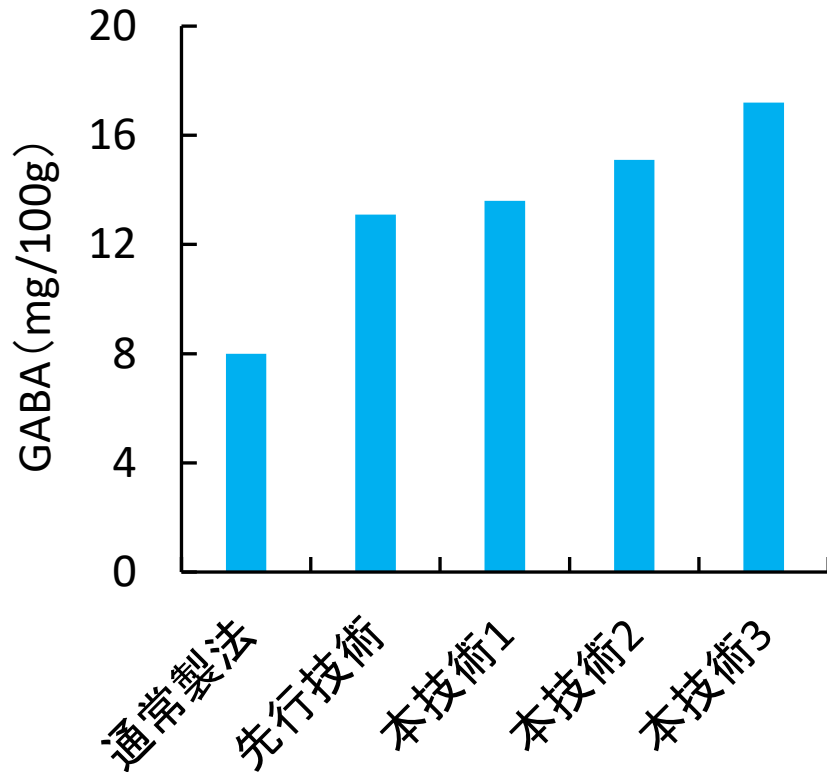
**通常製法**：大豆1に対して水5で磨砕

**先行技術**：大豆1に対して水5で磨砕  
45℃、1時間保温

**本技術**：大豆1に対して水3で磨砕  
45℃、1時間保温後、  
水2を追加

先行技術よりGABAが増加  
↓  
より短時間の処理で済む

## 呉の濃さとGABA増加量



**通常製法**：大豆1に対して水5で磨砕

**先行技術**：大豆1に対して水5で磨砕  
45℃、1時間保温

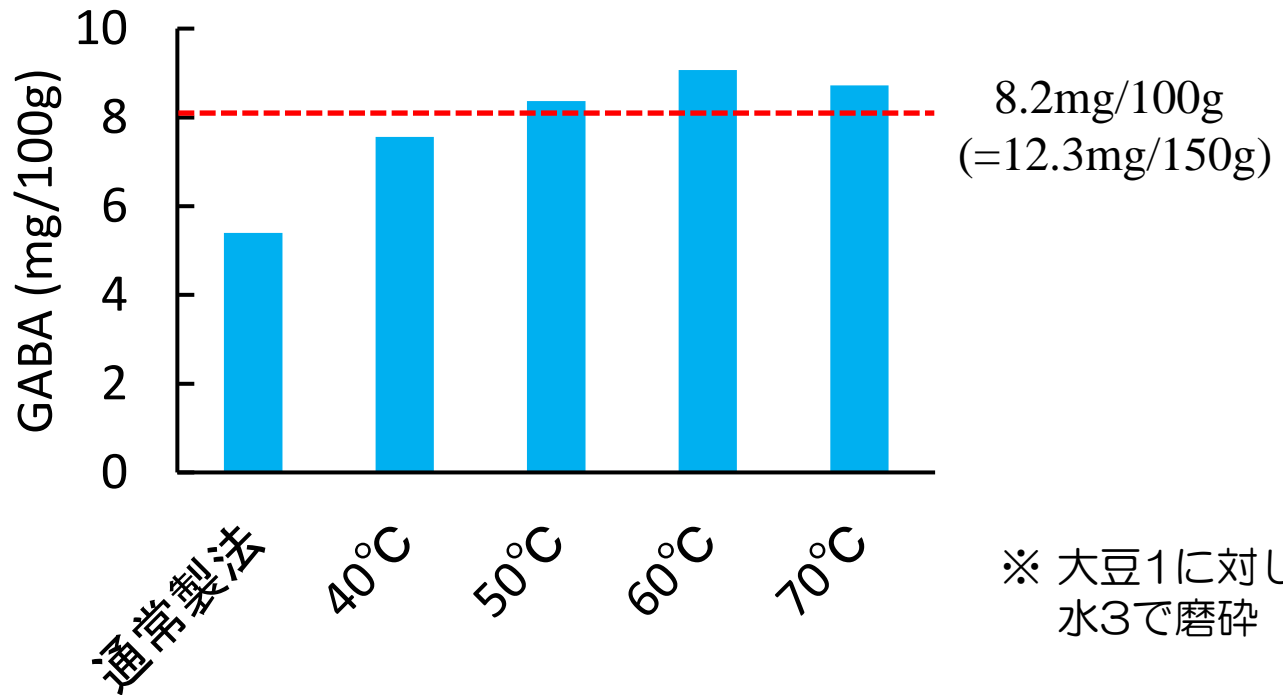
**本技術1**：大豆1に対して水4で磨砕  
45℃、1時間保温後、  
水1を追加

**本技術2**：大豆1に対して水3で磨砕  
45℃、1時間保温後、  
水2を追加

**本技術3**：大豆1に対して水2で磨砕  
45℃、1時間保温後、  
水3を追加

濃いほどGABAは良く増える

## 豆乳のGABA量（15分保温）



1時間保温の場合40~50°Cが最適だったが、15分では60°Cが適していた

# GABA以外への影響

## イソフラボン

- ポリフェノールの一種で、骨の健康を維持する働きがある
- 機能性表示食品や特定保健用食品の関与成分

### 配糖体型イソフラボン



イソフラボン

- 大豆や豆腐に含まれる
- 吸収されにくい（効果を発揮しにくい）



**酵素反応**( $\beta$ -グルコシダーゼ)などで糖が外れると

### アグリコン型イソフラボン

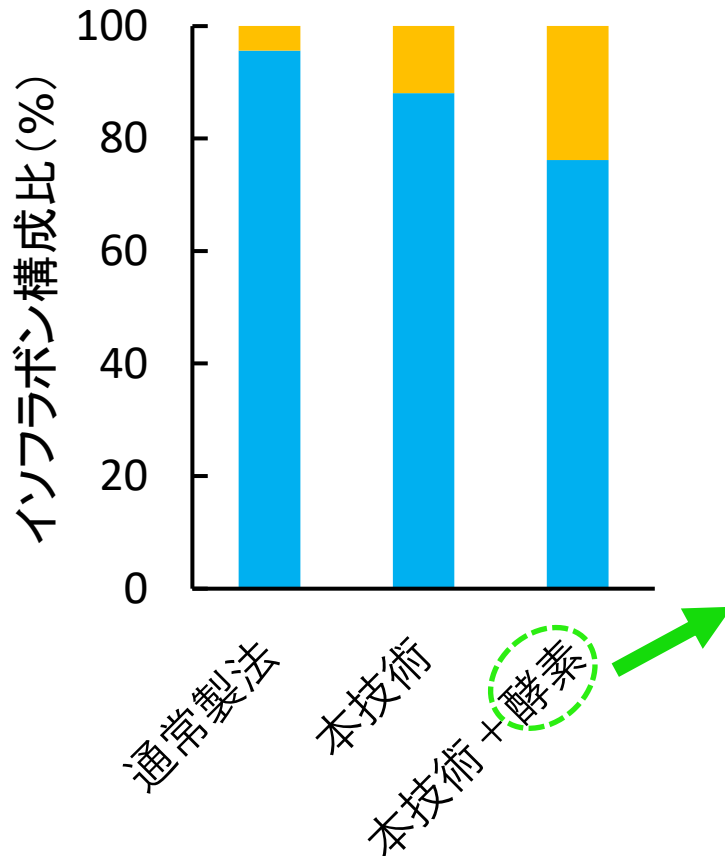
イソフラボン

- 大豆や豆腐にほとんど含まれない
- 吸収されやすい（効果を発揮しやすい）
- えぐ味（舌が痺れるような不快な苦味）が配糖型より強い



## 豆腐のイソフラボン（60℃15分保温）

※15分でアグリコン型が増える最適温度は60℃で  
GABAが増える最適温度と一致していた  
また、磨砕は大豆1に対して水3



■ アグリコン型（吸収されやすい）

■ 配糖体型（吸収されにくい）

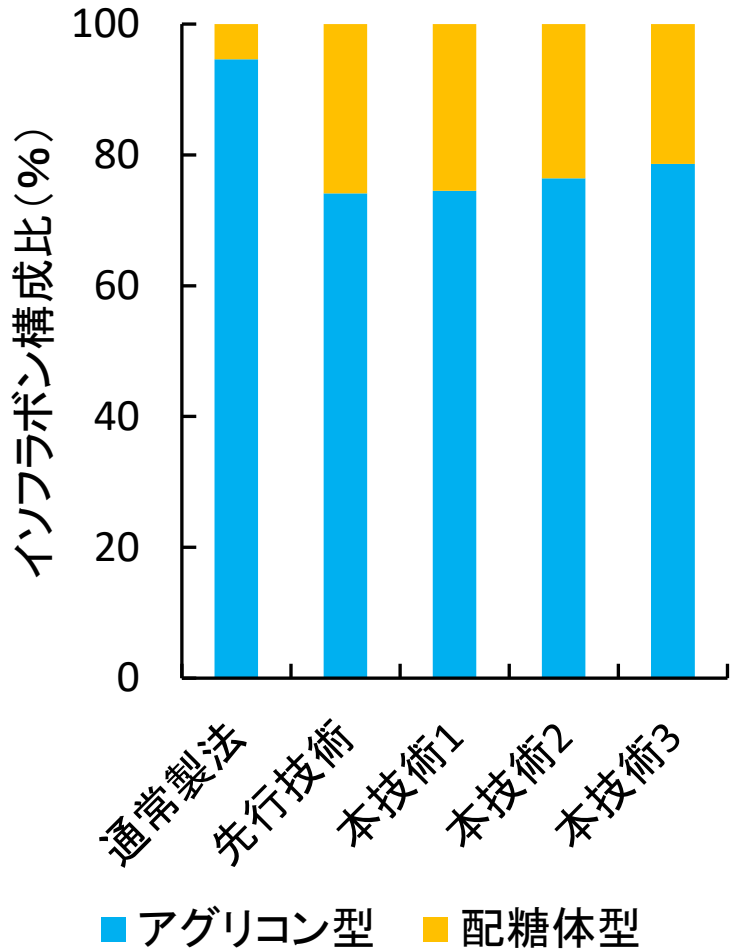
アグリコン型生産酵素は市販されている  
（GABA生産酵素に市販品は無い）



豆腐150gあたり約0.5円分の酵素を添加

- 本技術によりアグリコン型の割合が約2.5倍となった
- 市販酵素添加は、GABA生産に影響することなく、さらにアグリコン型の割合を増加させることができた

# 呉の濃さとアグリコン型イソフラボン増加量



通常製法：大豆1に対して水5で磨砕

先行技術：大豆1に対して水5で磨砕

本技術1：大豆1に対して水4で磨砕  
保温後、水1を追加

本技術2：大豆1に対して水3で磨砕  
保温後、水2を追加

本技術3：大豆1に対して水2で磨砕  
保温後、水3を追加

保温は  
45℃  
1hr

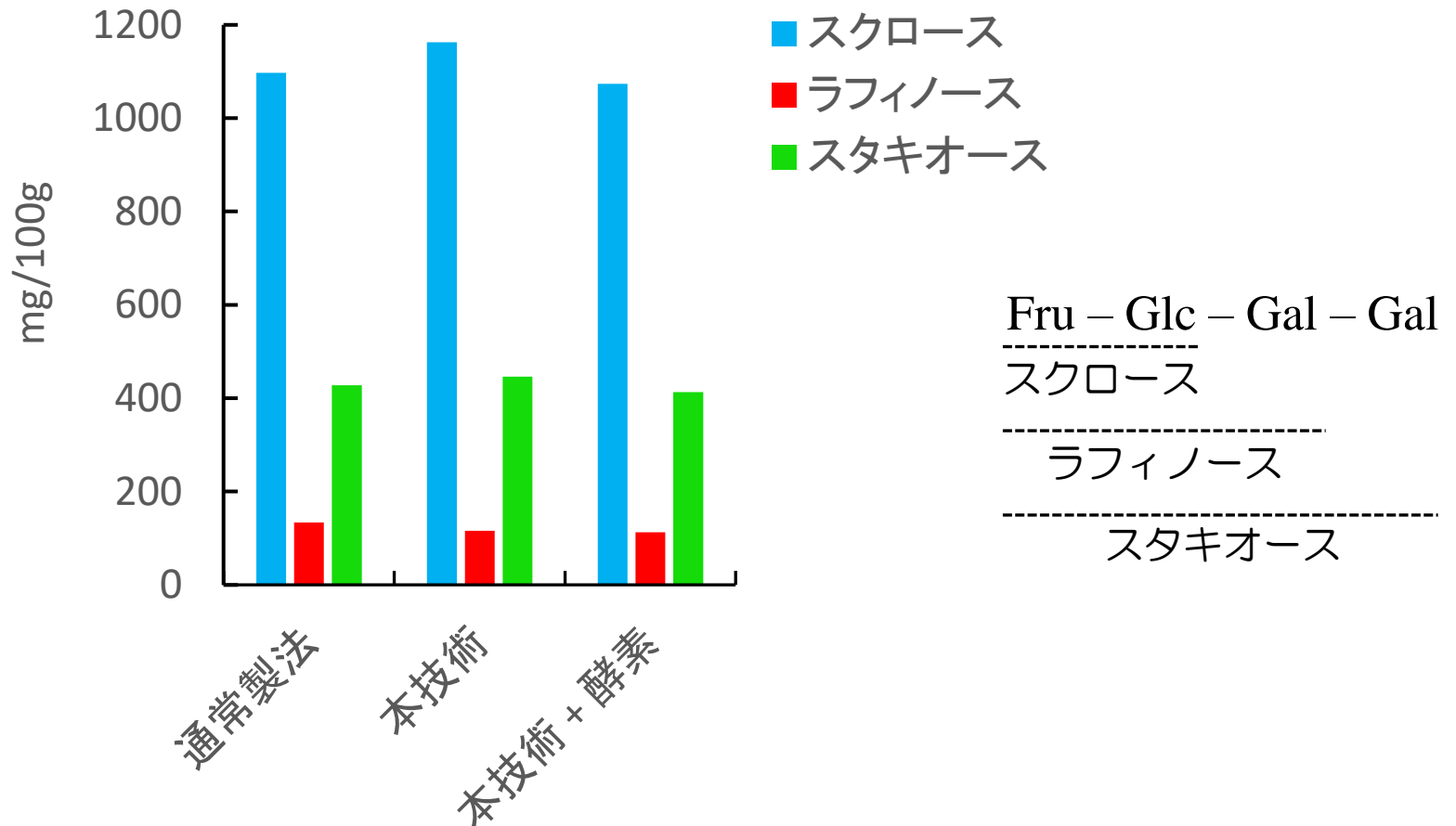
GABAと異なり、濃い呉ではアグリコン型増えにくい

## 豆腐のオリゴ糖（60℃15分保温）

### オリゴ糖（ラフィノース、スタキオース）

※磨碎は、大豆1に水3

ビフィズス菌等のエサとなり、整腸効果がある



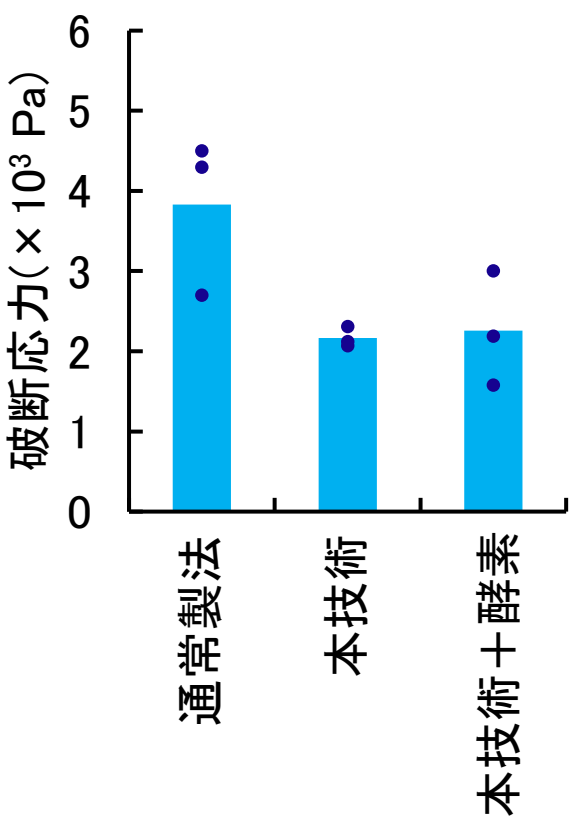
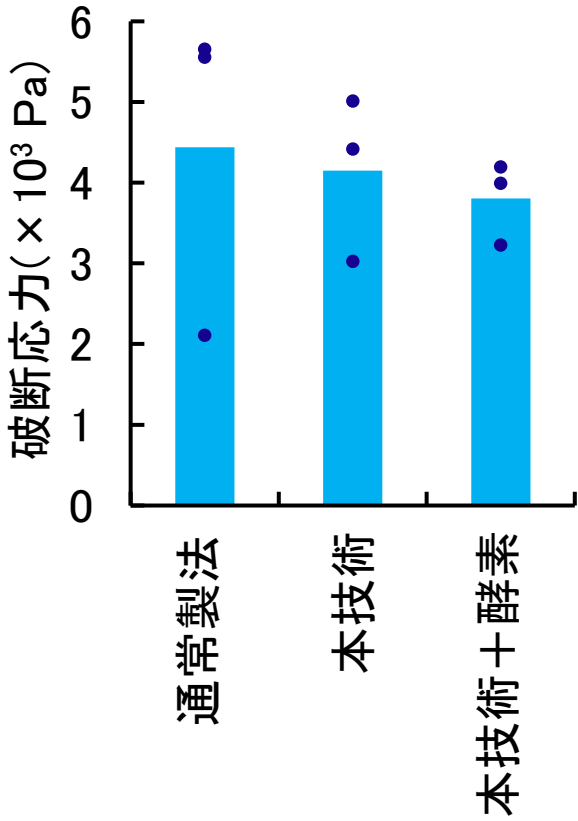
60℃, 15分加熱では、ほとんど変化しなかった

# テクスチャーへの影響 (60°C15分保温)

※磨砕は、大豆1に水3

### すまし粉(硫酸Ca)凝固

### にがり(塩化Mg)凝固



にがり凝固では影響が出る可能性あり

# 香りへの影響

※磨碎は、大豆1に水3

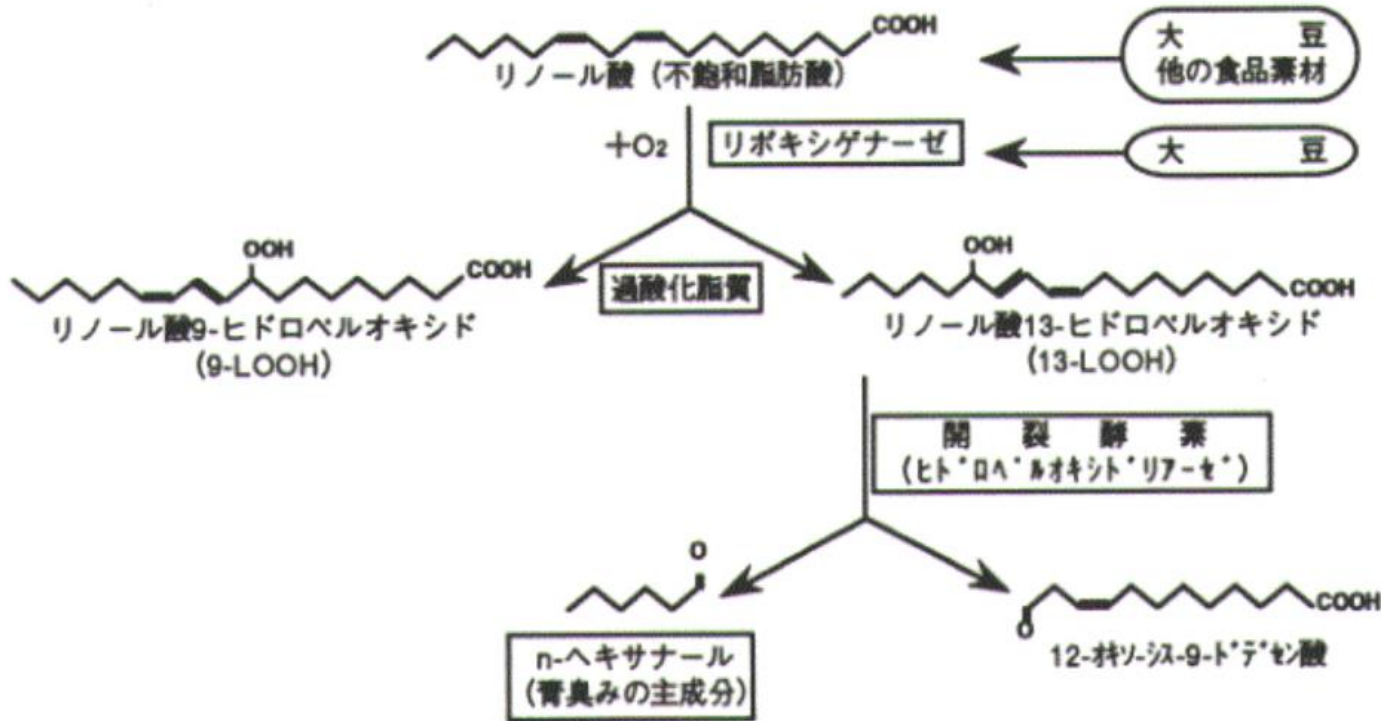


図1. 大豆リポキシゲナーゼの作用

出典：農研機構HP

<https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/karc/1995/konarc95-034.html>

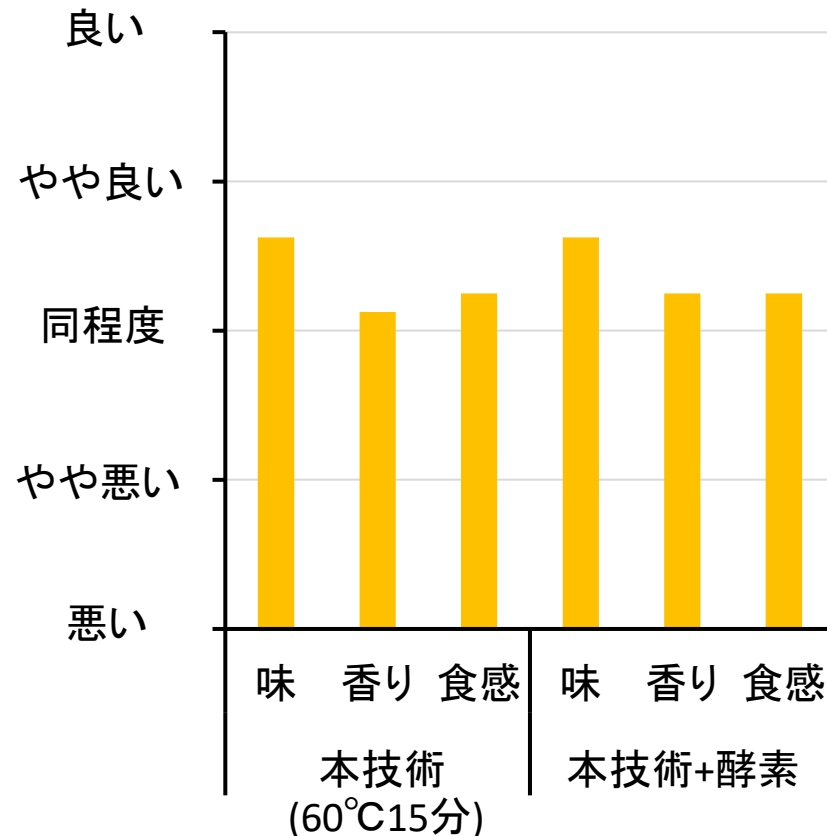
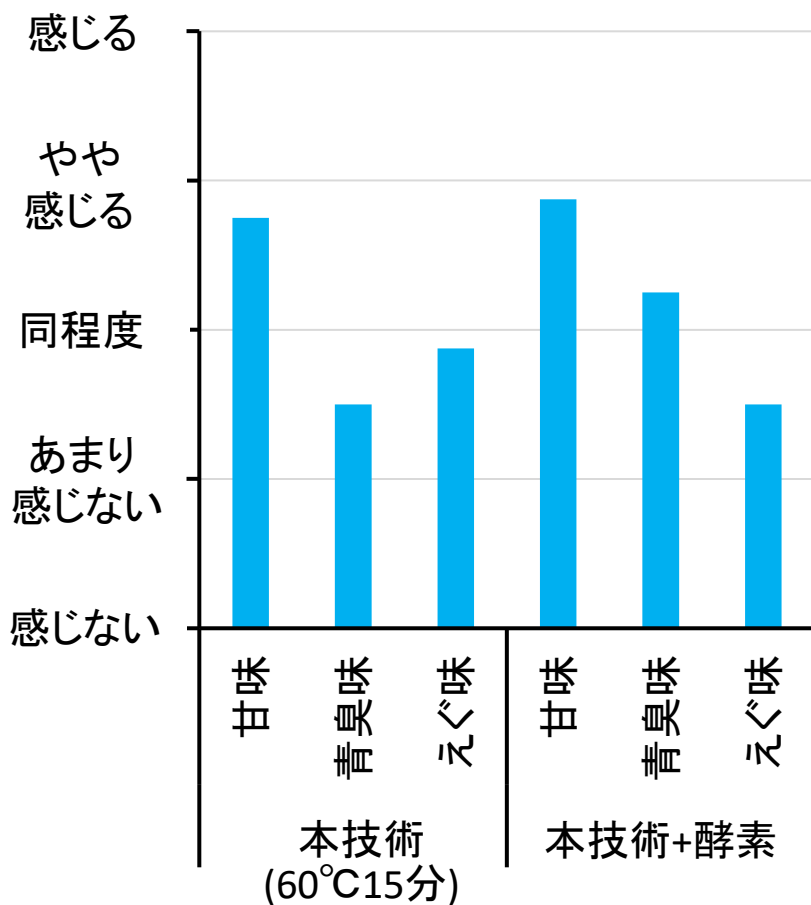
## ヘキサナールのHS-GCMSの面積値

通常製法	本技術 (60°C15分)
4122326	3130300

# 官能評価

※磨砕は、大豆1に水3

通常製法を対照としてパネル8名で5段階評価（全てすまし粉凝固）



官能的な品質にはほとんど影響無し

## ま と め

- 機能性表示食品届出可能な量のGABAを含有した豆腐の製造が可能となった
- 先行技術と比較して、GABAの生産効率があがり、青臭み発生などの品質劣化リスクも低減できた
- イソフラボンも効果の高いタイプに変換できた
- 通常製法と官能的に明確な差はなかった
- 特許出願済