様　式　C－１９、F－１９－１、Z－１９　(共通)

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　元 年　 ６ 月 １８ 日現在

機関番号：１３５０１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2016～2018
課題番号：１６K００８１０

研究課題名（和文）食品物性（風味・食感・用途適性）の自在制御を可能とする乳タンパク質凝固ゲルの創出

研究課題名（英文）Creation of milk protein gel that enables flexible control of food properties

研究代表者
谷本　守正（TANIMOTO, Morimasa）

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号：６０６２１３２３

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,600,000円

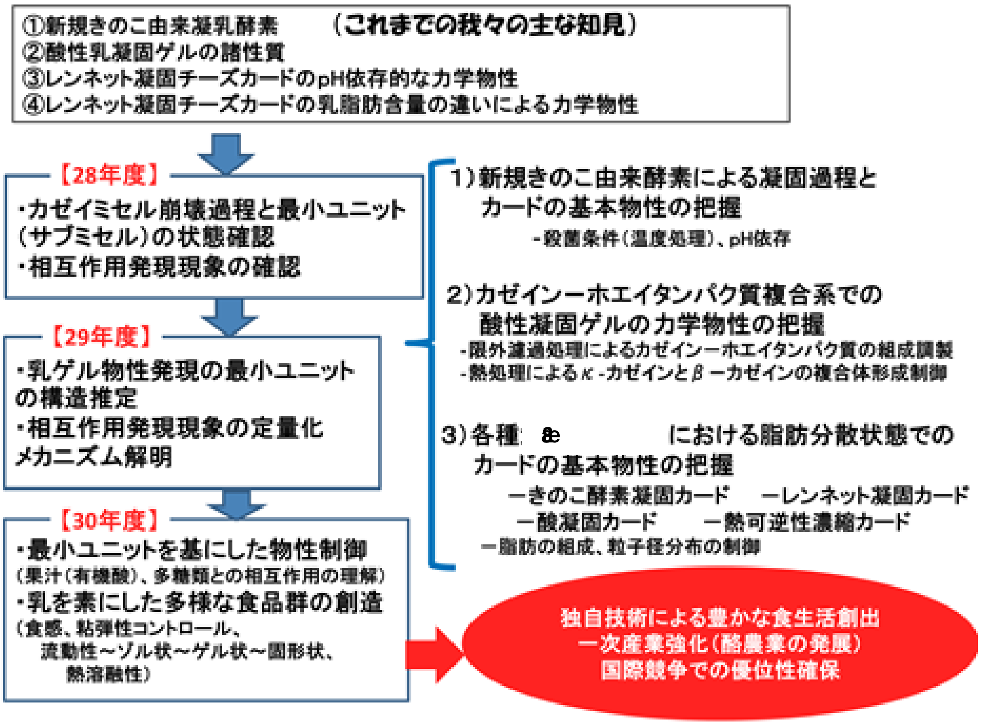
研究成果の概要（和文）：食用きのこであるヤマブシタケ凝乳粗酵素を用いたモッツァレラチーズのレオロジー特性を検討した。ヤマブシタケ凝乳粗酵素で得られたモッツァレラチーズは、カードpHが5.50ですでにカルシウムおよびリン含量が減少しており、さらにSDS電気泳動分析からカゼインの部分分解が認められた。動的粘弾性の温度依存性から、カードpH 5.50で混練したヤマブシタケ凝乳粗酵素処理モッツァレラチーズは、キモシン処理よりも柔らかく、高い展延性を有していることが示された。これはヤマブシタケ凝乳粗酵素を使用したモッツァレラチーズの製品特性において優位性を示唆していた。その他濃縮ゲル、酸ゲル、レンネットゲルの特性を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
貿易自由化の中、日本の酪農の発展と食糧確保を実現するには、日本独自の新しい多様な乳製品・乳利活用製品の創造につながる革新的な乳物性制御技術の提案が強く望まれる。これを実現する鍵は、乳タンパク質の主要成分である「カゼイン」分子の構造解析と物性推算にある。新発見きのこ由来の凝乳酵素による新規凝乳プロセスと凝固状態の科学的解明を行い、またカゼイン粒子の微視構造と粒子間相互作用の解明を行うことで、多様な食品物性（風味・食感・用途適性）の自在制御を可能とする乳タンパク質凝固ゲルが創出できる。日本独自の新しい多様な乳製品・乳利活用製品の創造につながる革新的な乳物性制御技術を確立することを目的とする。

研究成果の概要（英文）：This study was to elucidate the temperature dependence of the rheological properties of mozzarella cheese coagulated with the crude enzyme from Hericium erinaceum (H. erinaceum). Mozzarella cheese curds were prepared with the crude enzyme from H. erinaceum, and with chymosin as a control. These curds were stretched at various pHs. The calcium and phosphorus contents in mozzarella cheese prepared with chymosin decreased as the curd pH was decreased from 5.50 to 5.10, while those in the cheese prepared with the crude enzyme from H. erinaceum had already been reduced by pH 5.50. The results of the temperature dependences of the viscoelastic moduli for the cheese curds showed that mozzarella cheese made using the crude enzyme from H. erinaceum was softer and meltabler than the control, even when the cheese curd was stretched at pH 5.50. We also studied various characteristics of acid gel of milk, rennet gel, concentration gel.

研究分野：食品科学、食品物性、食品レオロジー、乳・乳製品利用学

キーワード：ヤマブシタケ　凝乳酵素　展延性　カゼイン　ゲル化　酸性　濃縮　殺菌温度



①新規きのこ由来凝乳酵素
②酸性乳凝固ゲルの諸性質
③レンネット凝固チーズカードのpH依存的な力学物性
④レンネット凝固チーズカードの乳脂肪含量の違いによる力学物性
（これまでの我々の主な知見）
【28年度】
・カゼイミセル崩壊過程と最小ユニット（サブミセル）の状態確認
・相互作用発現現象の確認
【29年度】
・乳ゲル物性発現の最小ユニットの構造推定
・相互作用発現現象の定量化メカニズム解明
【30年度】
・最小ユニットを基にした物性制御
（果汁（有機酸）、多糖類との相互作用の理解）
・乳を素にした多様な食品群の創造
（食感、粘弾性コントロール、流動性～ゾル状～ゲル状～固形状、熱溶融性）
1）新規きのこ由来酵素による凝固過程とカードの基本物性の把握
-殺菌条件（温度処理）、pH依存
2）カゼインーホエイタンパク質複合系での酸性凝固ゲルの力学物性の把握
-限外濾過処理によるカゼインーホエイタンパク質の組成調製
-熱処理によるκ-カゼインとβ－カゼインの複合体形成制御
3）各種　　における脂肪分散状態でのカードの基本物性の把握
ーきのこ酵素凝固カード　ーレンネット凝固カード
ー酸凝固カード　ー熱可逆性濃縮カード
ー脂肪の組成、粒子径分布の制御
独自技術による豊かな食生活創出
一次産業強化（酪農業の発展）
国際競争での優位性確保

&< 4Ñ 8 ,a@$#b4Ñ bÛI}

Cryo-SEM $409/WS

&< $ 8 ,a@4*$ pH bs8Û @

KI} Cryo-SEM $409 /W S

&< 4Ñb 84Ñ pH3.6 Lb4PbÑ

bÛ

2>ZBÝ

&< 0d4Ýò #Ýb1"ÿ<#

8Ab6ÈÊ4Ý(S$ö

ÛQS pH 5.50 ? pH 5.10 KS?K*

0KSÊ4Ý(ÛÝ> pH @ 5.50 M[

ÝbÐ aKZ} SDS 7K+Û4((

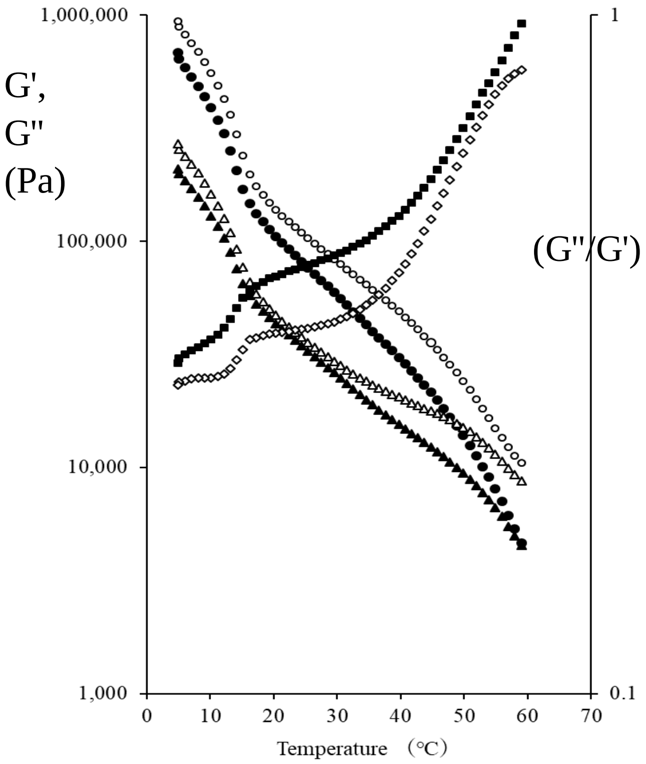
0@u$$Nö ØÑ pH 5.50 [KSÊ

(4Ý@ÛÝ Ô #+Ç98ZG

@IS (Fig) CÊ4Ý(S$ö1"ö

8ZÇZ S

W pH 5.50 bÈ
2-M# (G'), N# (G")
lg tan (G"/ G') b ØÑ
.
, 2-M#>
Õ, 2-M# #Ýò
#>
△, N#>
▲, N# #Ýò
#>
◇, tan#>
◆, tanÊ #Ýò #
>



&< Ô9Hb

7H#S$A ÔÐ[KS(5 1 SL3#Z

˝ $ $ 5 ,ÔKS$5 50 SL3æ

4##s 5 ,ÔKS$_h$

A#B(KS 4 $*S(5 1 SL3##

8ZÔKS$ 3 SNö ØSÝ

-ÝÝ ÓM

Ns(S ÝÌ8MsÝÓÓ ÝÝ

bÓÓSKSÓfi(gWZSrS¨

ÝÝÝSÝÝoÝIOZG

ÓIS

&> pbÝSÝbÓbs8j

/%bÝ ÇSdÝZÝÝÝMA

g*,ke4ÝÝÝOÝ

ÝOKSÓÓ Ý2-ÝÝ

ÝKÝKS*Ý9×% Ý cÝÝNÝCV

ÓÝNÝ6ÓWS9×bAcÌ

Ì/%b Ý vfÝÝÝ8ANÝopÝÝ(?

WS¥b)Ý8 9×%Ý oÝNÝ8ÝKC

Ý8 /%Ý oÝNÝ8ÝC8Ý}

&ÕeÝÝÝ#4Ý ÓZs8j

Õ Ø48ÝÝKS4ÝÝ

ÝÝÝSrS(Ý4Ý6ÝZÝ

S Õ Ø 65 75 85 95 120¥ÝS 5 Ý,ÝÝÝ¥

ÝÝKÝ & H4.5 >4Ý#KS4Ý

80KSÝNöÝgÝblÝ

ÓSrS2n78ÝÝS40{ 9/8Ó64ö

ZZñS 4ÝÕ ÓÝoÝHS<b6o

C8ÝÝ(9A8)%S4S(MÓWSÝ

$#KS4ÝÕ Ø 75 85 95¥ÝÝ#_

ÝHS<b6oC8ÝÝÝÝWS 65¥Ý

cÝ#ÝHS<b6oM8ÝÝÓ

(WS(Ý4b64ÝZÝ ÝAbIÝÝÝÝ

6MÝÝ0AIÝIÝoMI6MbÝ8Ý

Ý

&> ,aÝÝs8j

,ÝeØ & 65¥ 75¥ 85¥ 30(6Ý \ pHÝ H5.3 5.1 4.9> <S 9 Ýfi

Ý & 0.0003ÝÝb 1/10> 80KÝ

NöÝ 78ÝÝSfiÝ0Ý/WSÝ)

ÝÝeÓÝÝÝ SuÝNb

6ÝWSPKZÝeÓ8o4ÝÓÝÝ

C8ÝWSI}ÝeÝÝAb)%S4b

Is8ÝÝWS,ÝeÓbÝAb)%S

4cC^ÝeÓ8o]%S4c(Ý^

&> 4ÝÝÝÕ gB

4ÝPfiØA1ñSÕb4ÝPfi0bS%cÝÕ

fi Ý0b<SÝNö$4/gBKZÝSrS(SÓÕ

5 ¥AW S 80 BKY

3 WS 7 WS

3 >z 1=e

7 1= 6

(

Milk Science 68No2,2019 V3U (16~)

r T.Nakano, K,Sato, M.Endo, M.Tanimoto, T.Aoki Ú 2 ¡
Formation of heat-induced casein gel under acidic conditions(pH=<3.60)
Milk Science 67No1(p15– 21)2018

s K,Sato, K. Nakamura, M.Endo, M.Tanimoto Ú 2 ¡
Characterization of a Milk-clotting Enzyme from Hericium erinaceum and Its Proteolytic Action on Bovine Caseins
Food Sciense and Technology Research,24No4(p.669– p.676)2018

t M.Kishimoto, K. Nakamura, K,Sato M.Tanimoto Ú 2 ¡
Crude Enzymes from a Hericium Edible Mushroom Isolated in Japan:Variability in Milk-clotting Activity and the Ability to Coagulate UHT Pasteurized Milk
Food Sciense and Technology Research,24No1(p.139– p.143)2018

u H.Shima, M.Tanimoto Effect of milk fat content on the viscoelasticity of mozzarella-type cheese curds,
Eur.Food Res.Technol242(p.157– 162)2016

v K.Sato,H.Shima,K.Nakamura,M.Tanimoto Ú 2 Rheological properties of milk coagulation by crude enzyme from Hericium erinaceum
Milk Science 65No3(p.161– 169)2016

14

(Ú
02 ¥ 8 31 31 ″ 3 v

r (
31 31 ″ 3 v

s (
31 31 ″ 3 v

t (
31 31 ″ 3 v

u (
125 31 ″ 3 v

v Formation of heat-induced casein gel under acidic conditions(pH=<3.60)
IDF World Dairy Summit2018 (8 30 ″ 10 v

w
2018 30 ″ 9 v

x
4 gB

30 ″ 8 v

y Ĝ 29 ″ 6 v

□ Ĝ Rheological properties of milk coagulation by crude enzyme from Hericium erinaceum IDF World Dairy Summit 2017 (,e 29 ″ 10 v

{ Ĝ

29 ″ 9 v

| Ĝ

2017 29 ″ 8 v

} Ĝ

29 29 ″ 3 v

~ Ĝ Effect of milk fat content on the viscoelasticity of mozzarella-type cheese curd IDF World Dairy Summit 2014 ( ) 28 ″ 10 v

1042N 042 <F2

16

10`

18“ 2017-031462

29 ″ 2 v 22 ¥

(1)

å /¾

SHIMA Hiroyuki

)r

15

8 60621323

, . (.

SATO Kaoru

15

8 40714655

d ⊥ c b \ 21 Mvb b x b _

\ b 01 3 _ ö vb _ 61M 0b0 x 21 c _ IrM