「納豆ネバネバ最強伝説！」

6年　林 彩音

きっかけ

5年前から毎年自由研究で納豆について、調べている。
納豆のネバネバが良く伸びる条件、ネバネバが切れる条件、納豆を作る方法と条件、大豆以外の豆から納豆は作れるのか、納豆菌を入れずに自然の中にいる納豆菌で納豆が作れるのか、ワラづとの代わりに他の植物を使っても納豆は作れるのか等の研究を進め、納豆菌と発酵について調べてきた。
これまでの研究で、豆やワラづとの役割を果たす植物を変えても納豆が作れ、また高温や低温でも納豆菌が生きていたことが分かり、納豆菌の生存能力の強さを実感してきた。
また、このコロナ禍で休校していた時に家で色々手作りをした中で、パンを作る時にインターネットを調べたら、作り方の中で納豆菌が混ざると大変なことになるから、納豆パンは作れないと書いてあった。お酒造りにも納豆菌は禁物で酒造期間に職人さんは納豆が食べられないらしいと書いてあった。そのことから、納豆菌が強すぎて他の菌の働きに勝ってしまうからかもしれないと思った。
そこで今回は、納豆菌は他の食品の発酵に使われている菌類(乳酸菌や麹菌など)と比べてどれほど強力であるのかということを調べ、納豆菌が最強だと証明したいと思い、今年の研究のテーマとした。

研究の目的

納豆菌と乳酸菌、麹菌、酵母菌、また全食品の敵であるカビ菌を対決させ、納豆菌が最強であることを証明する。納豆菌が他の食品の発酵を妨害するのかどうか、パン作り、ヨーグルト作り、甘酒作りにおいて検証する。納豆菌は他の菌と共存できるか、ぬか漬け、酵母において検証する。

研究の流れ

実験 1-1 納豆菌 vs 酵母菌（パン作り）

1-2 納豆菌 vs 乳酸菌（ヨーグルト作り）

1-3 納豆菌 vs 麹菌（甘酒作り）

実験 2-1 納豆を乳酸発酵させる。（納豆でぬか漬け）

2-2 納豆を酵母発酵させる。（納豆で酵母づくり）

実験 3 納豆菌 vs カビ菌

予想

・納豆パンや納豆ヨーグルト、納豆甘酒は店頭で売っているのを見かけたことがない。

それは、納豆にふくまれる納豆菌が酵母菌などの他の菌に勝ってしまったことで商品が作れなかったからなのではないかと思う。そのため、納豆菌は他の菌の発酵中も生きられると考えた。

・実験で納豆から酵母をつくることができたら、世界初納豆酵母パンが作れると思う！また、納豆菌は食品を発酵させる菌の中でも最強ならば、カビ菌にも負けないと思う。納豆菌は高温でも低温でもどんな環境でも生きられて、空気中のどこにでもいるが、カビはジメジメしたところに多く、生きられる環境がかたよっているため。納豆菌の方が強いのではないか。

⇩

納豆菌最強!!

実験準備

1、ぬか床づくり
・実験2-1(納豆ぬか漬け)で使用する.

2、天然酵母づくり(液種、元種)
・実験2-2(パンづくり)で使用する。

3、麹づくり
・実験1-3(甘酒づくり)で使用する.

4、リトマス試験紙
・実験1-2(ヨーグルト)の出来上がりの性質を確認する.

5、カビづくり、無菌箱づくり
・実験3(カビ対決)でカビ培養に使用.
・カビを部屋にまき散らさないようにする。

6、寒天づくり
・実験3(カビ対決)で、カビの培養地にする.

〈1、ぬか床づくり〉

・材料
・炒りぬか 1kg
・塩 140g、水800cc
A
・しょうが うす切り2~3枚
・にんにく うす切り2~3枚
・赤唐辛子 2本
・昆布 5cm角2枚
・捨て野菜 適量

・作り方
① 鍋に熱湯をわかし、塩をとかす.
② ぬかに冷めた①を少しずつ混ぜ入れる.
③ ぬかにAを入れて混ぜ、冷蔵庫で発酵させる.
④ 平面を平らにし、ふたをして冷蔵庫に置く。1日2回かき混ぜ、7日~10日程度発酵させる.

・結果
・1日目…米のこうばしいよい香り。大根の皮とブロッコリーの茎を入れた.
・2日目…においがなくなっていた。大根の皮がやわらかくなっていた.
・3日目…ぬか床のにおいは変わらない。大根の皮は漬け物のにおい.
・4日目…ぬか床も漬け物のにおいがした。ブロッコリーの茎も同様のにおい.
・5日目…初日漬けていた野菜がやわらかくなったため、人参と交換した.
・6日目…どの野菜も漬かっていた。少し塩気が強い.
・7日目…野菜の漬かりがはやくなった。→出来上がり!

・考察 始めに漬かった野菜が塩気が強かったが、完成間際の野菜はちょうどよい塩気だった。それは、捨て野菜が発酵と、塩分調整の役目があると考えられる.

1日目

2日目

3日目

4日目

5日目

6日目

7日目
ぬか床
完成!

キャベツの芯とブロッコリーの茎は
とてもしょっぱく、食べられなかった。

すて野菜

㊂すて野菜は、塩分を調整する
ためにも、必要と考える。

ためしに
きゅうりを
漬けてみた。

2日後

食べてみると、
塩の味がして、きちんと
漬かっていて、
おいしかった。

〈2、天然酵母づくり〉

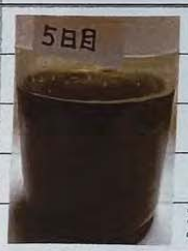
・液種をつくる。

・材料
- レーズン(ノンオイルコーティング) 130g　りんご 瓶の$\frac{1}{2}$～$\frac{1}{3}$
- ガラス瓶 650mL 容器(2瓶)
- 水道水 瓶の8～9割

・作り方
①熱湯消毒した瓶に、瓶の$\frac{1}{3}$～$\frac{1}{2}$程度果物をつめる。
②瓶の8～9割程度まで水を注ぎ、ふたをして、5日ほど置く。(25℃前後)
③1日2回、瓶のふたをあけ、清潔なスプーンでまぜる。
④出来上がれば、冷蔵庫で保存

・結果

	りんご酵母	レーズン酵母
1日目	・においはまだしない。 ・水も透明。	・においはまだしない。 ・水が少し茶色っぽくなった。
2日目	・りんごのにおいがした。 ・水の色が黄色くなった。	・レーズンのにおい。 ・レーズンがやわらかくなっており、色もぬけていた。

	りんご酵母	レーズン酵母
3日目	 ・あわが少しでていた。 ・かきまぜると、シュワシュワと音がした。	 ・あわがほんの少しだけ出ていた。
4日目	 ・りんごの皮のまわりの色がぬけていた。 ・りんごのにおいが強くなっていた。	 ・氷の色が前よりこくなっていた。 ・あまり変化がなかった。
5日目	 ・アルコールのにおいがした。 ・なめてみると、甘くなかった。完成! ・冷蔵庫に入れた。	 ・あわが増えていた。少しアルコールのにおいがして、なめてみるとまだ甘かった。
6日目	 ・冷蔵庫に入れると水の色が、よりにごってみえた。 ↓ 元種づくりへ	 ・レーズンも完成した。 →冷蔵庫に入れた。
完成!	 酵母からりんごを取り出す。	 酵母からレーズンを取出す。
	りんごが茶色くなり、皮のまわりの色がぬけていた。	レーズンの色がぬけ、つぶれているのもあった。

・元種をつくる。

・材料
- 強力粉 300g
- 液種 300g (レーズン酵母、りんご酵母)
- 塩 ひとつまみ×3

・作り方

①瓶に液種と強力粉100gずつと塩ひとつまみを入れ、清潔なスプーンでよく混ぜ合わせる。(1日に2回まぜる)

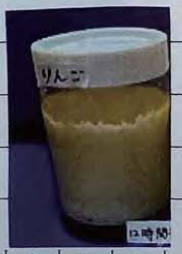
②25℃の環境で保存する。

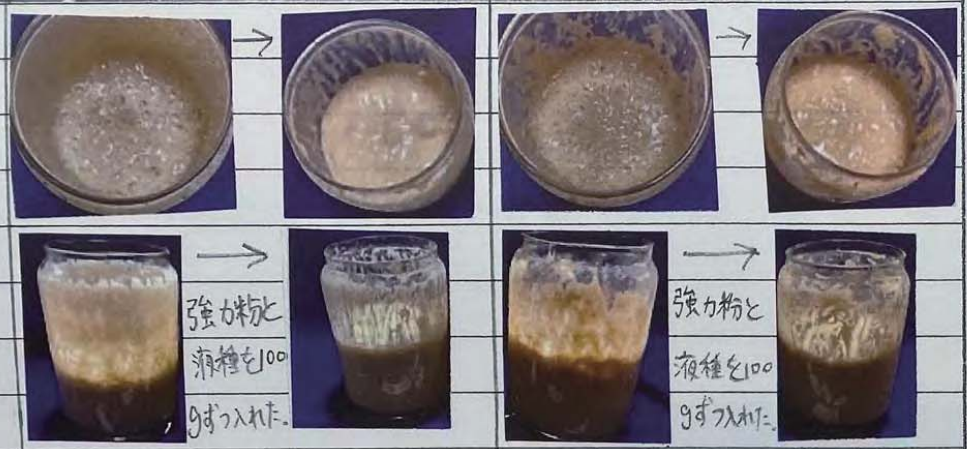
③3日間①の動作をする。

④仕込み後約12時間たつと完成!

☆液種が足りなくなってしまった場合は、水と液種に、入れた種類の果物を入れ、発酵させる。

・結果

	りんご酵母	レーズン酵母
1日目		
12時間後	瓶の$\frac{3}{5}$くらいふくらんだ。 ・アルコールの後にりんごのにおいがした。	 ・気泡がたくさん入って瓶の$\frac{4}{5}$くらいふくらんだ。 ・アルコールの後にレーズンのにおいがした。

りんご酵母	レーズン酵母
 強力粉と液種を100gずつ入れた。	強力粉と液種を100gずつ入れた。
・瓶の3くらいの高さになった。 ・瓶のふちまでふくらんでいた。ふたのうらにもついていて、開けたらビヨーンとのびた。	・瓶の3くらいの高さになった。 ・ふたがあきそうなくらいにふくらんでいた。ふたのうらについた元種を取るのが大変だった。
2つに分ける。	2つに分ける。
・少し発酵がおさまり、あまりふくらんでいなかった。 ・発酵終了かもしれない。 →様子をみてみる	・ふたがあいて、元種が瓶の外に出てしまった。 ・発酵終了かもしれない。 →様子を見てみる。

	りんご酵母	レーズン酵母
4日目		
	ふくらんでいなかった。4日目だから冷蔵庫に入れる。完成!	ふくらんでいなかった。4日目だから冷蔵庫に入れる。完成!

〈考察〉

・りんご酵母もレーズン酵母も、始めは透明だった水に、少しずつ色がついていき、最後はジュースのようににごった。
→酵母が活動した証拠だと考える。

・りんごの実は、発酵が進むと、皮の面積が小さくなったように見えた。取り出してみると、皮自体は残っていて、ふちの部分からだんだん赤い色がぬけていた。皮と実の間に一番栄養があるといわれており、皮の色がぬけたのは、酵母が皮の栄養分を食べたからだと考えられる。

・発酵が進むと泡が出てきた。酵母は活動をすると、二酸化炭素(炭酸ガス)を発生させる。よって、この泡は二酸化炭素であるといえる。酵母は、酸素を二酸化炭素に変えて活動する、「好気性細菌」であることが分かった。このことから、酵母が発酵して呼吸し、二酸化炭素をはい出するから、元種がどんどんふくれて、ビンのふたが持ち上がり、あふれ出たのは、活発に活動した証拠と考えられる。

⇩

酵母は、水と果物だけでつくることができ、好気性細菌であることが分かった。

〈3、麹づくり〉

・材料
- 米　600g
- 種麹(長白菌)　5g

・作り方

①米を洗い、一晩水につけて置く。
②米をざるにあげ、水を切る。
③むし器にふきんをしき、その上に米を平らにならげる。
④40分強火でむす。
⑤ふきんごと米を出し、米の温度が40℃以下にならないうちに、よくほぐす。
⑥40℃以下になったら、種麹を細かくふってまぜる。
⑦ヨーグルトメーカーにふきんごと入れ、20時間35℃で発酵
⑧28℃以下にならないうちに米をほぐす。
⑨ヨーグルトメーカーで24時間40℃で発酵させ、完成!

〈結果〉

一次発酵前

・米を40分蒸すと、下の方がやわらかかった。
・熱くて70℃くらいで、なかなか温度が下がらなかった。麹をふり入れてまぜた。米は、粒々だった。
35℃で20時間発酵させる。

一次発酵後

・ふたのうらにたくさん水蒸気がついていた。米がかたまっていて、切りまぜた。ぽうぽろ(粒々)していなかった。臭いは酒っぽく、味は甘くて、びっくりした。
40℃で24時間発酵させる。

二次発酵後

・ふたを開けてみると、底に黄色っぽい水がでていて、ベタベタしていた。変なにおいがした。→腐敗?
かきまぜてみると、米がべちゃべちゃして、切り戻せなかった。本を見てみると、失敗ということが分かった。

〈考察〉

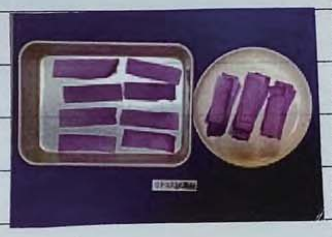
・麹がヨーグルトメーカーでつくれなかったのは、ヨーグルトメーカーに納豆菌がいて、納豆菌が麹の発酵を妨害したと考えられる。水が出て、ツンとするにおいは腐敗と考える。そのため、酒づくりの職人が酒づくり期間に納豆を食べてはいけないのは、本当だったと考える。
・一次発酵(引き込み)のときは、甘く、成功していた。それは、発酵温度が35℃で、納豆菌は活発に活動していないため、成功したと考えられる。二次発酵(切り返し)は失敗してしまったのは、発酵温度が40℃で、納豆菌が活発に活動をする45℃に近いため、納豆菌が麹菌を妨害したと考える。

麹づくりは失敗してしまったため、実験1-3の甘酒づくりでは、市販の乾燥麹を使って、甘酒をつくる。

〈4、リトマス試験紙〉

・材料
・紫キャベツ　・レモン汁
・キッチンペーパー　・重曹

・作り方
①紫キャベツを線切りし、鍋で10分ほど茹でる.
②キッチンペーパーを小さなサイズに切り、茹で汁にひたす.
③②のキッチンペーパーを乾燥させる.



レモン汁を加える

・紫キャベツが赤く変化した。レモン汁は酸性なので成功!

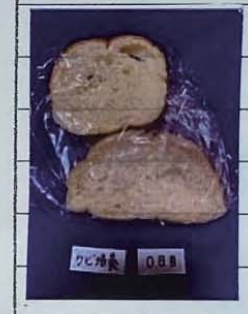
・紫キャベツに重曹を加えた。緑色になった。重曹はアルカリ性なので、成功!

〈5、カビづくり、無菌箱づくり〉

・カビづくり

・材料
・パン

・作り方
パンを放置し、カビがはえるのを待つ.
↳乾燥しないように、ビニール袋に入れたまま観察する.



1日目　2日目　5日目　7日目
カビがはえだした.　パン全体にカビが広がった。

・無菌箱づくり
箱のふたと、側面に、透明カードケースをはり、窓をつけた.

<6.寒天づくり>

・材料
- 水 300g
- コンソメ 1つ(固形)
- 粉末寒天 4g
- 砂糖 3g

・作り方
①鍋に材料を全て入れ、中火で材料がとけるまで温める。
②冷まして、容器に流し入れ、15分程度かためる。

1.発酵菌へ影響を及すか

〈実験1-1〉納豆菌がパンの発酵を妨害するか。納豆菌VS酵母菌

〈内容〉パンづくり(元種)
(1)納豆菌なし(プレーン)
(2)納豆菌入り(ボウルで納豆をかきまぜ、ボウルに残った糸を使う。) 8個作る

〈材料〉8個分

A
- 強力粉 250g
- 塩 4g
- 砂糖 4g

強力粉　元種(レーズン)

B
- 元種 150g(レーズン酵母)
- 水 130~140g(30g程度残す)

- 納豆 40g

〈方法〉

①ボウルにAを入れ、混ぜる。

②Bを加え、よく混ぜ合わせる。

③生地を15分程度こねる。(水分がたりなければ、残りの30gの水を少し加える)

④きれいに丸めてボウルに入れ、ラップをかける。

⑤3〜4時間発酵させる。

⑥生地を8個にわけ、丸めて20〜30分休ませる。

⑦オーブンシートをしいた天板の上で60〜90分発酵させる。

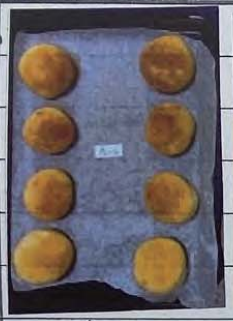
⑧190℃に予熱したオーブンで20分焼く。

〈予想〉

納豆菌が入っても、パンは作れると思う。

なぜなら、納豆が活発に活動する温度は45℃だが、パンの発酵温度は27〜30℃なため、パンの発酵に納豆菌は影響を及さないと考えたから。

	(1) 納豆菌なし プレーン	(2) 納豆菌 あり
一次発酵前	納豆菌入りに比べてかたく、こねるのが大変だった。 直径9cm 高さ9cm	こねたら糸がのびてベタベタし、手にくっついてまとまりにくく、打ち粉をしたら、20g増えた。 直径11cm 高さ9cm
一次発酵後	1.5倍ほどの大きさになった。指でおしたらふくらんでこなかった。 直径15cm	2倍以上にふくらんでいた。指でおしたらふくらんでこなかった。 直径20cm
二次発酵前	一次発酵前はかたかったが、発酵するとモチモチしてやわらかくなっていた。 直径5cm	成形している間も気泡がでてきた。ベタベタせず、モチモチしていた。納豆のにおいはしない。 直径6cm
二次発酵後	納豆菌ほどふくらまなかったが、パンとパンがもうすこしでくっつくくらいふくらみ、大きくなっていた。 直径6.5cm	二次発酵してパンとパンがくっつきそうなほどふくらみ、大きくなっていた。 直径7cm

	(1)納豆菌なし プレーン	(2)納豆菌入り
焼き上がり		
	・上手にパンが焼けた。	・底が少しこげていたが、パンになった。納豆の味もねばりもなく、パンの味がしておいしかった。
	・おいしかった。	・パンとパンがくっついてしまっていた。
	・直径7cm 高さ3.5cm	・直径8cm 高さ3cm 成功!
	成功!	

〈考察〉

酵母(元種)を使って納豆菌なしとありを作って比較した結果、どちらもパンが発酵し、ふっくら美味しいパンが焼けた。それは、納豆菌がパンの発酵を妨害しなかったからといえる。しかし、納豆菌入りは下の写真のようにねばってしまい、なかなか生地をまとめることができなかった。そのため、打ち粉で20gも増えてしまった。それにより、納豆菌なし(プレーン)よりもふくらんだのかもしれない。また、元種では納豆菌に妨害されることはなかったが、液種でパンを発酵させる「ストレート法」という焼き方でも、納豆菌が妨害しないか、さらに実験で確かめる。

〈内容〉パン作り(液種) 8個ずつ作る。

(1)納豆菌なし(プレーン)

(2)納豆菌入り(ボウルに納豆の糸をつける。)

〈材料〉8個分

A
- 酵母液(レーズン)120mL
- 強力粉 200g
- 塩 4g
- ハチミツ 大1

・バター 10g

液種(レーズン)

〈方法〉

① ボウルにAを入れ、スプーンでよくまぜる。

② まとまってきたらバターを加え、まぜる。

③ まとまってきたら手で5分間こねる。

④ 6時間発酵させる。

⑤ 生地を8つにわけ、よくこねて丸めて2時間発酵させる。

⑥ オーブンで190℃、15~20分焼く。

〈予想〉

液種を使ったストレート法では、納豆菌入りのパンはふくらまないと思う。

なぜなら、元種づくりのときに何度まぜて空気をぬいても、瓶からあふれ出るほど発酵していた。それに対し、液種は分かりやすい発酵はしていなかった。なぜパンづくりで元種を使うのか調べたところ、液種をストレートで使用するよりも、元種を使用した方が発酵力が強く、安定すると書いてあった。不安定な液種での発酵は、納豆菌が妨害すると考えた。

〈結果〉

	(1)納豆菌なし(プレーン)	(2)納豆菌入り
一次発酵前	・直径 10cm ・きれいにまとまった。	・直径 10cm ・納豆菌の影響でネバネバしていた。打ち粉はしなかった。
一次発酵後	(直)14cm (高)10cm ・とてもふくらみすぎていて、気泡ができていた。	(直)12cm (高)9cm ・納豆のにおいはしなかった。 ・ふくらんでいた。
二次発酵前	(直)6cm (高)3cm ・一次発酵のしすぎなのか、生地がぶよぶよしていた。	(直)5cm (高)3cm ・一次発酵のおかげで、よりもちもちしていた。

	(1)納豆菌なし(プレーン)	(2)納豆菌入り
二次発酵後	(直)7cm (高)3cm ・生地が横に広くふくらんでいた。 ・納豆菌入りよりもふくらんでいた。	(直)6cm (高)3cm ・元種のときとちがって、あまりふくらまなかった。
焼き上がり	(直)7cm (高)3cm ・切ったら断面がすかすかしていた。 →発酵のしすぎかもしれない。 ・塩でりしょっぱかった。	(直)6cm (高)3cm ・パンの底がこげており、底にひいたクッキングペーパーもこげていた。しっとりしていておいしかった。プレーンよりもおいしい。

〈考察〉

液種でも、元種でも納豆菌に妨害されることなく、パンを発酵させることができた。やはり、パンを発酵する温度は27〜30℃であり、納豆菌が最も活発に活動する45℃ではないため、納豆菌は活動しにくく、酵母菌の活動を妨げなかったと考える。

→納豆菌はパンの発酵を妨害しなかった。

⇩

ヨーグルトの発酵温度は41℃。これは、納豆菌が活発に活動する45℃に近いため、納豆菌を入れてもヨーグルトは発酵して固まることができるのか、実験1-2で確かめる。

〈実験1-2〉納豆菌がヨーグルトの発酵を妨害するか。納豆菌VS乳酸菌

〈内容〉ヨーグルト作り

(1)納豆菌なし(プレーン) 2つ作る A B

(2)納豆菌入り(容器に糸をつける)

(3)納豆入り(底に入れる)

〈材料〉

- 牛乳 900mL
- ヨーグルト 90mL

〈方法〉

①熱湯消毒した容器に材料を入れ、よく混ぜ合わせる。

②ふたをしてヨーグルトメーカーで41℃6時間発酵させる。

③出来上がったら、冷蔵庫で保存

〈予想〉

納豆や、納豆菌(糸)が入っているヨーグルトは、ヨーグルトにならず、ドロドロヨーグルトになると思う。なぜなら、41℃で、納豆菌が活動し、牛乳のタンパク質を分解してドロドロヨーグルトになると考えたから。

また、納豆菌は40℃で胞子が発芽し、栄養細胞に変わり、分裂して増殖する。さらに、「発酵熱」が発生し、納豆菌が最も活発になる50℃に上がってしまうと思う。

そのため、納豆菌が乳酸菌に勝つのではないか。

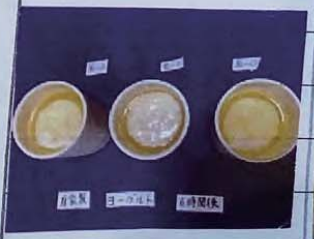
〈評価表〉 40点以上成功! 35点以下失敗

記号	点数	におい	色	味	粘度	性質
○	10点	ヨーグルト	白い	すっぱい さわやか 甘い	0.基準	酸性
△	5点	納豆	かたまりきっていない	納豆	4~6	中性
X	0点	ツンとくるくさい	にごっている	食べられない	0~3	アルカリ性

粘度は、粘度測定表(自作)を使って評価

※参考資料 添付「粘度測定表」

〈結果〉

6時間発酵後	粘度	性質	状態
納豆菌なし(プレーン)	自家製 ヨーグルト 6時間後		・ヨーグルトの味、においもヨーグルト ・全体的にかたまっている。
臭10点 味10点 色10点	7 粘10点	酸性 性10点	50/50点 成功!
(3)納豆入り			・ヨーグルトの後に納豆の味。プレーンよりすっぱい。納豆のにおいで少しヨーグルトのにおい ・納豆を入れた下の方がゆるかった。
臭5点 味10点 色5点	7 粘10点	酸性 性10点	40/50点 成功!
(2)納豆菌入り			・ヨーグルトのにおいで、少しきつい。納豆菌がついている部分はかたまらず、水が40ccくらいでた。 ・チーズのような食感で濃厚おいしい。1番酸味が弱い。市販よりかたかった。
臭10点 味10点 色5点	8 粘10点	酸性 性10点	45/50点 成功!

混ぜた納豆を入れたらどうなるのか、底に入れた場合どう固まっていたのか、透明容器に入れて、再度実験する。

〈確認実験〉透明容器でヨーグルトを作り観察する。

〈内容〉 A B C 3つずつ作る

(4)底に納豆：透明容器の底にまぜていない納豆を入れる。

(5)納豆をまぜる：透明容器にまぜた納豆を入れる。

〈方法〉

実験1-2で作ったヨーグルトの素を、(4)と(5)の透明容器に入れ、ヨーグルトメーカーで41℃6時間発酵させる。

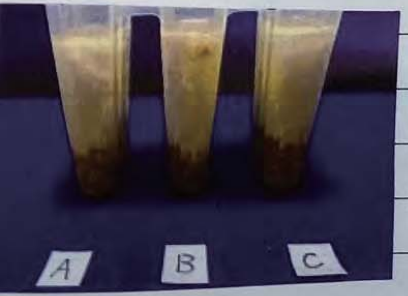
〈予想〉

まぜたら、納豆の糸と納豆があちこちに散らばって、ヨーグルトがかたまりきらないと思う。なぜなら実験で、納豆や、納豆菌がふれていたら、ヨーグルトがかたまっていなかったため、納豆が散らばれば、納豆にふれている部分が多くなり、ヨーグルトがかたまりきらないと思ったから。

〈結果〉

発酵後(4)底に納豆	状態
	・納豆がない部分はヨーグルトになっていたが、納豆がふれている部分はヨーグルトになっておらずかたまりきっていなかった。(5点) 水(乳清)がでていた。 ・納豆の味がした。(5点) ・納豆のにおいがした。(5点)※ ・粘度は8 (10点)35/ ・酸性 (10点) /50点失敗

※底に納豆を入れるはずが浮いてしまったから、実験のやり方が悪かった。

発酵後(5)納豆をまぜる	状態
	・納豆のにおいがした。(5点) ・ヨーグルトの後に、納豆の味がした。(10点) ・底にくれた納豆が浮いていた。 ・ヨーグルトは納豆がない真ん中の方に少しできており、乳清もできていて、かたまりきっていなかった。(5点) ・粘度は7 (10点) ・酸性 (10点) 40/ /50点 成功!

〈考察〉

実験の結果、納豆菌がついている部分には、ヨーグルトができず、乳清ができていた。それは、ヨーグルトの発酵は41℃で、納豆菌が活動しやすい温度なため、牛乳のタンパク質を分解して、活動したのではないか。このことから、納豆菌が、乳酸菌のはたらきを、妨害したと考えられる。予想では、ヨーグルトがドロドロになると思って、粘度測定表を作ったが、乳酸菌は、納豆菌とふれていないところでは、ヨーグルトがかたまっていた。このことから、乳酸菌は、納豆菌とふれていなければ、同じ空間にいても、発酵して、ヨーグルトを作ることができる。

少しかためのカッテージ

←チーズのようなヨーグルトができた!

それは、納豆菌のまわりに※乳清がタクさんでき、中央で乳酸発酵をしたためと考えられる。

※乳清(ホエイ)とは

ヨーグルトは、牛乳の主な成分であるがゼインと呼ばれるタンパク質が、乳酸菌の働きによって固まったもの(乳酸発酵)だ。しかし、ゲル(固まり)の構造が不安定であることにより、発酵する過程でゲルが収縮されることがある。このことにより、外に押し出された液体を、乳清という。

↓

この実験で、乳清ができたのは、納豆菌を入れたことにより、ゲルの構造が不安定になったからと考えられる。そのため、ふつうのヨーグルトよりも、乳清が多く出たといえる。

〈実験1-3〉納豆菌が甘酒の発酵を妨害するか。

納豆菌VS麹菌

〈内容〉甘酒づくり (1)も(2)も(3)も3つずつ

(1)納豆菌なし(プレーン) A B C

(2)納豆菌入り(容器に糸をつける)

(3)納豆入り(容器の底にまぜた納豆を入れる)

〈材料〉 ※容器や、器具は、熱湯消毒したものを使う。

- 米 1合
- 水 200mL
- 乾燥麹 200g
- 納豆 40g

〈方法〉9個分

① ごはん1合を鍋に水を入れ、おかゆを炊く。

② 容器におかゆ・よくほぐした米麹・水を入れ、よく混ぜ合わせる。

③ 60℃10時間ヨーグルトメーカーで発酵させ、冷蔵庫で保存。

〈予想〉

実験準備で米麹の発酵に失敗した。それは、麹の発酵温度は28℃の一次発酵では成功したが、二次発酵の40℃では発酵に失敗して、水が出て腐ってしまった。それは、40℃で納豆菌が活動し麹発酵を妨害したと考えると甘酒の発酵は60℃だから、納豆菌は少しだけ活動すると思う。よって、甘酒はできるが、納豆のまわりが少しネバりのある甘酒になると思う。

〈甘酒作り方〉

ごはん1合

おかゆをたいた。

乾燥麹をばらばらにくずした。

乾燥麹をおかゆにまぜた。

甘酒 発酵方法

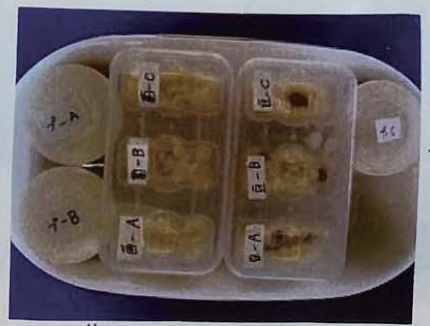
器に納豆の糸をつけた。

おかゆを入れた。

器の中に納豆を入れた。

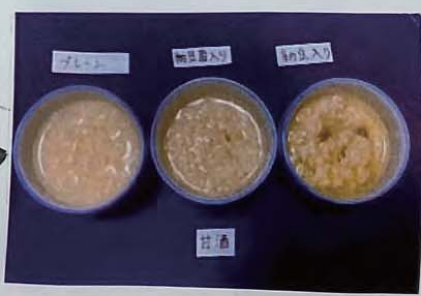
おかゆを入れた。

おかゆと納豆をまぜた。



ヨーグルトメーカに入れ、60℃で10時間発酵させる。

発酵後



完成！

〈結果〉

	写真	状態
(1) 納豆菌なし		・市販の甘酒と同じ香りや甘味がした。 ・甘味はあったが、納豆菌入りに比べて、少し水っぽい感じがして、さらさらしていて、うすかった。
(2) 納豆菌入り		・ほんの少し色が茶色っぽくなっていた。 ・味も、においも、甘酒でおいしく、よい香りがした。 ・成功！家族4人のうち3人が1番おいしいと言った。人気！
(3) 納豆入り		・においは、甘酒の後に、ほんの少し納豆のにおいがした。 ・味は、甘酒の味がしたが、少し納豆の苦みもあった。 冷やすと少しやわらいだ。

〈考察〉

甘酒が3種類とも(3)成功しても、納豆入りが苦くなってしまったのは発酵温度が60℃になり、納豆菌が再発酵してしまい、大豆のタンパク質が分解された後に生まれた物質に苦み成分があったと考えられる。しかし、甘くなっていたため、甘酒の発酵としては、全て成功！

2、他の発酵菌と共存できるか

〈実験2-1〉納豆が乳酸菌で発酵するか。

(納豆のぬか漬け)

〈方法〉 A B C 3つ作る。

実験準備①で作ったぬか床に、納豆を漬ける。

24時間後に発酵したか確かめる。

〈予想〉

漬けられると思う。なぜなら、乳酸菌が野菜にふくまれている糖を分解するため、納豆の大豆にふくまれている糖を分解して、漬かると考えたから。また、床どこは、冷蔵庫に入れるため、納豆の発酵はしにくいと考える。だから、ぬか漬けが乳酸発酵し、「ぬか漬け納豆」ができると思う。

〈結果〉A B C 3つともぬか漬けになった。

	発酵前	24時間発酵後
写真		
状態	・ぬかを底にひき、その上にまぜた納豆をのせ、さらにぬかをかぶせた。	・みた目は納豆のままで、糸も引いている。 ・豆の中まで塩味がしみている。しょうゆをかけて食べなくてもおいしい。大成功!

〈考察〉

ぬか床は冷蔵庫で発酵させるため、納豆菌が活動しなかったと考えられる。また、乳酸菌が大豆にふくまれている糖を分解し、発酵したと考えられる。

〈実験2-2〉納豆が酵母菌で発酵するか。

(納豆で酵母を作る。)

〈材料〉・ペットボトル 112mL ×3本

・納豆 1パック(40g)

・水 ペットボトルの9割程度(水道水)

〈方法〉A B C 3つ作る。

112mLのペットボトルに、納豆と水を入れる。25℃前後の環境で保存し、1日2回まぜる。(5日間)

〈予想〉

酵母が作れると思う。なぜなら、納豆の大豆にふくまれている糖を、酵母菌が分解して、活動すると思ったから。また、発酵温度は25℃前後で、納豆菌が活発に活動する温度ではないから。

〈結果〉

1日目		・たくさんのあわがでていて、少し納豆のにおいがした。
2日目		・豆の色がぬけて、水の色が茶色っぽくなり、こくなった。 ・あけたらシュワっと音がして、泡が増えていた。
3日目		・納豆が水面に浮いていて、まだ浮いていないものもあった。 ・アルコールのにおいはせず、納豆のにおいがきつかった。
4日目		・泡がおさまってきていた。やはり、アルコールのにおいはしなかった。 ・納豆の糸が白く見え、底にしずみ、かたまっていた。
5日目		・納豆のにおいがうすくなり、今までとは少しちがうにおいがしたため、冷蔵庫に入れた。 完成！

〈考察〉

本には、酵母と納豆は一緒に冷蔵庫に入れてはいけないと書いてあったが、納豆で酵母を作ってみると、泡が出て、発酵していた。5日目、アルコール臭はしなかったが、納豆のにおいがうすくなったため、完成だと考えた。→元種づくりに挑戦する。

〈元種づくり〉納豆酵母の液種から、元種を発酵させる。

〈材料〉

・強力粉 190g
・液種 190g（納豆酵母）
・塩 ひとつまみ×3

〈方法〉①耐熱に液種と強力粉70gずつと塩ひとつまみを入れ、清潔なスプーンでよくまぜる（1日に2回）
②25℃の環境で保存する。
③3日間同じ動作をし、3日目は50gずつ入れる。

〈予想〉

元種は作れると思う。なぜなら、酵母の発酵気温は25℃前後なため、納豆菌が活動しにくい温度だから、酵母発酵の妨害をせずに元種ができると思う。

〈結果〉

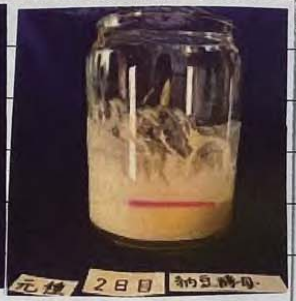
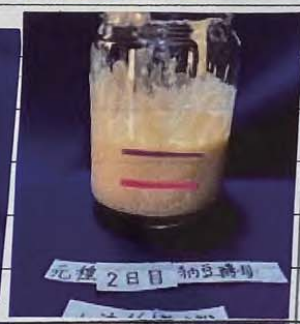
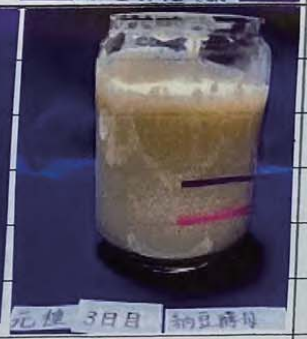
	写真	状態
1日目		・液種と強力粉70gずつ入れると、高さが2cmになった。 ・納豆のにおいがした。作った直後は、弾力があった。
2日目		・あまりふくらんでいなかった。まぜると弾力はなく、さらさらしていた。
十粉と液種		・液種と強力粉70gずつ入れると、高さが4cmになった。 ・少し弾力があった。
3日目		・6cmまでふくらんでいた。まぜるとトロトロしていた。3日目ではじめてふくらみ、発酵していた。

	写真	状態
十液種と粉		・強力粉と液種50gずつ入れた。 ・高さが6cmになった。
4日目		・大きな気泡がぷつぷつでていた。 ・ふくらみすぎて、あふれ出てしまっていた。高さが4cmになってしまった。 完成！冷蔵庫に入れる。

〈考察〉

強力粉と液種を加えた後は弾力性があるが、発酵後はさらさらしてしまっていた。それは、強力粉にふくまれている、タンパク質を納豆菌が分解してしまったと考えられる。

→調べたところ、「タンパク質分解酵素」が含まれる食材で酵母を作っても、パンの生地がドロドロになってしまうと分かった。

また、液種はアルコールのにおいはせず、発酵したのか不安だったが、ふたを開けたときには、ガスが出ていたため、発酵したと考えた。そこで、元種をつくってみたら、4日目にばくはつし、ふたを押し上げてしまっていて、発酵したと考えた。しかし、さらさらになってしまっていた。

成功か、失敗か、パンを作って確かめる。

〈パン作り〉納豆酵母の元種からパンを作ることができるか。

〈内容〉(1)と(2)を比較する。

(1) 納豆酵母の元種でパンを作る

(2) りんご酵母の元種でパンを作る

〈材料〉8個分

A
- 強力粉 250g
- 塩 4g
- 砂糖 4g

B
- 元種 125g
- 水 130~140g

〈方法〉

① ボウルにAを入れまぜる。

② 30g程度の水を残してBを加え、まぜる。15分こねる。

③ 丸めてボウルに入れ、3~4時間発酵させる。

④ 生地を8個に分け、丸めて30分休ませる。

⑤ クッキングシートをひいた天板の上で1時間発酵させる。

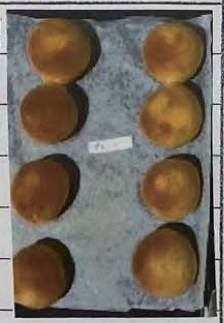
⑥ 200℃に予熱し、13分焼く。

〈予想〉

納豆酵母でパンは作れると思う。なぜなら、実験1-1の納豆菌でパン作りで、パンが作れたから。また、発酵温度が27~30℃だから、納豆菌は活発に活動しないと思ったから。

〈結果〉

	(1) 納豆酵母	(2) りんご酵母
一次発酵前	・生地をこねるとモチモチしていた。始めはネバネバしていた。直9cm	・生地をこねると、納豆酵母より硬くこねるうちにやわらかくなってきた。直9cm
一次発酵後	2倍までふくらんで、おしてもどってこなかった。納豆のにおいはしない。一次発酵成功！直18cm	1.7倍くらいまでふくらんで、おしてもどってこなかった。納豆酵母の方がふくらんだ。直16.5cm
二次発酵前	・8個に分けた。・モチモチしていた。・丸めている間も気泡がでて、ぷくっとふくらんだ。直5.5cm 高3cm	・8個に分けた。・モチモチしていた。・やわらかくなった。・直5cm 高3cm
二次発酵後	・ラップにはりつくほどふくらんでいて、パンどうしがくっついているものもあった。二次発酵成功！直7cm 高3.5cm	・納豆酵母ほどではないがふくらんでいて大きく、横に広くなっていた。直6.5cm 高3.5cm

	(1) 納豆酵母	(2) りんご酵母
焼き上がり		
	・こんがり焼けていた。	・二次発酵でくっついていなかった。
	・納豆のにおいはせず、香ばしいにおいがした。おいしかった。	パンどうしがくっついていた。
		・りんごのにおいはしなかった。
	パン作り成功！	・おいしかった。
	㊦7.5cm ㊤4cm	㊦7cm ㊤4cm

〈考察〉

納豆酵母でパンができたことから、液種も、元種も、作れていたと考えられる。また、納豆菌と酵母菌が共存できることが分かった。

↓

水と納豆だけで、酵母が作れる。

コロナ禍の影響で、イースト菌が売り切れてしまい、パンを作ることができなくなったが、いつでも家にあり、店でも売っている、納豆と水があれば、酵母ができ、パンを作ることができる。

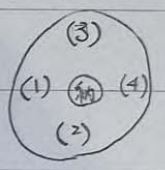
3. 他の菌を抑制することができるか

〈実験3〉納豆菌がカビを抑制できるか。

納豆菌VSカビ

〈内容〉 A B C 3つつくる。

(1)黒カビ (2)青カビ (3)白カビ (4)黄カビ



〈方法〉

①パンにはえたカビを実験準備⑥で作った寒天のはじにくっつけ、中央に納豆1つぶを置く。

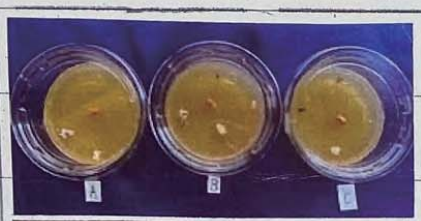
②無菌箱に入れたまま、30℃の部屋に放置し、1週間(7日間)観察する。納豆培養と比較する。

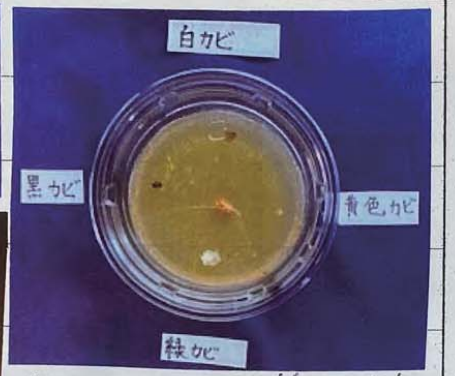
〈予想〉納豆は、カビを抑制できると思う。なぜなら、カビが、カビを増やすために飛ばす胞子が、納豆のネバネバにくっついて、カビがはんしょくしにくくなると思ったから。

〈結果〉

プラスチックケースにふたをし、無菌箱に入れ、室内(29℃)で培養した結果↓。

1日目





寒天の上に、各種カビをおき、映に納豆1つぶをおく。

2日目

・黒カビが増えていた。
・納豆のまわりが、白くなっていた。

5日目

・納豆のネバネバの白い部分が少なくなっていた。さらに、黄色カビも黒カビほどではないが、増えていた。

2日目　　5日目

納豆つまくは、増殖した納豆菌

A
Bとcよりはあまり黒カビがはえていないが、納豆のまくにもカビがはえてしまった。

B
黒カビの手前に黄色カビがはえていた。納豆のまくにもカビがはえてしまった。

C
豆の周り以外はほとんどが黒カビになってしまった。納豆のまくにまでカビがはえてしまった。

8割 納豆菌が広がっていた。

5日目の　豆は、まだカビがはえていなかった。

豆が白くなっていた。

7日目

他は一面まっくろカビ。

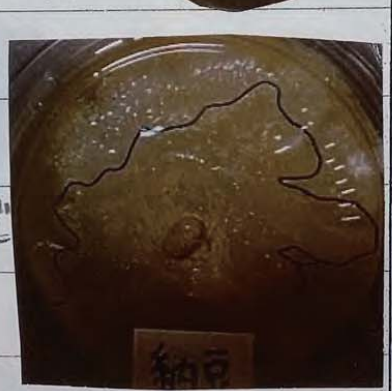
・その　豆にも少しカビがはえていた。

まだカビが生えていないところもあり、抑制できていた。

納豆は、黒カビがはえていなかった！

〈考察〉

始め(1~3日ごろ)は納豆の周りにはカビははえていなかった。それは、納豆菌(白いまく)がカビと戦っていたからだと考えられる。納豆菌が5日目から黒カビに負けてきたのは、納豆の腐敗が始まり、納豆菌の活動が止まったからと考えられる。



7日目

→納豆菌が活動し続ければ、カビを抑制できるのではないかと考える。

考察

・実験を通して、納豆菌は多くの菌と共存することができるといえる。納豆菌が他の菌と共存できるかどうかは、その菌の活動温度に左右される。納豆菌の活動しやすい温度である40~45℃付近を活動温度とする菌に関しては、納豆菌の働きの方がより強くなるため、共存することが難しいと考える。実験準備3より、納豆菌は活動温度の近い麹菌の活動を妨げたため、酒造において納豆菌は厳禁と言う話は本当であるということが分かった。

多くの菌の発酵において納豆菌を避けるべきといわれているのは、納豆菌が麹菌の発酵を妨げていることで、他の菌の発酵にも悪影響を及ぼすと勘違いされているためなのではないかと考える。

実験2-2より、納豆と水だけを用いて酵母を作ることができるということが分かった。一般的に酵母と納豆菌は相性が悪く、納豆から酵母を作ることは不可能

だと言われていたが、今回の実験により納豆から酵母を作ることはできるということが分かった。これは、大豆の糖分を栄養に酵母菌が活動したためだと考えられる。実験3より、カビは納豆や納豆菌を避けて繁殖するということが分かった。また、納豆の腐敗が始まったタイミングで納豆のまわりにカビが増え始めたことから、納豆の腐敗に伴って納豆菌は死滅または、力を弱めると考える。納豆菌には、カビの増殖を抑える効果があるのではないか。

まとめ

1 納豆菌は、酵母発酵の害にならなかった。
パン作りに納豆菌は影響しない。

2 乳酸菌は、納豆菌をさけて発酵した。ヨーグルト作りに納豆菌は影響したが、ヨーグルトは作れた。

3 米麹づくりは納豆菌が妨害して、発酵失敗した。
しかし、甘酒作りに、納豆菌は影響しない。

4 納豆が乳酸発酵し、ぬか漬になった。
納豆菌と乳酸菌は共存できる。

5、納豆が酵母発酵し、納豆酵母の液種、元種になった。納豆で酵母が作れる。

6、納豆菌は増殖が早い。カビは納豆菌をさけて増えるが、7日でカビが全面勝利した。納豆菌はカビを抑制する効果がある。

納豆菌は温度によって発酵菌を抑制して妨害したり、共存したりする。納豆菌は他の発酵菌がいても、共存できた。→納豆菌最強！

〈発酵表〉

菌	発酵温度(℃)	発酵時間(時間)	納豆菌の影響
酵母菌(液種)	25	5日	納豆酵母ができた。
(元種)	25	3日	〃
(パン二次)	27~28	3~4	ふくらんだ
(パン二次)	27~28	1~1.5	〃
乳酸菌(ぬか漬け)	14(冷蔵庫)	1日	おいしかった。
(ヨーグルト)	41	6	納豆菌をさけかたまらない部分もあった。
麹菌 (米麹一次)	35	20	ぽろぽろしていなかった。
(米麹二次)	40	24	べちゃべちゃして、水が出ていた。
(甘酒)	60	10	おいしかった。
カビ培養	29~30	7日	妨害できた(5日)

納豆菌の影響を受け、失敗したのは、米麹。
また、ヨーグルトが部分的にかたまらなかった。
どちらも、発酵温度は40℃前後であった。

⇩

納豆菌の影響は、発酵温度による。

参考文献

「発酵食品の大研究」 小泉武夫 PHP研究所

「もっと知ろう！発酵のちから」 中居恵子 ほるぷ出版

「発酵菌ですぐできるおいしい自由研究」 小倉ヒラク あかね書房

「図解でよくわかる発酵のきほん」 舘博 誠文堂新光社

「発酵食品の科学」 坂本卓 日刊工業新聞社

「発酵・醸造の疑問50」 東京農業大学応用生物科学部 醸造科学科 成山堂書店

「自家製酵母のおいしいパン」 相田百合子 成美堂出版

・「なっとう菌」　木村啓太郎
農山漁村文化協会
・「にゅうさん菌」　佐々木泰子
農山漁村文化協会
・「こうじ菌」　北垣浩志
農山漁村文化協会
・「こうぼ」　浜本牧子
農山漁村文化協会
・「かび・きのこ」　白水貴
農山漁村文化協会
・「ねん菌くへんけい菌>」　川上新一
農山漁村文化協会
・「乳酸菌のひみつ」　おだぎみを
学研プラス
・ダイズ　赤木かん子
新樹社
・「ウイルス！細菌！カビ！原虫！」　ヘールト・ブーカールト
くもん出版

納豆ネバネバ最強伝説！

納豆研究パート5

牛久市立ひたち野うしく小学校
6年 林 彩音

【きっかけ】

5年前から毎年自由研究で納豆について、調べている。これまでの研究で、豆やワラブとの役割を果たす植物を変えても納豆が作れ、高温や低温でも納豆菌が生きていたことが分かり、納豆菌の生存能力の強さを実感してきた。また、このコロナ禍で休校していた時に家で色々手作りをした中で、パンを作る時にインターネットを調べたら、作り方の中で納豆菌が混ざるとパンは作れないと書いてあった。お酒造りにも納豆菌は禁物で酒造期間に職人は納豆が食べられないらしいと書いてあった。そのことから、納豆菌が強すぎて他の菌の働きに勝ってしまうからかもしれないと思った。そこで今回は、納豆菌は他の食品の発酵に使われている菌類（乳酸菌や麹菌など）と比べてどれほど強力であるのかということを調べ、納豆菌が最強だと証明したいと思い今年の研究のテーマとした。

【目的】

納豆菌と乳酸菌、麹菌、酵母菌、また全食品の敵であるカビ菌を対決させ、納豆菌が最強であることを証明する。納豆菌が他の食品の発酵を妨害するのか、パン作り、ヨーグルト作り、甘酒作りにおいて検証する。納豆菌は他の菌と共存できるか、ぬか漬け、酵母において検証する。

【実験の流れ】

〈実験1-1〉納豆菌VS酵母菌　パン作り
〈実験1-2〉納豆菌VS乳酸菌　ヨーグルト作り
〈実験1-3〉納豆菌VS麹菌　甘酒作り
（納豆菌が他の発酵菌の発酵を妨害するか。）

〈実験2-1〉納豆ぬか漬け
〈実験2-2〉納豆酵母作り
（納豆菌は他の発酵菌と共存できるか。）

〈実験3〉納豆菌VSカビ　カビ培養

【予想】

納豆パンや納豆ヨーグルト、納豆甘酒は店頭で売っているのを見かけたことがない。それは、納豆にふくまれる納豆菌が酵母菌などの他の菌に勝ってしまったことで、商品が作れなかったからなのではないかと思う。そのため、納豆菌は他の菌の発酵中も生きられると考えた。ただし、納豆菌が発酵しやすい40〜45℃に近い発酵温度の場合はその菌のはたらきに影響すると思う。実験で、納豆から酵母をつくることができたら、世界初納豆酵母パンが作れると思う！また、納豆菌は食品を発酵させる菌の中でも最強ならば、カビ菌にも負けないと思う。納豆菌は高温でも低温でもどんな環境でも生きられて、空気中のどこにでもいるが、カビはジメジメしたところに多く、生きられる環境がかたよっているため、納豆菌の方が強いのではないか。

⇩

納豆菌最強!!

【実験準備】

〈ぬか床作り〉
・ぬか床の材料をまぜ、冷蔵庫で発酵させる。捨て野菜を漬けた。1日2回まぜる。7日で完成！

〈酵母作り〉
・液種：レーズンとりんごをそれぞれ水につけ密閉し、25℃前後で5日間発酵させる。（1日2回まぜる。）

・元種：同量の強力粉と液種、さらに塩ひとつまみを瓶に入れ、まぜる。密閉して25℃前後で発酵させる。（1日2回まぜる）3日間これをくり返す。4日目完成！冷蔵庫で保存。

〈米麹作り〉
・強火で40分蒸した米をふきんに広げ、ほぐす。米が40℃に下がったら、種麹をまぜる。米を新しいふきんに包み、ヨーグルトメーカーで30℃20時間発酵させる。
→ボロボロしていなかったが、甘かったので、発酵成功！

さらに40℃20時間発酵させる。
→黄色い水が出ていて、ベタベタしていたので失敗！
・考察：ヨーグルトメーカーに納豆菌がいて麹菌の発酵を妨害したと考えられる。それは、1度目の発酵は35℃で納豆菌が活動しない温度だが2度目の発酵は40℃で納豆菌が活動したと考える。
※麹作りに失敗したため実験3では乾燥麹を使う。

〈リトマス試験紙作り〉

・紫キャベツの煮汁をキッチンペーパーにふくませ乾燥させる。酸性の場合紫からピンクになる。アルカリ性を調べる場合は酸性でピンクにした紙を使うと、ピンクから緑になる。

〈カビ培養〉

・パンをビニール袋に入れて、7日間観察する。

〈無菌箱作り〉

モノボックスのふたと側面にプラスチックケースの窓をつける。

〈寒天培地作り〉

・水、コンソメ、砂糖、粉末寒天を溶かし、プラスチックケースでかためる。

【実験1-1】納豆菌VS酵母菌

〈方法〉レーズン酵母の元種を使ってパンを作る。(1)納豆菌なし(2)納豆菌入り
一次発酵 27℃3〜4時間　二次発酵27℃1.5時間　焼き上がり予熱180℃で20分

〈予想〉納豆菌が入っても、パンは作れると思う。なぜなら、納豆菌が活発に活動する温度は45℃だが、パンの発酵温度は27〜30℃なため、パンの発酵に納豆菌は影響を及ぼさないと考えたから。

〈結果〉どちらも発酵してふくらみ、パンが焼けた。納豆菌には影響されなかった。→においもなく味もおいしい

	一次発酵前	一次発酵後	二次発酵前	二次発酵後	焼き上がり
(1)菌なし					
(2)菌入り					

〈考察〉酵母（元種）では納豆菌に妨害されずにパンが焼けた。生地をまとめる時にねばってなかなかまとまらなかったため、発酵が不安定の状態の液種からもパンが焼けるか、さらに実験して確かめる。

〈方法〉レーズン酵母の液種を使ってパンを作る。(1)納豆菌なし(2)納豆菌入り

〈予想〉液種でのパン作りは納豆菌が妨害すると思う。なぜなら、液種の発酵が不安定だから。

〈結果〉液種でもどちらも発酵してふくらみ、パンが焼けた。パン作りは納豆菌に影響されない。

	一次発酵前	一次発酵後	二次発酵前	二次発酵後	焼き上がり
(1)菌なし					
(2)菌入り					

〈考察〉パンを発酵させる温度は27〜30℃であり、納豆菌が最も活発に活動する45℃ではないため、納豆菌は活動しにくく、酵母菌の活動を妨げなかったと考える。
⇒ヨーグルトの発酵温度は41℃。これは、納豆菌が活動しやすい温度であるため納豆菌を入れてもヨーグルトは発酵して固まるのか、実験で確かめる。

【実験1-2】納豆菌VS乳酸菌

〈方法〉3種類のヨーグルトを作って比較する。(1)納豆菌なし(2)納豆入り(3)納豆菌入り

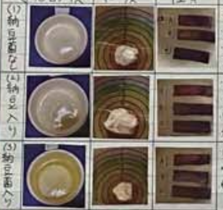
〈予想〉納豆や納豆菌が入っているヨーグルトは、ドロドロヨーグルトになると思う。なぜなら、41℃で納豆菌が活動し、牛乳のタンパク質を分解してドロドロヨーグルトになると思ったから。また、納豆菌は40℃で胞子が発芽し、栄養細胞に変わり、分裂して増殖する。さらに、発酵物が発生し、納豆菌が最も活発になる50℃に上がってしまうと思う。そのため、納豆菌が乳酸菌に勝つのではないか。

〈評価表〉40点以上 成功！ 35点以下 失敗

記号	点数	におい	色	味	粘度	性質
○	10点	ヨーグルト	白い	すっぱい これすか 甘い	7.基準	酸性
△	5点	納豆	かたまりきっていない	納豆	4〜6	中性
×	0点	ツンとくる くさい	にごっている	食べられない	0〜3	アルカリ性

粘度は、粘度測定表（自作）を使って評価 ※参考資料に添付

〈結果〉3種類ともヨーグルトになって、かたまった。納豆菌の近くをさけてかたまっていた。



	発酵後	粘度	性質	状態	(点)
(1)納豆菌なし				におい　ヨーグルト10点 味　ヨーグルト10点 色　白く、かたまっている10点 粘度7　性質 酸性 20点	50/50
(2)納豆入り				におい　納豆 少しヨーグルト5点 味　ヨーグルトの後納豆 10点 色　納豆の入っている所の色がかわった5点 粘度7　性質 酸性 20点	40/50
(3)納豆菌入り				におい　ヨーグルト 少しすっぱい10点 味　チーズのような食感 濃厚10点 色　納豆菌がついている所がかたまらず、粘り少なくなっていた。5点 粘度8　性質 酸性 20点	45/50

〈考察〉
混ぜた納豆を入れたらどうなるのか。底に入れた場合どう固まっているのか、透明容器に入れて再度実験する。

〈確認実験〉透明容器で納豆入りヨーグルトの固まり方を観察する。

〈方法〉2種類のヨーグルトを透明容器で作って比較する。(4)底に納豆(5)まぜた納豆入り

〈予想〉まぜると納豆菌とふれる部分が多くなり、乳酸菌はそれをさけて発酵するためヨーグルトがかたまらない部分が多くなると思う。

〈結果〉納豆をさけてヨーグルトがかたまり、納豆のそばに乳清ができていた。

(4)底に納豆		納豆がない部分はヨーグルトになっていたが、納豆がふれている部分はヨーグルトになっておらず、かたまりきっていなかった。乳清ができていた。
(5)まぜた納豆		ヨーグルトは、納豆がない真ん中の方に少しできており、乳清もできていて、かたまりきっていなかった。

〈考察〉実験の結果、納豆菌がついている部分には、ヨーグルトができず、乳清ができていた。それは、ヨーグルトの発酵温度は41℃で、納豆菌が活動しやすい温度なため、牛乳のタンパク質を分解して活動したのではないか。このことから、納豆菌が乳酸菌の働きを妨害したと考えられる。予想では、ヨーグルトがドロドロになると思って、粘度測定をしたが、乳酸菌は納豆菌とふれていないところではヨーグルトが固まっていた。このことから乳酸菌は納豆菌にふれていなければ、同じ空間にいても発酵してヨーグルトが作れる。(3)の納豆菌入りでは、少しかためのカッテージチーズのようなヨーグルトができた！それは、納豆の周りに乳清が多くでき、中央で乳酸発酵をしたためと考えられる。

※乳清（ホエイ）とは
ヨーグルトは、牛乳の主な成分であるタンパク質（カゼイン）が、乳酸菌の働きにより、固まったもの。しかし、ゲル（固まり）の構造が不安定であることから、発酵する過程でゲルが収縮される。このことにより、外に押し出された液体を乳清という。
→この実験で乳清ができたのは、納豆菌を入れたことにより、ゲルの構造が不安定になったためと考えられる。そのため、ふつうのヨーグルトよりも、乳清が多く出たといえる。

【実験1-3】納豆菌VS麹菌

〈方法〉3種類の甘酒を作って比較する。(1)納豆菌なし(2)納豆菌入り(3)納豆入り

〈予想〉実験準備で米麹の発酵に失敗した。麹の発酵温度は30℃の一次発酵では成功したが、二次発酵の40℃では発酵に失敗して、水が出て腐敗してしまった。それは40℃で納豆菌が活動し、麹発酵を妨害したと考えると甘酒の発酵は60℃だから、納豆菌は少しだけ活動すると思う。よって甘酒はできるが、納豆のまわりが少しネバリのある甘酒になると思う。

〈結果〉3種類とも味は甘味があり、甘酒に発酵した。甘酒作りは納豆菌には影響されない。

(1)納豆菌なし		・市販の甘酒と同じ香りや、甘味がした。 ・甘味はあったが、納豆菌入りに比べて、少し水っぽい感じがして、さらさらしていて、うすかった。
(2)納豆菌入り		・ほんのりし色が茶色っぽくなっていた。 ・味もにおいも甘酒でおいしく、よい香りがした。 成功！家族4人のうち3人が1番おいしいと言った。人気！
(3)納豆入り		・においは、甘酒の後にほんの少し納豆のにおいがした。 ・味は、甘酒の味がしたが、少し納豆の苦みもあった。 ・冷やすと少しやわらいだ。

〈考察〉甘酒が3種類とも成功しても、(3)の納豆入りが苦くなってしまったのは発酵温度が60℃になり、納豆菌が再発酵してしまい、大豆のタンパク質が分解された後に生まれた物質に苦み成分があったと考えられる。しかし、甘くなっていたため、甘酒の発酵としては、全て成功した

【実験2-1】納豆ぬか漬け

〈方法〉ぬか床に納豆を漬ける。24時間後に発酵したか確かめる。

〈予想〉漬けられると思う。なぜなら、乳酸菌が納豆の大豆にふくまれている糖を分解して発酵すると思ったから。また床どこは冷蔵庫に入れて発酵させるため、納豆の発酵はしにくいと考えたから。

写真：24時間発酵後

〈結果〉・A B C 全てぬか漬けになった。
・見た目は納豆のままで、混ぜると糸も引いている。
・豆の中まで塩味がしみており、しょうゆをかけなくてもおいしい。大成功！ 納豆はぬか漬けで乳酸発酵した。共存！

〈考察〉ぬか床は冷蔵庫で発酵させるため、納豆菌が活動しなかったと考えられる。また、乳酸菌が大豆にふくまれている糖を分解し、発酵したと考えられる。

【実験2-2】納豆酵母作り

〈方法〉納豆で酵母（液種）を作る。5日間発酵させる。

〈予想〉納豆で酵母は作れると思う。なぜなら、納豆の大豆にふくまれている糖を、酵母菌が分解して、活動すると思ったから。また、発酵温度は25℃前後で、納豆菌が活発に活動する温度ではないから。

〈結果〉納豆で酵母（液種）を発酵させ、納豆酵母を作ることができた。

1日目	2日目	3日目	4日目	5日目 完成！
たくさんの泡が出ていて少し納豆のにおいがした。	豆の色が抜けたの色が茶色っぽくなりあわがムワと香がした。		まだアルコール臭はしない。納豆の香りが強く気泡にしまる	納豆の臭いが少なくなったため、冷蔵庫に入れた。完成！

〈考察〉本には、酵母と納豆は一緒に冷蔵庫に入れてはいけないと書いてあったが、納豆で酵母を作ってみると、泡が出て、発酵していた。5日目、アルコール臭はしなかったが、納豆の臭いがうすくなったため、完成だと考えた。→元種づくりに挑戦する。

〈元種作り〉納豆酵母の液種から、元種を発酵させる。

〈方法〉納豆酵母液種から、元種を作る。4日間発酵させる。

〈予想〉元種も作れると思う。なぜなら、元種の発酵温度も25℃前後なため、納豆菌が活動しにくい温度だから、酵母発酵の妨害をせずに元種が発酵すると思う。

〈結果〉ふくらんで発酵していたから、成功！

1日目	2日目	3日目	4日目	
				りんご酵母やレーズン酵母と違って、元種がさらさらしていた。ふくらみすぎて、あふれ出てしまった。

〈考察〉強力粉と液種を加えた後は弾力性があるが発酵後はさらさらしてしまっていた。それは、強力粉にふくまれているタンパク質を納豆菌が分解したと考える。
→調べたところ、タンパク質分解酵素が含まれる食材で酵母を作っても、パンの生地がドロドロになってしまうと分かった。
また、液種はアルコール臭はせず、発酵したのか不安だったが、ふたを開けたときには、ガスが出ていたため、発酵したと考えた。そこで、元種を作ってみたら、4日目には発酵し、ふたを押し上げてしまっていて、発酵したと考えた。しかし、さらさらになってしまっていた。そのため、成功か、失敗か、パンを作ってみる。

〈パン作り〉納豆酵母の元種からパンを作る。

〈方法〉2種類のパンを作る。(1)納豆酵母 (2)りんご酵母

〈予想〉納豆酵母でパンは作れると思う。なぜなら、実験1-1で納豆菌を入れてもパンが作れたから。また、発酵温度が27〜30℃だから、納豆菌は活発に活動しないと思ったから。

〈結果〉納豆酵母でもパンができた。納豆酵母成功！

	一次発酵前	一次発酵後	二次発酵前	二次発酵後	焼き上がり
(1)納豆酵母					
(2)りんご酵母					

〈考察〉納豆酵母でパンができたことから、液種も、元種も、作れていたと考えられる。また、納豆菌と酵母菌が共存できることが分かった。

ふっくら焼けた。おいしかった。

→水と納豆だけで、酵母が作れる。
コロナ禍の影響で、イースト菌が売り切れてしまい、パンを作ることができなくなったが、いつでも家にあり店でも売っている。納豆と水があれば、酵母ができ、パンを作ることができる。

【実験3】納豆菌VSカビ

〈方法〉4種類のカビと納豆菌を寒天培養する。(1)黒カビ(2)白カビ(3)青カビ(4)黄カビ

〈予想〉納豆菌はカビを抑制できると思う。なぜなら、カビがカビを増やすために飛ばす胞子が、納豆のネバネバにくっついて、カビが繁殖しにくくなると思ったから。

〈結果〉カビは納豆菌をさけて繁殖した。

	1日目	2日目	5日目	7日目
納豆培養	寒天の上の中央に納豆1つぶをおいた。	納豆のまわりが、白くなっていた。	さらに白い部分が広がっていた。	豆と寒天にはまだカビがはえていなかった。
カビ培養	寒天の上に各種カビをぬり、中央に納豆1つぶをおいた。	黒カビが増えていた。白の部分(納豆菌)の周りが白かった。	納豆菌の上に黒カビがはえていた。少しだけ全体に増殖	まだカビがはえていないところもあり、抑制できていた。

〈考察〉始め（1〜5日目）は納豆の周りにはカビははえていなかった。それは、納豆菌（白いまく）がカビと戦っていたからだと考えられる。納豆菌が5日目から黒カビに負けてきたのは、納豆の腐敗が始まり、納豆菌の活動が止まったからと考えられる。
→納豆菌が活動し続ければ、カビを抑制できるのではないか。

【まとめ】

・納豆菌は、酵母発酵の害にならなかった。パン作りに納豆菌は影響しない。
・乳酸菌は、納豆菌をさけて発酵した。ヨーグルト作りに納豆菌は影響したが、ヨーグルトは作れた。
・米麹作りは納豆菌が妨害して、発酵失敗した。しかし、甘酒作りに納豆菌は影響しない。
・納豆が乳酸発酵し、ぬか漬けになった。納豆菌と乳酸菌は共存できる。
・納豆が酵母発酵し、納豆酵母の液種、元種になった。納豆で酵母が作れる。
・納豆菌は増殖が早い。カビは納豆菌をさけて増えるが、7日でカビが全面勝利した。納豆菌はカビを抑制する効果がある。
納豆菌は温度によって発酵菌を抑制して妨害したり、共存したりする。納豆菌は他の発酵菌がいても共存できた。→納豆菌最強！

〈発酵表〉

菌	温度(℃)	時間	納豆菌の影響
酵母菌（液種）	25	5日	納豆酵母ができた。
（元種）	25	3日	納豆酵母ができた。
（パン一次）	27〜28	3〜4時間	ふくらんだ。
（パン二次）	27〜28	1〜1.5時間	ふくらんだ。
乳酸菌（ヨーグルト）	41	6時間	納豆菌をさけ、かたまらない部分もあった。
（ぬか漬け）	冷蔵庫	1日	おいしかった。
麹菌（麹一次）	35	20時間	ぼろぼろしていなかった。
（麹二次）	40	24時間	べちゃべちゃして水が出ていた。
（甘酒）	60	10時間	おいしかった。
カビ培養	29〜30	7日	妨害できた。(5日間)

納豆菌の影響を受け、失敗したのは、米麹（二次発酵）。また、ヨーグルトは部分的にかたまらなかった。どちらも、発酵温度は40℃前後であった。

⇩

納豆菌の影響は、発酵温度による。

【考察】

・実験を通して、納豆菌は多くの菌と共存することができるといえる。納豆菌が他の菌と共存できるかどうかは、その菌の活動温度に左右される。納豆菌の活動しやすい温度である40〜45℃付近を活動温度とする菌に関しては、納豆菌の働きの方がより強くなるため、共存することが難しいと考える。
実験準備3より、納豆菌は活動温度の近い麹菌の活動を妨げたため、酒造において納豆菌は厳禁と言う話は本当であるということが分かった。
多くの菌の発酵において納豆菌を避けるべきといわれているのは、納豆菌が麹菌の発酵を妨げていることで、他の菌の発酵にも悪影響を及ぼすと勘違いされているためなのではないかと考える。
実験2-2より、納豆と水だけを用いて酵母を作ることができるということが分かった。一般的に酵母と納豆菌は相性が悪く、納豆から酵母を作ることは不可能だと言われていたが、今回の実験により、納豆から酵母を作ることはできるということが分かった。これは、大豆の糖分を栄養に酵母菌が活動したためだと考えられる。
実験3より、カビは納豆や納豆菌を避けて繁殖するということが分かった。また、納豆の腐敗が始まったタイミングで納豆のまわりにカビが増え始めたことから、納豆の腐敗に伴って納豆菌には、カビの増殖を抑える効果があるのではないか。

【今後の課題】

実験準備で米麹を発酵させるのに納豆菌が妨害して、失敗したと考えたが、米麹発酵についてなぜ失敗したのか、最適な方法はないかを研究したい。また、納豆菌を入れても米麹ができるか実験したい。実験2-1の納豆ぬか漬けがおいしかったため、しょうゆのいらない納豆として商品開発したい。
さらに、実験3で納豆が腐敗しなければ、カビを抑制できるということが分かったため、納豆菌を培養し続けてカビを抑制させる、防カビ剤を作ってみたい。

【感想】

納豆菌を入れても、パンやヨーグルト、甘酒、納豆ぬか漬け、納豆酵母を作れることが証明できてよかった。
5年間、納豆の研究をしてきたが、納豆菌の働きや、他の発酵菌についても、実験で調べて、おもしろかった。