

実験用ラットのチーズと根菜の喫食に関する研究

中島 定彦*・名和明日香**・寺川 彩華***・上野明日香****

要約：実験用ラットに各種のチーズや芋類を与えて、その摂取重量や摂取熱量をもとに、食の好みを推察した。

キーワード：ラット、食物選好、チーズ、イモ、根菜

筆者らの研究室では、実験用のマウスとラットを対象に、さまざまな食品の嗜好について、摂取量を指標として調べている(中島, 2015, 2022; 中島ら, 2015, 2022)。そのような研究の成果は、食物嫌悪学習の実験で用いる最適な標的刺激(嫌悪化する食品)を選ぶ際の参考資料になる。そもそもあまり食べない食品だと、嫌悪化処置の効果(摂食量低下)を測定しづらいからである。

筆者らのこれまでの研究で、ラットやマウスはカマンベールチーズやサツマイモの喫食がよいことが判明している(中島, 2022; 中島ら, 2015, 2022)。そこで、本報告では、ラットのチーズ(カマンベールを含む)と根菜(サツマイモを含む)の摂食量について、より詳しく調べることにした。実験1では、カマンベールチーズの摂食量をゴーダチーズ、チェダーチーズ、モッツアレラチーズのそれと比較した。実験2ではカマンベールチー

ズのブランドによる違い、実験3ではプロセスチーズの添加物(プレーン・カマンベール入り・アーモンド入り)による違い、実験4ではサツマイモ・ジャガイモ・ニンジンの違い、実験5ではサツマイモ・サトイモ・ナガイモの違いを検討した。

実験1~5でテストした餌の種類およびその熱量・成分は Table 1 の通りである(常食である固型飼料の値も示している)。なお表中の数値のうちチーズについては商品のパッケージに表示された成分表から算出したものであり、根菜の値は日本食品標準成分表 2020 年版(八訂)の「さつまいも塊根(皮つき生)」「じゃがいも塊茎(皮つき生)」「さといも球茎(生)」「ながいも塊根(生)」「にんじん根(皮つき生)」から算出した値である。

Table 1 本論文で報告する実験で用いた食品の 1g 当たりの熱量と成分

食品	熱量 (kcal)	蛋白質 (mg)	脂質 (mg)	炭水化物 (mg)	塩分 (mg)	実験
固型飼料	3.59	231	51	581	1.9	-
カマンベール (明治)	3.20	193	260	13	11.3	1, 2
カマンベール (雪印)	3.11	185	261	6	13.0	2
カマンベール (ジェラール)	2.79	182	222	17	14.0	2
ゴーダチーズ	3.75	255	295	15	15.0	1
チェダーチーズ	4.13	250	335	30	14.5	1
モッツアレラチーズ	2.53	177	200	5.8	2.3	1
QBB プレーン	3.33	200	274	15	25.9	3
QBB カマンベール入り	3.26	178	274	15	28.1	3
QBB アーモンド入り	3.41	193	281	22	28.1	3
サツマイモ	1.27	9	5	331	1.0	4, 5
ジャガイモ	0.51	18	1	159	0.0	4
サトイモ	0.53	15	1	131	0.0	5
ナガイモ	0.64	22	3	135	0.0	5
ニンジン	0.35	8	1	87	1.0	4

*関西学院大学文学部教授

**関西学院大学文学部総合心理科学科 2020 年度卒業生

***関西学院大学文学部総合心理科学科 2021 年度卒業生

****関西学院大学文学部総合心理科学科 2022 年度卒業生

実験 1 (カマンベール, チェダー, ゴーダ, モッツァレラ)

ラットはカマンベールチーズを, プロセスチーズやブルーチーズよりも多く摂食することがわかっている (中島ら, 2015)。そこで, 本実験では, これまでテストしていないゴーダチーズ, チェダーチーズ, モッツァレラチーズの喫食を調べ, カマンベールチーズのそれと比較した。

方法

[被験体および飼育環境]

被験体は, 日本エスエルシー社 (以下, Slc 社) から購入した Slc:Wistar/ST 系統の雄性アルビノラット 8 匹で, 離乳後は固型飼料 (Slc 社では米国 PMI フィーズ社製 5002) を餌として育てられていた。本研究室には 8 週齢で入荷し, その後は固型飼料 (オリエンタル酵母工業社製 MF) で飼養した。ラットは, 湿度 55% に設定した室温 22°C の飼育室で, ステンレス製吊下げケージ (幅 20cm × 奥行 25cm × 高さ 19cm) で個別飼育した。固型飼料はケージ前面のステンレス製餌入れ (開口部は床上 3.5~5cm) から摂取できた。水道水はケージ背面中央部のステンレス製ノズルから常時摂取できた。ケージ下の糞受けには水を張り 1 日 1 回手動洗滌した。飼育室は 12 時間/12 時間の明/暗周期であった (9:00 点灯)。被験体は 9 週齢から飼育ケージでカオリン粘土の塊を与えながら, 塩化リチウム (LiCl) を注射したり, 乳糖溶液を与えて, カオリン粘土を食すかどうかを調べる 2 週間の実験を受けた経験があったが, 本実験で用いるテスト餌を食べたことはなかった。本実験は 16 週齢時に行い, 実験初日の体重は 483~566g であった。毎日の処置は 12:40~13:40 の間に実施した。

[テスト餌]

カマンベールチーズ (北海道十勝カマンベール [切れるタイプ]: 株式会社明治製), ゴーダチーズ (北海道十勝ポーノ切り出し生チーズ [ゴーダ]: 株式会社明治製), チェダーチーズ (北海道十勝ポーノ切り出し生チーズ [チェダー]: 株式会社明治製), モッツァレラチーズ (クラフトひとくちフレッシュモッツァレラ: 森永乳業株式会社製) の喫食をテストした。

[継時テスト]

いずれか 1 種類のテスト餌を与え翌日までの 23 時間摂取量を測定した (24 時間ではないのは, 餌の交換作業や体重測定, 糞受け洗浄などに 1 時間の余裕が必要だったためである)。具体的には, 餌入れから固型飼料を除いた後, マルカン製ステンレスカップ (ES-11: 内径 8cm × 高さ 3.5cm) にチーズ 1 種類を入れ, カップ底面がケージ床に接するようケージ前面に固定した。カップ

に入れたチーズはほぼ同量 (カマンベールは 3 切れで約 48g, チェダーとゴーダともに 4 本で約 40g, モッツァレラは 12 粒で約 45g) になるようにした。与えたチーズの種類は毎日異なり, その順序は被験体間でカウンタバランスした。

[同時テスト]

固型飼料のみで 4 日間飼育した後, 餌入れから固型飼料を除き, 23 時間の絶食処置を施したラットに, 2 種類のチーズのどちらを多く食べるか選択テストを実施した。具体的には, 天井の LED ライトで照明した実験室に設置したプラスチック製の箱の 1 区画 (縦 30cm × 幅 13cm × 高さ 18cm) に, カマンベール (1 切れ 16g) とモッツァレラ (4 粒計 15g) を一緒に入れたカップを 1 つ置き, 飼育室から移動したラットを 1 区画につき 1 匹入れて, 1 時間放置した。

[摂取量の測定と統計的分析]

与えたチーズの重さから食べ残したチーズの重さを減じた差分を求めた。計量は電子天秤にて 0.1g 単位で実施した。カップ外にこぼれたチーズは食べ残しに含めた。飼育ケージで行った継時テストではケージ下へのチーズの落下はほとんど見られなかったため, 補正しなかった。同時テストの実施区画では床面もプラスチック板であったため, カップ外にこぼれたチーズに糞尿が付着していることがあり, そうした場合は糞を箸で除き, 濡れたチーズはペーパータオルで水分を取ってから測定した。

なお, チーズは長時間放置すると水分が蒸発して重量減となる。このため, 継時テストで 23 時間与えた餌の「真の摂取重量」を求めるには自然乾燥による減分を除外する必要がある。そこで, 筆者らのこれまでの研究と同じく, ラットのいる飼育ケージの隣の空きケージで餌を 23 時間放置した際の減分を元の重量で割ることで自然乾燥率を求め, 真の摂取重量を下式で推定した。真の摂取重量 = 事前重量 - {事後重量 ÷ (1 - 自然乾燥率)}。なお, 1 時間の同時テストについてもプラスチック箱の空き区画にチーズを 1 時間おいて自然乾燥率を求めて, 真の摂取重量を上式で推定した。いずれのテストでも, 摂取重量を熱量に換算した分析も行った。なお, 本論文で報告するすべての実験は個体内計画であり, 摂取した重量や熱量が多ければ「ラットはそのテスト餌を好む」とみず。推測統計の有意水準は 5% に設定した。

結果および考察

[継時テスト]

与えたチーズの重さから食べ残したチーズの重さを減じた差分重量の平均 (±標準誤差) は, カマンベール 30.21 ± 1.95g, ゴーダ 23.85 ± 1.44g, チェダー 22.99 ± 1.17g, モッツァレラ 37.20 ± 1.16g であり, 完食した個

体はいなかった。1 要因 4 水準の分散分析を行ったところ、チーズの種類が統計的に有意であり ($F[3, 21]=23.86, p<.001$)、Holm 法による多重比較の結果、ゴーダとチェダーの差以外はすべて有意であった。この結果を額面通りに受け止めれば、ラットが最も好むチーズはモzzarellaであるが、モzzarellaは他のチーズよりも水っぽいため、自然乾燥による減分が大きく、差分重量は正確に摂取量を反映していないと思われる。

Figure 1 の白柱は 23 時間の自然乾燥率 (カマンベール 13.9%、ゴーダ 15.1%、チェダー 11.9%、モzzarella 28.9%) をもとに推定した各チーズの平均摂取重量 (\pm 標準誤差) である。差分重量とは異なり、カマンベールの摂取が最大である。1 要因 4 水準の分散分析を行ったところ、チーズの種類が統計的に有意であったが ($F[3, 21]=4.21, p=.018$)、Holm 法による多重比較の結果、有意水準に達したのは、カマンベールとゴーダの差だけであった。なお、推定重量を熱量に変換した結果が同図の黒柱である。1 要因 4 水準の分散分析を行ったところ、チーズの種類が統計的に有意であったが ($F[3, 21]=4.73, p=.011$)、Holm 法による多重比較の結果、有意水準に達したのは、カマンベールとモzzarellaの差だけであった。

[同時テスト]

継時テストではカマンベールとモzzarellaの摂取量が多かったため、この 2 種類のチーズを対比較した同時テストを行ったところ、差分重量の平均 (\pm 標準誤差) は、 $3.85 \pm 0.70\text{g}$ と $2.35 \pm 0.49\text{g}$ で、この差は有意でなかった ($t[7]=1.53, p=.169$)。カマンベールでは 1 時間自然乾燥率が 0.7% と極めて小さかったが、モzzarellaでは 5.1% であり、短時間のテストでも自然乾燥による減分は無視できない。そこで、前述の式で各チーズの平均摂取重量 (\pm 標準誤差) を推定すると $3.76 \pm 0.70\text{g}$ と $1.66 \pm 0.52\text{g}$ で、この差は有意水準に近かった ($t[7]=2.11, p=.072$)。なお、推定重量をもとに摂取熱量を計算すると $12.06 \pm 2.24\text{kcal}$ と $4.19 \pm 1.30\text{kcal}$ で、この差

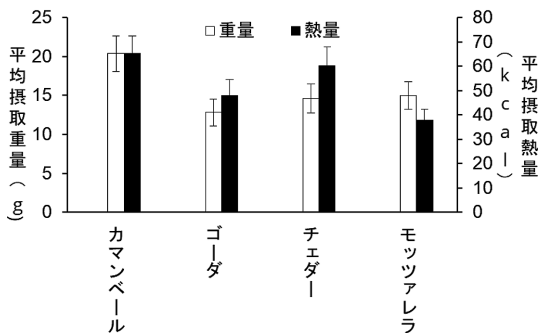


Figure 1 実験 1 のラットの摂取重量 (白柱: 値は左軸) と摂取熱量 (黒柱: 値は右軸) の平均値と標準誤差

は有意であった ($t[7]=2.67, p=.032$)。

実験 2 (3 種類のブランドのカマンベール)

これまでの報告 (中島, 2022; 中島ら, 2015, 2022) や実験 1 の結果から、ラットはカマンベールチーズの喫食がよいといえる。しかし、カマンベールチーズといっても、ブランドによって嗜好が異なる可能性がある。そこで実験 2 では、3 種類のブランドのカマンベールチーズの喫食を比較した。

方法

[被験体および飼育環境]

被験体は Slc 社から購入した Slc:Wistar/ST 系統の雄性アルビノラット 16 匹で、離乳後は実験 1 と同じ固型飼料を餌として育てられていた。本研究室には 8 週齢で入荷し、実験 1~2 と同じ飼育室で同じ固型飼料で飼養した。被験体は 9 週齢から走行性味覚嫌悪学習 (塩化ナトリウム溶液、蔗糖溶液、デナトニウム溶液への嫌悪形成) の訓練を受けた経験があったが、本実験で用いるテスト餌を食べたことはなかった。本実験は 13 週齢時に

[同時テスト]

実験室に設置したステンレス格子製 5 区画の連ケージ 2 台で、3 種類のカマンベールチーズの選択テストを実施した。各区画は、幅 14.5cm × 奥行 20cm × 高さ 14.5cm であり、合計 10 区画のうち 8 区画を被験体用にあてた (残り 2 区画はチーズの自然乾燥率測定に使用した)。各区画の四隅のうち 3 つには、ステンレス製餌入れ (幅 4.5cm × 奥行 8cm × 深さ 9cm) を、開口部がケージの床から 4.5~8cm になるように引っかけた。3 つの餌入れには、北海道十勝カマンベール [切れてるタイプ] (株式会社明治製)、北海道 100 カマンベール [切れてるタイプ] (雪印メグミルク株式会社製)、ジェラルカマンベール (チェスコ株式会社輸入販売 [切れてるタイプが販売されていなかったためナイフで 6 分割した]) を入れた。この際、餌入れの位置とブランドの組み合わせはラットごとに変えた。四隅の残り 1 つには給水ボトルを天井から 1 本挿した。16:00 に開始して、翌日までの 23 時間をテスト時間とし、その間は実験室の照明は消灯した。窓なしの実験室のため、8 匹のラットが個別区画にて暗黒状態で餌を食べたことになる。ケージ下の新聞紙に落ちたチーズのうち回収可能なサイズのは事後重量に加えて、摂取量を算出した。以上の手続きを、翌日から残り 8 匹のラットに対しても実施し、合計 16 匹のデータを分析した。なお、与えたチーズの個数および重量は、最初にテストした 8 匹では各 3 個 (北海道十勝が約 48g、雪印が約 52g、ジェラルが約 67g) であったが、ほとんどのラットで半分以上残っていたため、

残る 8 匹では各 2 個（上記のブランド順に約 32g, 約 35g, 約 45g）とした。

結果および考察

与えたチーズの重さから食べ残したチーズの重さを減じた差分重量の平均（±標準誤差）は、北海道十勝が $16.59 \pm 1.51g$ 、北海道 100 が $15.44 \pm 1.27g$ 、ジェラールが $10.81 \pm 0.52g$ であり、完食した個体はいなかった。1 要因 3 水準の分散分析を行ったところ、チーズの種類が統計的に有意であり ($F[2, 30] = 7.33, p = .003$)、Holm 法による多重比較では、ジェラールが残り 2 ブランドと比べ有意に差分重量が少なかった。

Figure 2 の白柱は 23 時間の自然乾燥率（北海道十勝で 12.4%、北海道 100 で 14.9%、ジェラールで 13.6%）をもとに推定した各チーズの平均摂取重量（±標準誤差）である。差分重量と同様に、ジェラルルの摂取が最小である。1 要因 3 水準の分散分析を行ったところ、チーズの種類が統計的に有意であり ($F[2, 30] = 13.84, p < .001$)、Holm 法による多重比較では、ジェラールと残り 2 ブランドの差のみ有意であった。推定重量を熱量に変換した結果が同図の黒柱である。1 要因 3 水準の分散分析を行ったところ、チーズの種類が統計的に有意であり ($F[2, 30] = 15.55, p < .001$)、Holm 法による多重比較では、ジェラールが残り 2 ブランドと比べ有意に摂取熱量が少なかった。以上の結果から、一口にカマンベールといっても、ブランドによってラットの嗜好が異なるといえる。なお、われわれの過去の研究（中島, 2022；中島ら, 2015, 2022）で用いていたカマンベールは、本実験で喫食のよかった 2 ブランドのいずれかである。本実験においてこの 2 ブランドで喫食に違いがなかったことは、過去研究で異なるブランドを用いていたことは大きな問題ではないことを意味している。

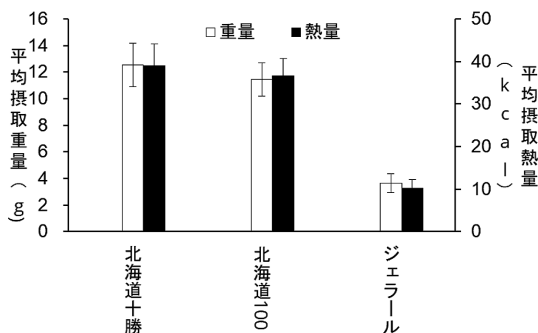


Figure 2 実験 2 のラットの摂取重量（白柱：値は左軸）と摂取熱量（黒柱：値は右軸）の平均値と標準誤差

実験 3（3 種類の QBB チーズ）

日本全国のドラッグストア、スーパーマーケットなどの消費者購買情報【ID-POS データ】を統計化した日本最大級の標準データベース「ウレコン」(https://urecon.jp/) によれば、本稿執筆時の直近データ（2023 年 9 月 1 日～11 月 30 日）で、「チーズ」の売れ筋ランキング 1 位は六甲バター社の QBB ベビーチーズ（プレーン）であり、2 位の雪印メグミルク社の 6P チーズをはさんで、3 位と 4 位にも QBB ベビーチーズ（カマンベール入り）、同（アーモンド入り）がランクインしている。これらはすべてプロセスチーズである。QBB ベビーチーズ（プレーン）も 6P チーズも、比較的喫食性が良いが、カマンベールチーズには劣る（中島ら, 2015, 2022）。しかし、カマンベールチーズは粘性が強く、容器などに付着するため、事後重量を計測しづらい。また価格も高い。このため、食物嫌悪学習の標的食物として最適とはいえない。カマンベールチーズが入ったプロセスチーズであれば固く、扱いが容易である。そこで、実験 3 では、QBB ベビーチーズ（プレーン）、同（カマンベール入り）、同（アーモンド入り）の 3 種類のチーズの摂取量を同時テストで比較した。なお、アーモンドも QBB ベビーチーズ（プレーン）よりもやや好まれることから（中島, 2022）、摂取量は QBB ベビーチーズ（カマンベール入り）で最も多く、次いで同（アーモンド入り）、最後に同（プレーン）の順になると予想した。[被験体および飼育環境]

実験 2 で用いたラット 16 匹を本実験でも使用した。飼育環境も同じである。本実験は実験 2 の 2 日後に実施し、実験初日の体重は 345～400g であった。

[同時テスト]

実験 2 で用いた連ケージの 3 つの餌入れに、QBB ベビーチーズ（プレーン）、同（カマンベール入り）、同（アーモンド入り）を各 2 個（約 30g）入れた。なお、餌入れの位置と商品の組み合わせはラットごとに変えた。その他の手続きは、四隅の残り 1 つに給水瓶を天井から 1 本挿した点を含め、実験 2 と同じであった。

結果および考察

与えたチーズの重さから食べ残したチーズの重さを減じた差分重量の平均（±標準誤差）は、プレーン $15.00 \pm 1.49g$ 、カマンベール入り $13.88 \pm 1.66g$ 、アーモンド入り $12.28 \pm 1.83g$ であり、完食した個体はいなかった。1 要因 3 水準の分散分析を行ったところ、チーズの種類が統計的に有意であり ($F < 1$)。

Figure 3 の白柱は 23 時間の自然乾燥率（プレーン 14.9%、カマンベール入り 15.6%、アーモンド入り 14.6%）をもとに推定した各チーズの平均摂取重量（±標準

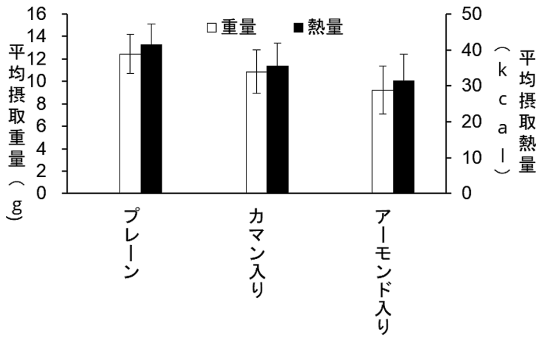


Figure 3 実験3のラットの摂取重量(白柱:値は左軸)と摂取熱量(黒柱:値は右軸)の平均値と標準誤差

誤差)である。差分重量と同様に、チーズ間で違いがない。1要因3水準の分散分析を行ったところ、チーズの種類の効果はなかった ($F < 1$)。推定重量の熱量変換値(同図の黒柱)についても、チーズの種類の効果はなかった ($F < 1$)。3種類のQBBベビーチーズの摂取量に違いが見られなかったのは、カマンベールやアーモンドの含有量が少なかったためであろう。本実験の結果から、QBBベビーチーズを標的食物として用いる際は、プレーンでもカマンベール入りでも、アーモンド入りでも結果は大差ないと思われる。これは予想に反していた。

実験4(サツマイモ, ジャガイモ, ニンジン)

長谷川(1977)や岡田(1954)は、著書でネズミの好物としてサツマイモをあげている。また、永沼ら(1973; Ikeda et al., 1976; Naganuma & Ikeda, 1974)は、ドブネズミ(実験用ラットの祖先種)がサツマイモへの強い嗜好を示すと報告している。カマンベールチーズは喫食はよいが、常温で劣化しやすく、自然乾燥して重量の変化が生じやすい。また、前述のように、容器やケージに付着しやすいため事後重量の測定が難しい。いっぽう、サツマイモは常温で劣化しにくく、自然乾燥率もカマンベールチーズより小さい。容器やケージに付着して取りづらいということもないため、事後重量の測定が容易である。筆者らは、実験用ラットがサツマイモをカマンベールチーズと同じか、より多く食べることを確認し、食物嫌悪学習に用いる標的食物としてはマンベールチーズよりもサツマイモが適していると論じた(中島, 2022)。本実験ではサツマイモの嗜好をさらに調べるため、ジャガイモやニンジンと比較することにした。なお、長谷川(1977)は、ニンジンもネズミの好物としてあげているが、筆者らの実験ではジャガイモもニンジンもカマンベールチーズほど好まれていなかった(中島ら, 2022)。なお、サツマイモは根の部分肥大化した塊根であり、ジャガイモは地下茎の一部が大きくなった

塊茎であるが、ともにニンジンと同じく根菜に含まれる。

[被験体および飼育環境]

被験体はSlc社から購入したSlc:Wistar/ST系統の雄性アルビノラット16匹で、離乳後は実験1~3と同じ固型飼料を餌として育てられていた。本研究室には9週齢で入荷し、実験1~3と同じ飼育室で同じ固型飼料で飼養した。被験体は10週齢から走行性味覚嫌悪学習(サッカリン溶液, カフェインレスコーヒー溶液, リンゴ酢溶液への嫌悪形成)の訓練を受けた経験があったが、本実験で用いるテスト餌を食べたことはなかった。本実験は15週齢時に行い、実験初日の体重は385~446gであった。

[同時テスト]

実験2~3で用いた連ケージの3つの餌入れに、スーパーで購入した鹿児島産サツマイモ(紅さつま), 長崎県産ジャガイモ(メークイン), 青森県産ニンジン(五寸人参)を各2片(約50g)入れた。なお、餌入れの位置と根菜の組み合わせはラットごとに変えた。その他の手続きは、四隅の残り1つに給水ボトルを天井から1本挿した点を含め、実験2~3と同じであった。

結果および考察

差分重量の平均(±標準誤差)は、サツマイモ48.26±2.23g, ジャガイモ15.08±2.04g, ニンジン17.76±2.38gであり、完食した個体はいなかった。1要因3水準の分散分析を行ったところ、根菜の種類効果が統計的に有意であり($F[2, 30]=58.58, p < .001$, Holm法による多重比較では、サツマイモがジャガイモやニンジンと比べ有意に差分重量が多かった。

Figure 4の白柱は23時間の自然乾燥率(サツマイモ8.2%, ジャガイモ6.9%, ニンジン3.8%)をもとに推定した各根菜の平均摂取重量(±標準誤差)である。差分重量と同様に、サツマイモの摂取が最大である。1要因3水準の分散分析を行ったところ、根菜の種類効果

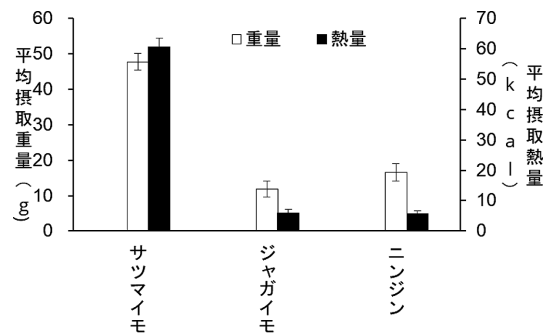


Figure 4 実験4のラットの摂取重量(白柱:値は左軸)と摂取熱量(黒柱:値は右軸)の平均値と標準誤差

が統計的に有意であり ($F[2, 30]=57.34, p<.001$), Holm 法による多重比較では, サツマイモが他の 2 種よりも有意に値が大きかった。推定重量の熱量変換値が同図の黒柱である。1 要因 3 水準の分散分析を行ったところ, 根菜の種類が統計的に有意であり ($F[2, 30]=231.16, p<.001$), Holm 法による多重比較では, サツマイモが他の 2 種と比べ有意に摂取熱量が多かった。以上の結果から, 過去の研究 (中島, 2022) で見られたサツマイモへの高い喫食性が再現されたといえる。

実験 5 (サツマイモ, サトイモ, ナガイモ)

江戸時代にサツマイモやジャガイモが渡来するまで, 日本では芋といえば, 里で栽培されるサトイモと, 山に自生するナガイモであったという (吉田, 2019)。現代でも日本のスーパーにはサツマイモやジャガイモとともにサトイモやナガイモが並ぶ。そこで, 本実験では, この 2 種の喫食をサツマイモと比較することにした。なお, サトイモはジャガイモと同じ塊茎であり, ナガイモはサツマイモと同じ根茎である。また, これまでの筆者らの研究では雄個体のみ用いていたが, 本実験では雌個体も使用して性差を検討した。

[被験体および飼育環境]

Slc 社から購入した Slc:Wistar/ST 系統のアルビノラットを雌雄各 8 匹を用いた。離乳後は実験 1~4 と同じ固型飼料を餌として育てられていた。本研究室には 8 週齢で入荷し, 実験 1~4 と同じ飼育室で同じ固型飼料で飼養した。被験体は 9 週齢から塩化リチウムを催吐剤とする味覚嫌悪学習 (サクラン溶液への嫌悪形成) の訓練を受けた経験があったが, 本実験で用いるテスト餌を食べたことはなかった。本実験は 16 週齢時に行い, 実験初日の体重は雄 459~527g, 雌 241~301g であった。

[同時テスト]

実験 2~4 で用いた連ケージの 3 つの餌入れに, 茨城県産サツマイモ, 鹿児島県産サトイモ, 北海道産ナガイモを各 2 片 (約 50g) 入れた。なお, これらの根菜は実験 4 と同じくスーパーで購入したが, 品種は明記されていなかった。その他の手続きは, 餌入れの位置と根菜の組み合わせはラットごとに変えたことや四隅の残り 1 つに給水ボトルを天井から 1 本挿したことを含め, 実験 2~4 と同じであったが, 実験者の作業の都合上, 23 時間摂取の開始時刻は 14:00 とした。

結果および考察

差分重量の平均 (\pm 標準誤差) は, 雌でサツマイモ $38.65 \pm 3.54g$, サトイモ $14.25 \pm 2.44g$, ナガイモ $16.26 \pm 1.65g$, 雄でサツマイモ $38.53 \pm 4.48g$, サトイモ $12.08 \pm 1.89g$, ナガイモ $13.48 \pm 2.84g$ であり, 完食した個体はいなかった。性別 (2) \times 根菜種類 (3) の分散分析を行

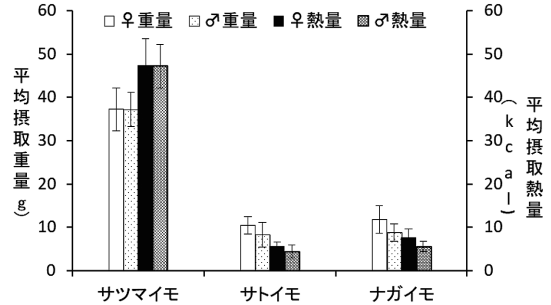


Figure 5 実験 5 のラット (♀: 雌, ♂: 雄) の摂取重量 (白系色柱: 値は左軸) と摂取熱量 (黒系色柱: 値は右軸) の平均値と標準誤差

ったところ, 根菜の種類の主効果 ($F[2, 28]=41.07, p<.001$) が有意で, 性別の主効果と交互作用は有意でなかった ($F_s<1$)。Holm 法による多重比較では, サツマイモがサトイモやナガイモよりも差分重量が有意に大きかった。

Figure 5 の白系色柱は 23 時間の自然乾燥率 (サツマイモ 10.2%, サトイモ 11.6%, ナガイモ 11.3%) をもとに推定した各根菜の平均摂取重量 (\pm 標準誤差) である。性別 (2) \times 根菜種類 (3) の分散分析を実施したところ, 性別の主効果と交互作用は有意ではなく ($F_s<1$), 根菜種類の主効果 ($F[2, 28]=41.69, p<.001$) が有意であった。Holm 法による多重比較を行った結果, サツマイモが他 2 種よりも摂取重量差が有意に大きかった。推定重量の熱量変換値 (同図の黒系色柱) について, 性別 (2) \times 根菜種類 (3) の分散分析を実施したところ, 性別の主効果と交互作用は有意ではなく ($F_s<1$), 根菜種類の主効果 ($F[2, 28]=89.07, p<.001$) が有意であった。Holm 法による多重比較を行った結果, サツマイモが他 2 種よりも摂取重量差が有意に大きかった。以上の結果から, 雌雄に関わらず, ラットはサツマイモをサトイモやナガイモよりも好むといえよう。

全体的考察

本報告では, 実験用ラットはカマンベールチーズやサツマイモを好んで食べるという筆者らの過去報告 (中島, 2022; 中島ら, 2015, 2022) を再確認することができた。実験 1 では, カマンベールチーズがゴーダチーズ, チェダーチーズ, モッツァレラチーズよりも喫食が良かった。ラットはカマンベールチーズを, プロセスチーズやブルーチーズよりも多く摂食する (中島ら, 2015) ため, 現時点ではカマンベールチーズ以上に喫食の良いチーズはないといえる。ただし, 実験 2 の結果が示すように, ブランドによってはそれほど好まれないが, 日本で最も販売されている 2 ブランド (明治製の「北海道十勝」と雪印メグミルク製の「北海道 100」) で

は差が見られない。なお、少量のカマンベールチーズではプロセスチーズの喫食を向上する効果は見られなかった(実験3)。最後に、実験4と実験5によって、サツマイモが、他の芋類(ジャガイモ・サトイモ・ナガイモ)やニンジンよりも喫食が良いことが示された。以上の結果から、食物嫌悪学習の標的食物としては、喫食の面ではカマンベールチーズやサツマイモが望ましく、常温での保存性や自然乾燥率、容器やケージへ付着しにくさといった点も考慮すれば、後者が最適ということになる。ただし、実際に標的食物としてふさわしいかどうかは、サツマイモを喫食させた後に塩化リチウム投与などで嫌悪化する実験を行う必要がある。

なお、Warisaia et al. (2020) は、実験用ラットに成分の異なる固型飼料を6種類与えて、摂取量を決めるのは味ではなく熱量だと結論している。この主張通りなら、継時テストではどの食物も熱量でみれば同程度に摂取することになり、同時テストでは熱量の大きい餌が選択されることになるが、本報告も筆者らの過去の報告(中島, 2022; 中島ら, 2015, 2022)もこれに反している。実験用ラットやその祖先種であるドブネズミで行われた餌嗜好に関する諸研究(例えば, Abdel-Kader et al., 2014; Harlow, 1932; Ikeda et al., 1976; 長沼ら, 1973; Naganuma & Ikeda, 1974; Schein & Orgain, 1953)の結果も、熱量だけでラットが餌を選んでいるわけではないことを明瞭に示している。

本報告の限界と今後の課題は以下の通りである。第1に、本報告では摂取量を重量や熱量として捉えたが、体積も分析すべきかもしれない。第2に、本報告も筆者らの過去報告(中島, 2022; 中島ら, 2015, 2022)も、過去に味覚に関する実験歴がある被験体を再利用している。これは、3Rの原則(Russell & Burch, 1959/2012)の1つである使用動物数削減の精神に基づくものである。テストした餌は未経験であり、過去経験の種類に関わらず結果に一貫性があるため、過去経験の効果は看過しようと筆者らは考えているが、実験歴のない個体で改めて検証すべきであろう。第3に、作物の味や熱量・成分は品種により異なり、季節によっても違う。サツマイモのどのような品種がいつ最も喫食がよいか調べる必要がある。第4に、本報告も筆者らの過去の報告でも、摂取した重量や熱量の多さを「好み」の指標としているが、摂取量以外の指標でも「好み」を測定すべきである。例えば、異なる餌を報酬にして学習速度を比較したり、異なる餌が得られる選択肢への反応割合をT字迷路やスキナー箱で調べたり、弱電流を流した通路を横断して目標箱で餌を食べる状況 Warden (1931) において、耐えられる電流の強さとしてその餌の「好み」を測定するといったテストを行うべきであろう。

付記

本論文に記した実験は、関西学院大学動物実験委員会によって「学習の基礎過程および情動機能と食行動に関する行動心理学的研究」として承認された研究成果の一部である。また、実験実施および論文執筆に際しては日本学術振興会の科学研究費補助金(基盤研究(C))「ラットの悪心と粘土食に関する研究」(課題番号18K03192)および「ネズミの不快感を最小限にした味覚嫌悪学習実験技法の確立」(課題番号22K03204)の資金援助を受けた。

引用文献

- Abdel-Kader, M. R., Asran, A. A., Al-Gendy, A. A., & Kaleal, K. E. (2014). Food preference for albino rats and albino mice under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 92, 1279-1290.
- Harlow, H. F. (1932). Food preferences of the albino rat. *Pedagogical Seminary and Journal of Genetic Psychology*, 41, 430-438.
- 長谷川恩(1977). 北海道ねずみ物語 北海タイムズ社
- Ikeda, Y., Tabaru, Y., Yuyama, Y., & Naganuma, S. (1976). Studies on the food habits of rats III: Feeding preferences of wild Norway rats in various habitats. *防虫科学*, 41, 75-77.
- Naganuma, S., & Ikeda, Y. (1974). Studies on the food habits of rats II: Relation between food consumption and caloric intake in the food preferences of Norway rats. *防虫科学*, 39, 85-88.
- 永沼清久・桜井 孝・池田安之助(1973). ネズミの食性に関する研究 I: 未経験の食物に対するドブネズミの摂食嗜好性 *衛生動物*, 23, 24-26.
- 中島定彦(2015). マウスにおけるチーズ選好. *人文論究* (関西学院大学), 65(2), 31-47.
- 中島定彦(2022). 実験用マウスとラットの食の好みに関する研究ーチーズに代わる魅力的な餌を探るー. *人文論究* (関西学院大学), 72(2), 27-45.
- 中島定彦・木原千彰・金下真子(2015). ラットおよびマウスにおけるチーズ選好 *関西学院大学心理科学研究*, 41, 7-15.
- 中島定彦・松房美穂・藤戸彩花・遠藤稔也・山下ひかる・山下玲子・小山加那子・九重智咲・辻桃奈・名和明日香(2022). 実験用ラットの食の好みに関する探索的研究. *関西学院大学心理科学研究*, 48, 1-12.
- 岡田要(1954). ネズミの知恵 法政大学出版局
- Russell, W. M. S., & Burch, R. L. (1959). *The principles*

- of humane experimental technique*. Methuen. 笠井憲雪 (訳) (2012). 人道的な実験技術の原理－実験動物技術の基本原理 3R の原点. アドスリー.
- Schein, M. W., & Orgain, H. (1953). A preliminary analysis of garbage as food for the Norway rat. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 2, 1117-1130.
- Warden, C. J. (1931). *Animal motivation: Experimental studies on the albino rat*. Columbia University Press.
- Warisaia, V., Pansarim, V., Aragon, D. C., Zucoloto, F. S., & Schmidt, A. (2020). Female and male Wistar rats (*Rattus norvegicus*) discriminate diets according to energetic quantity. *International Journal of Comparative Psychology*, 33. doi.org/10.5070/P4331044290
- 吉田宗弘 (2019). 日本人とイモ 食生活研究, 39, 235-248.