



Efecto de la ingesta tipo atracón sobre la preferencia hacia diferentes concentraciones de aceite de maíz en ratas¹

Effects of binge eating behavior upon the preference of rats for different corn oil solutions

Wendy Andrea Zepeda Ruiz y David N. Velázquez Martínez²

Departamento de Psicofisiología, Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

Recibido el 1 de febrero de 2017; aceptado el 7 de septiembre de 2018

Resumen

La ingesta tipo atracón (binge eating behavior), es un desorden alimentario que se caracteriza por un sobreconsumo de alimentos sabrosos en períodos breves sin que haya un déficit energético. Previamente se ha reportado que es posible inducir ingesta tipo atracón en ratas empleando grasa vegetal; sin embargo, se ha descrito que el consumo de grasas depende de su forma de presentación. Los sujetos que presentan atracones incremental el consumo del alimento palatable con el que fueron entrenados, pero se desconoce su preferencia cuando se ofrecen otras alternativas con diferente contenido calórico. Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el establecimiento de la ingesta tipo atracón empleando una solución de aceite de maíz y, si hay cambios en la preferencia de los sujetos por diferentes concentraciones de aceite de maíz después de la inducción de ingesta tipo atracón. Para ello, se realizó una línea base de la preferencia de las ratas hacia diferentes concentraciones de aceite de maíz en condiciones de acceso libre al alimento, empleando la prueba de dos botellas. Posteriormente los sujetos fueron divididos en grupo control y experimental con base en su consumo de aceite y se indujo ingesta tipo atracón en el grupo experimental; finalmente, se re-evaluó de nuevo la preferencia de los sujetos en condiciones de acceso libre y, posteriormente, de privación de alimento. Los resultados obtenidos, permiten concluir que es posible inducir ingesta tipo atracón con aceite de maíz; además, la inducción de la conducta atracón aumenta la preferencia por las concentraciones altas de aceite de maíz y la privación de alimento modula dicha preferencia. Estos hallazgos implican que la regulación energética se mantiene intacta a pesar de la inducción de la conducta de atracón.

Palabras clave: Ingesta de alimento, Ingesta tipo atracón, Preferencia, Aceite de maíz, Contenido calórico, Ratas

Abstract

Binge eating behavior is a food intake disorder characterized by an overconsumption of palatable food without an energy deficit. It has been reported the induction of binge eating with vegetable shortening, but also it has been reported that differences may exist on consumption depending upon the fat presentation (as vegetable shortening or corn oil). In addition, there is limited information on whether binge eating may modulate preference for options that differ on their caloric content. Therefore, main objectives were to determine whether is possible to induce binge eating using corn oil

¹ Con apoyo de DGAPA IN307417 y CONACYT 129337.

² Contacto: David N. Velázquez Martínez. Laboratorio de Farmacología Conductual, Departamento de Psicofisiología, Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX, México. C.p. 04510. Correo: velazque@unam.mx, tel. +(52)55-56220555, ext. 41214

as the palatable food and whether preference for different oil concentrations is modified after binge induction. First, we determined the preference of the subjects to different oil concentrations; thereafter subjects were assigned to control (no binge induction) or experimental (binge eating induction protocol) on the basis of their oil consumption. Binge induction lasted one month and then a second two-bottle preference test was carried. Results showed that corn oil may be used as a palatable substance to induce binge eating behavior; also, it was observed an increase in preference for higher oil concentrations induced by binge, but preference was also modulated by deprivation conditions, suggesting normal regulation of caloric intake despite binge induction.

Keywords: Food intake, Binge eating behavior, Corn oil preference, Caloric content, Rats

La ingesta tipo atracón es un desorden alimentario que se caracteriza por un sobreconsumo de comida en períodos breves sin que exista un déficit energético (de Zwaan, 2001). Se han implementado diversos modelos animales que reproducen el sobreconsumo de alimento; en el modelo de Acceso Limitado (Corwin et al., 2011) los sujetos se asignan a grupo control (GCon) o a un grupo experimental (GExp); el GCon tiene acceso libre a agua, alimento y grasa vegetal (o sacarosa) por 24 horas los siete días de la semana; el GExp tiene acceso libre al agua y alimento, pero el solo tiene acceso a grasa vegetal (o sacarosa) por 2 horas tres días a la semana; después de 20-30 días bajo este patrón de acceso los sujetos incrementan de forma considerable el consumo de grasa vegetal (y el consumo total de energía) sin que haya un incremento significativo en el peso corporal (Corwin & Wojnicki, 2006, Wojnicki et al., 2008). Para considerar que se ha establecido la ingesta tipo atracón, los sujetos del GExp deben tener un consumo mayor del alimento palatable al que el grupo GCon tendría en el mismo período; también se acepta que los sujetos del GExp muestren (en el período de dos horas de acceso) un consumo de energía equivalente al 70% de su consumo diario (Corwin & Wojnicki, 2006).

La inducción de ingesta tipo atracón se ha realizado principalmente con Crisco® o grasa vegetal (Kasper et al., 2014), sin embargo, se ha propuesto que la interacción de las propiedades orosensoriales (presentación, sabor, etc.) y los factores postingesta (cambios metabólicos que derivan de la absorción de grasas) influyen en la preferencia y consumo de grasas (Manabe et al., 2010; Wald & Myers, 2015). Al respecto se ha evaluado el efecto que tiene la presentación (sólida o líquida) de las grasas sobre la preferencia de las mismas y se ha observado que los sujetos consumen una mayor cantidad de grasas cuando se

presentan en su forma sólida (grasa vegetal) que cuando se presentan en su forma líquida (aceite de maíz); cuando ambas sustancias se presentan en forma de geles no hay diferencias entre el consumo de ambas (Lucas et al. 1989). Por otro lado, también se observan diferencias en el consumo de aceite vegetal que dependen de si este se presenta en estado puro o en emulsiones de diferentes concentraciones de aceite de maíz, Castonguay et al. (1984) observaron un mayor consumo (en calorías) de aceite de maíz cuando éste se presentaba en emulsión al 25% respecto a la emulsión al 100%; resultados similares fueron reportados por Lucas et al., (1989) empleando concentraciones diferentes. Sin embargo, en un estudio posterior, Yoneda et al., (2007) reportaron que la concentración de 100% fue la preferida y que el número de lengüetazos se incrementó de forma concentración-dependiente. Conviene comentar que en nuestro laboratorio encontramos un mayor desperdicio de la grasa en su presentación sólida (las ratas escarban y adhieren grasa al recinto experimental) que líquida, por lo cual el uso de grasa líquida puede proporcionar datos más confiables para evaluar el establecimiento del atracón.

Respecto a la preferencia, cabe señalar que implica la elección de un determinado tipo de alimento sobre otros, dicha elección puede estar basada en las consecuencias nutricionales del comer o en el sabor (Sclafani, 2018). Una de las pruebas conductuales más empleadas para evaluar preferencia es la prueba de elección de dos botellas, en la que los sujetos pueden elegir entre dos o más tipos de alimentos y se registra el consumo de alimento de cada opción; en ese sentido, el consumo es considerado un indicador de la preferencia de los sujetos. En la fase de entrenamiento de la prueba de dos botellas se entrena el consumo selectivo de la sustancia preferida con solución salina al 10% y agua (Manabe et al., 2010).

La teoría del control hedónico de la ingesta de alimentos sugiere la existencia de dos elementos “gustar” y “querer” que regulan la ingesta de nutrientes (Berridge & Robinson, 2016); se ha reportado que ratas a las que se ha inducido ingesta tipo atracón, presentan alteraciones en el componente del “querer” el cual está asociado con aspectos motivacionales, dichas alteraciones se ven reflejadas en un mayor número de respuestas para obtener el alimento palatable cuando los sujetos son expuestos a diferentes programas de reforzamiento (Wojnicki et al., 2006, 2010). Aunque se ha demostrado consistentemente que las ratas aumentan el consumo del alimento palatable, no hay datos de si enfrentadas a diferentes opciones con diversos contenidos calóricos aún muestran preferencia por el alimento palatable con el que fueron entrenadas. Nos preguntamos si las alteraciones en el componente del “querer” también modifican la preferencia de los sujetos hacia alimentos con diferentes concentraciones calóricas. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la inducción de ingesta tipo atracón con una solución de aceite de maíz (a fin de obtener datos más confiables que con la grasa sólida) y evaluar la preferencia de los sujetos ante diferentes concentraciones de la solución (diferentes contenidos calóricos) antes y después de inducir ingesta tipo atracón.

Método

Sujetos

Se emplearon 24 ratas macho de la cepa Wistar, con peso corporal entre 350-400 g al inicio del experimento. Todos los animales provinieron del bioriego de la Facultad de Psicología, UNAM y fueron alojados de forma individual con acceso libre inicial a alimento estándar (Purina Rat Chow, Brentwood MO) y al agua. Previo a la prueba de dos botellas se restringió el acceso al alimento para mantener el peso corporal de los sujetos al 85% de su línea base. Las condiciones de alojamiento y manejo cumplieron con la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999.

Alimentos

El entrenamiento de la prueba de dos botellas se realizó con solución salina al 0.9%; para la inducción de ingesta tipo atracón se empleó aceite de maíz (Mazola™, ACH Foods México, México) diluido con aceite mineral (Farmacia Paris, D.F., México) para lograr las diferentes

concentraciones, siguiendo el procedimiento de Yoneda et al., (2007). Para calcular el contenido calórico del consumo (kilocaloría, kcal) se consideró 2.7 kcal/g para el aceite de maíz al 30% y 3.3 kcal/g para el alimento estándar.

Procedimiento

Para evaluar la preferencia de los sujetos se empleó la prueba de elección de dos botellas (Yoneda et al., 2007), en la primera fase se entrenó a los sujetos a la presencia de dos opciones durante la prueba, para ello, durante tres días los sujetos fueron privados de agua 3 h antes; después, durante 30 minutos se proporcionó acceso a la solución salina (al 0.9%) y al agua. En los siguientes 2 días se proporcionó aceite de maíz (al 50%) durante 30 minutos cada día a fin de habituar a los sujetos al aceite. Posteriormente, en las pruebas de preferencia se emplearon cuatro concentraciones de aceite de maíz (60%, 30%, 15% y 7.5%) las cuales fueron presentadas por pares de concentraciones utilizando un par diferente cada día, seleccionados de forma aleatoria para a cada rata; esta fase tuvo una duración de 8 días (por lo que las ratas recibieron algunas concentraciones dos veces).

Inducción de ingesta tipo atracón

Se asignó a los sujetos al GCon (n=12) o al GExp (n=12) con base en el consumo total de la concentración de 30% de aceite de maíz (ya que esta concentración nos permitió evaluar la preferencia por concentraciones mayores o menores) procurando que en ambos grupos existieran sujetos con consumos similares. La inducción de ingesta tipo atracón tuvo una duración de cuatro semanas. El GCon tuvo acceso libre a agua, alimento y aceite, mientras que el GExp tuvo acceso libre al agua y alimento, pero el acceso al aceite estuvo limitado a dos horas los días Martes, Jueves y Sábado, de 17 a 19 horas. En ambos grupos se registró el consumo de agua y alimento, así como el peso corporal cada 24 horas y después de las dos horas en las que el GExp tuvo acceso al aceite. La ingesta tipo atracón se consideró establecida en el GExp cuando de aceite de maíz de este grupo fue significativamente mayor al del GCon.

Re-evaluación de la preferencia por el aceite.

Posterior al establecimiento de ingesta tipo atracón, se repitió la serie de pruebas de preferencia a las concentraciones de aceite bajo la condición de acceso libre al alimento,

seguida de otra re-evaluación bajo condiciones de acceso restringido en virtud de que se ha reportado que el estado de privación de alimento es un factor que afecta la preferencia de los sujetos ya que muestran un consumo mayor de grasa cuando se encuentran privados de alimento (Braymer et al., 2017; Sclafani et al., 1992).

Análisis estadístico

Para los resultados de la fase inicial, se analizó el consumo total por cada concentración (en ml y kcal) con una prueba ANOVA de un factor de medidas repetidas. En el análisis de la preferencia (estimada como la razón del volumen o kcal del consumo de una solución respecto al volumen o contenido calórico total de las dos soluciones evaluadas) entre las concentraciones, así como para los datos de ingesta tipo atracón se empleó un ANOVA de dos factores con medidas repetidas en uno de los factores (factor 1: Pre-Post; factor 2: consumo de aceite, agua, comida, peso corporal o preferencia [un ANOVA para cada variable]) con medidas repetidas en el factor Pre-Post. Para analizar la preferencia por las soluciones en condiciones de acceso libre y privación de alimento se empleó un ANOVA de dos factores (factor 1: Con-Sin privación; factor 2: consumo de aceite, agua, comida, peso corporal o preferencia [un ANOVA para cada variable]) con medidas repetidas. En todos los casos en los que hubo diferencias significativas en la prueba ANOVA, se empleó una prueba de comparación múltiple Bonferroni para determinar las diferencias significativas entre los grupos.

Resultados

Evaluación inicial de la preferencia entre las soluciones de aceite

La Figura 1A muestra el volumen (ml) del consumo en las pruebas de preferencia donde los sujetos fueron expuestos a pares de soluciones. En las combinaciones con la solución al 7.5% (vs 15, o 30%, $F_{(2,45)}=1.52$, $p=0.229$), 15% (vs 7.5, 30 o 60%, $F_{(2,37)}=0.37$, $p=0.692$) o la de 30% (vs 7.5, 15 o 60%, $F_{(2,29)}=0.89$, $p=0.419$) no hubo diferencias significativas entre los volúmenes que los sujetos consumieron de las soluciones. Sin embargo, los sujetos consumieron un volumen significativamente mayor de la solución al 7.5% que la de 60%, ($F_{(2,21)}=3.74$, $p=0.041$, seguido de Bonferroni $p=0.025$).

Consumo de calorías para cada combinación de concentraciones

Al comparar el contenido calórico (kcal) del consumo de las soluciones (Figura 1B) se observó que, a pesar de que las soluciones de baja concentración tuvieron un volumen de consumo mayor o similar a las de 30 o 60%, su aporte calórico fue menor que dichas soluciones (7.5: $F_{(1,45)}=29.52$, $p=0.001$ seguido de Bonferroni, $p=0.001$ en ambos casos; 15%: $F_{(2,37)}=10.68$, $p=0.001$, Bonferroni $p=0.001$); además, el consumo en calorías de la concentración de 60% fue mayor que la de 30% ($F_{(2,29)}=7.88$, $p=0.002$, Bonferroni, $p=0.004$).

Preferencia (estimada del volumen) entre las soluciones

En el caso de las graficas que muestran cambios en las preferencias, la ausencia de cambio corresponde a 0 y la dirección positiva o negativa indica la preferencia por la solución que se indica en la parte superior o inferior del eje vertical. La Figura 1C muestra que aun cuando se observaron cambios en la preferencia que las ratas mostraron por las distintas soluciones, dichas diferencias no alcanzaron significancia estadística (7.5: $F_{(1,45)}=3.23$, $p=0.079$, 15: $F_{(1,37)}=0.045$, $p=0.833$, 30: $F_{(1,29)}=2.17$, $p=0.15$, o 60%: $F_{(1,21)}=0.03$, $p=0.855$, respectivamente).

Preferencia (estimada de las kcal) entre las soluciones

Se observó (Figura 1D) que la solución de 60% tuvo una preferencia mayor que la solución de 7.5, 15 o 30% ($F_{(1,21)}=21.49$, $p=0.001$, Bonferroni, $p=0.05$, $p=0.012$ y $p=0.021$) y la de 30% fue preferida respecto a la de 7.5% ($F_{(2,29)}=4.45$, $p=0.021$, Bonferroni $p=0.031$).

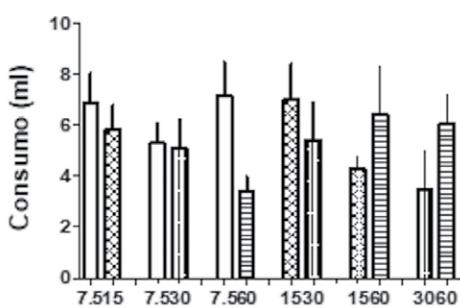
Inducción de la ingesta tipo atracón (binge)

Durante la inducción de ingesta tipo atracón (Figura 2A) se observó en el GExp un incremento constante en el consumo de aceite a lo largo del acceso restringido que alcanzó significancia estadística ($F_{(1,18)}=30.44$, $p=0.001$) en las últimas sesiones respecto al GCon; en el GExp el consumo de las últimas sesiones fue mayor a la primera sesión ($F_{(11,198)}=2.27$, $p=0.001$, Bonferroni, $p=0.002$).

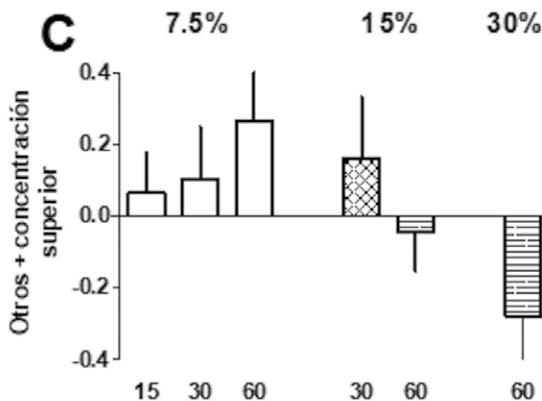
El consumo de alimento (Figura 2B) del grupo GExp fue inicialmente mayor que el del GCon durante las dos horas en las que ambos grupos tuvieron acceso a alimento ($F_{(1,22)}=8.57$, $p=0.009$; Bonferroni, $p=0.019$); sin embargo, el consumo del GExp fue disminuyendo y durante las

Consumo (ml y kcal) y preferencia de las concentraciones cuando se presentan simultáneamente con otras soluciones

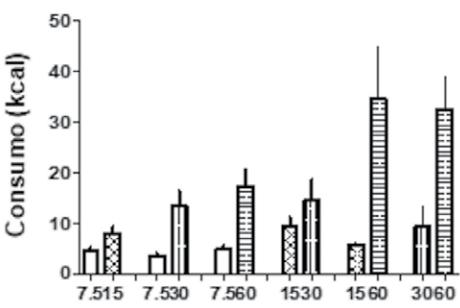
A



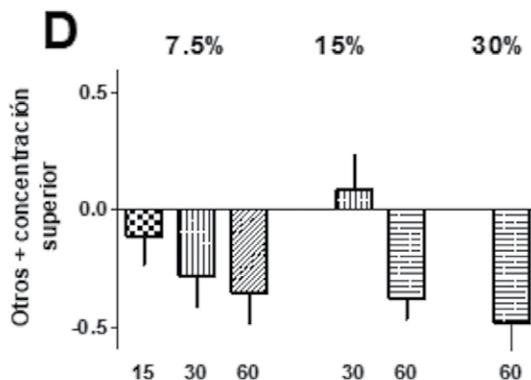
C



B



D



Concentraciones

7.5 15 30 60

Figura 1. Consumo (ml y kcal) y preferencia de las concentraciones cuando se presentan simultáneamente con otras soluciones. Consumo total en volumen (A: ml) y contenido energético (B: kcal) de cada solución en la prueba de 2 botellas. Preferencia con base en el volumen (C) o kcal (D), las barras hacia arriba indican preferencia por la solución descrita en la parte superior de cada figura; las barras en dirección hacia abajo indican preferencia por la solución indicada al inferior de cada barra. Media \pm EEM.

últimas sesiones el consumo fue similar al del GCon (Bonferroni, $p=0.810$). A lo largo de los días se observó un incremento ($F_{(11,198)}=14.63$, $p=0.001$) en el peso corporal de los sujetos (Figura 2D) respecto a las sesiones iniciales, sin embargo, este incremento corresponde al crecimiento normal de los sujetos y no hubo diferencias significativas entre los grupos ($F_{(1,18)}=0.031$, $p=0.863$). En el caso del agua no se observaron diferencias entre los grupos o a lo largo del establecimiento de los atracones ($F_{(1,18)}=0.04$, $p=0.835$). Cuando se consideró el consumo en kcal (suma de aceite y alimento durante 2 h, Figura 2E) se observó que el consumo del GExp fue mayor ($F_{(1,18)}=82.36$, $p=0.001$)

al del GCon; aunque al consumo en gramos (Figura 2C) o kcal (Figura 2F) durante 24 horas fue similar entre los grupos ($F_{(1,18)}=4.040$, $p=0.060$) pero los días en los que el grupo experimental no tuvo acceso al aceite el consumo de alimento fue menor.

Preferencia por las soluciones de aceite después de la inducción de la ingesta tipo atracón

Se realizaron dos evaluaciones, la primera en condiciones de privación de alimento (a semejanza con la evaluación inicial) y, después, una segunda evaluación en condiciones de acceso libre (a semejanza con las condiciones de

Inducción de ingesta tipo atracón

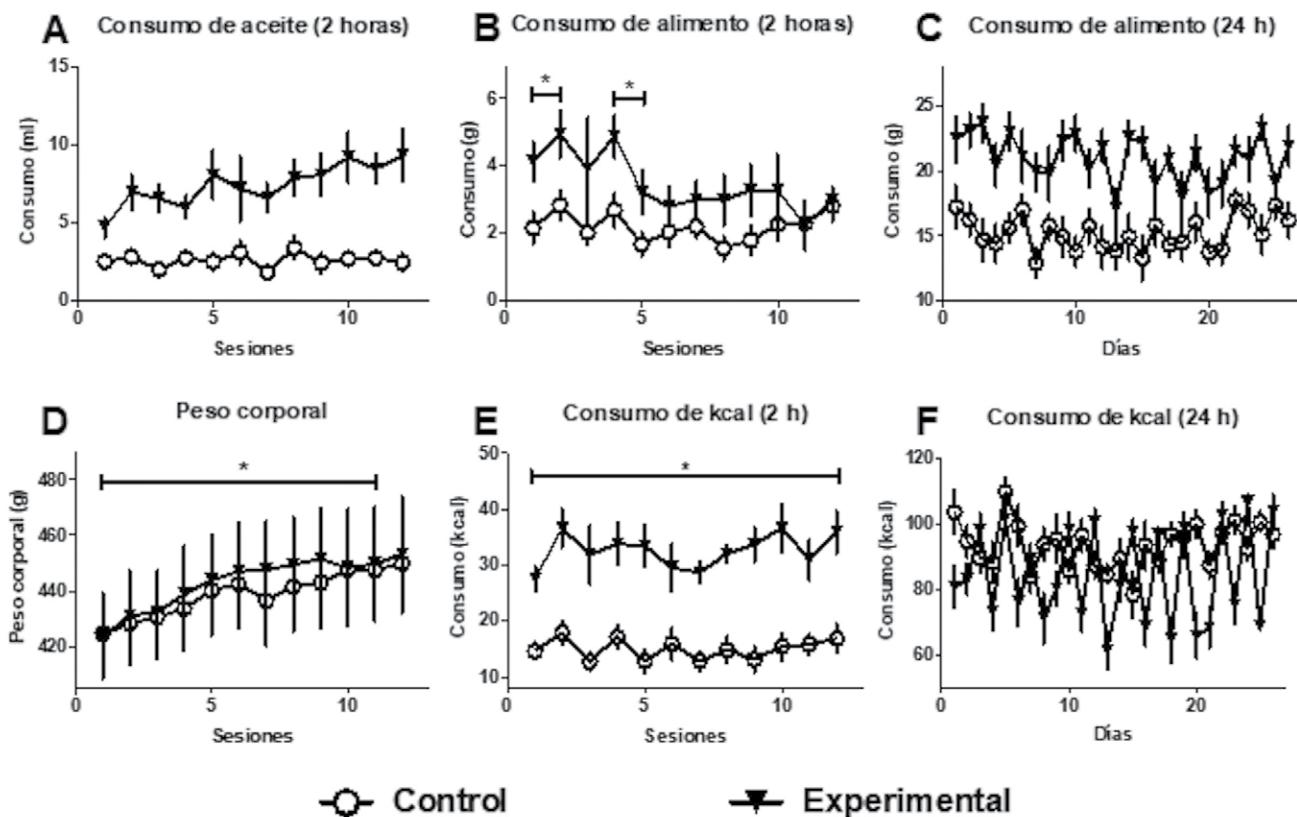


Figura 2. Inducción de ingesta tipo atracón. Consumo de aceite (A), alimento en 2 horas (B), alimento en 24 horas (C), Peso Corporal (D), Contenido energético total en 2 horas y Contenido energético total en 24 horas del grupo experimental (triángulos cerrados) o del grupo control (círculos abiertos). Media \pm EEM. Las barras superiores con * denotan diferencias significativas ($p<0.05$) en una prueba Bonferroni la cual fue posterior a una prueba ANOVA de dos vías, medidas repetidas en el factor concentraciones

inducción de la conducta tipo atracón) a fin de determinar si esta condición facilitaba la expresión de alguna preferencia inducida por el entrenamiento en el consumo tipo atracón. Como en la evaluación inicial no hubo diferencias entre el consumo de la solución de 7.5 y 15%, para las evaluaciones post-binge se decidió realizar solamente las comparaciones de 7.5 vs 30 y 30 vs 60%.

Consumo en mililitros para cada combinación de concentraciones

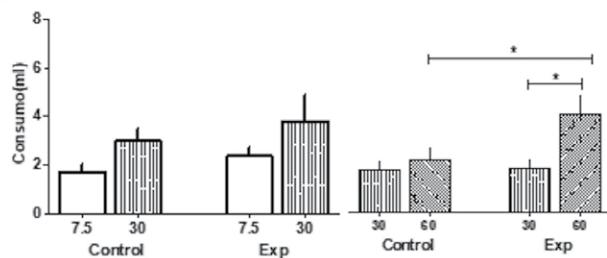
Cuando se presentó la combinación 7.5-30%, se observó que tanto el GCon como el GExp muestran un mayor consumo de la solución de 30%, sin que dicha diferencia alcance significancia estadística ni en condiciones de acceso libre (Figura 3A, $F(1,18)=0.01$, $p=0.925$) ni con privación de alimento (Figura 3B, $F(1,52)=1.81$, $p=0.184$).

Sin embargo, al comparar los grupos entre las condiciones, el GCon tuvo un mayor consumo de la solución de 7.5% ($F(1,11)=24.71$, $p=0.001$, (Bonferroni, $p=0.006$), mientras que el GExp ($F(1,7)=17.78$, $p=0.004$, Bonferroni, $p=0.033$) tuvo un consumo mayor de la solución de 30% en la condición de privación respecto a la condición de acceso libre.

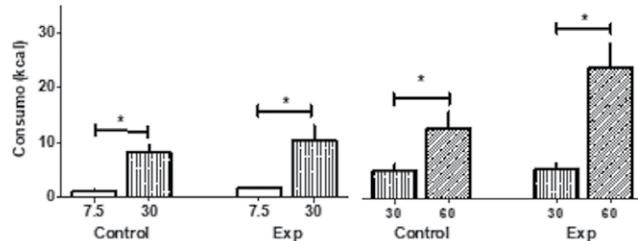
En la combinación 30-60% el GExp tuvo un mayor consumo de la concentración de 60% respecto al GCon (Figura 3A, $F(1,18)=8.06$ $p=0.011$, Bonferroni $p=0.042$) y a su consumo de la solución de 30% (Bonferroni, $p=0.007$). Bajo privación de alimento (Figura 3B) no hubo diferencias entre los grupos en el consumo de la solución de 30 respecto de la de 60% ($F(1,18)=2.90$, $p=0.106$); sin embargo, al comparar entre las condiciones de acceso a alimento se observó que en ambos grupos fue

Consumo (ml y kcal) de la soluciones en la prueba de 2 botellas.

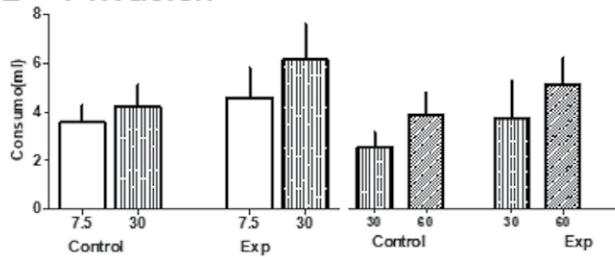
A Ad lib



C



B Privación



D

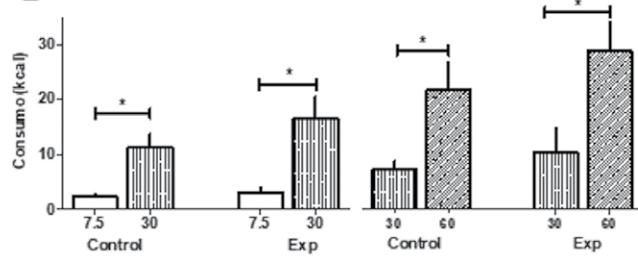


Figura 3. Consumo (ml y kcal) de las soluciones en la prueba de 2 botellas. Consumo (A y B: ml, C y D: Kcal) de cada par de soluciones en la prueba de preferencia de 2 botellas. Los paneles superiores (A y C) presentan el consumo en la condición de acceso libre y los inferiores (B y D) la condición de acceso limitado. Media \pm EEM. Las barras superiores con * denotan diferencias significativas ($p<0.05$) en una prueba Bonferroni la cual fue posterior a un ANOVA de dos vías, medidas repetidas en el factor concentraciones.

mayor el consumo de las soluciones bajo privación de alimento (pero solo en el GCon) dichas diferencias alcanzaron significancia estadística: $F(1,11)=5.767$, $p=0.035$; GExp: $F(1,7)=3.05$, $p=0.124$.

Consumo en kcal de las soluciones

Al examinar el consumo en kcal (Figura 3C y 3D) se observó que tanto el GCon como el GExp mostraron un mayor consumo de la solución de 30% respecto a la de 7.5% durante el acceso libre ($F_{(1,18)}=24.97$, $p=0.002$, Bonferroni, $p=0.002$) y cuando tuvieron privación ($F_{(1,18)}=19.22$, $p=0.001$, Bonferroni, $p=0.001$), sin mostrar diferencias entre los grupos en ambas condiciones ($F_{(1,18)}=0.831$, $p=0.37$ y $F_{(1,18)}=2.29$, $p=0.147$). Al comparar entre las condiciones, se observó que en el GCon hubo un mayor consumo de la solución del 7.5% y en el experimental de la de 30% en condiciones de privación de alimento en comparación con el acceso libre ($F_{(1,11)}=8.27$, $p=0.015$, Bonferroni $p=0.006$ y $F_{(1,7)}=6.68$, $p=0.036$, Bonferroni, $p=0.023$). También se observó que el consumo del grupo experimental de la solución de 60% fue mayor al del

grupo control en condiciones de acceso libre ($F_{(1,18)}=4.58$, $p=0.046$). En condiciones de privación, el consumo de ambos grupos para la solución de 60% fue mayor en comparación con el de la solución de 30% ($F_{(1,18)}=9.70$, $p=0.006$, Bonferroni, $p=0.044$ y $p=0.037$). Al comparar entre las condiciones, aunque ambos grupos tuvieron un consumo mayor de las soluciones durante la privación de alimento, las diferencias alcanzaron significancia en el caso del GCon ($F_{(1,11)}=5.42$, $p=0.040$) pero no en caso del GExp ($F_{(1,7)}=2.55$, $p=0.154$).

Preferencia (en volumen) entre las soluciones

En la figura 4 se puede observar que hay una preferencia ligeramente mayor por la solución de 30% cuando se presenta con la de 7.5%; sin embargo esta preferencia no alcanza significancia estadística entre los grupos en condiciones de acceso libre (4A: $F_{(1,18)}=1.31$, $p=0.266$) o de privación (4B: $F_{(1,52)}=0.001$, $p=1.0$). Tampoco influyen las condiciones de acceso en la preferencia de ambos grupos (control: $F_{(1,11)}=1.27$, $p=0.283$ y experimental: $F_{(1,7)}=0.39$, $p=0.551$). En el caso de la combinación 30-60% (Figura

4A) el GExp mostró una mayor preferencia por la concentración de 60% en ambas condiciones de privación, pero tal preferencia sólo alcanzó significancia estadística respecto al GCon en la condición de acceso libre al alimento ($F_{(1,18)}=76.76$, $p=0.001$, Bonferroni $p=0.019$), pero no en la condición de privación ($F_{(1,18)}=0.06$, $p=0.812$, respectivamente). Al comparar entre las condiciones de privación no se observaron diferencias en la combinación 30-60% (ad libitum o privación) en el GCon ($F_{(1,11)}=2.20$, $p=0.166$) o el GExp ($F_{(1,7)}=0.07$, $p=0.797$).

Preferencia (calorías) entre las soluciones

En la Figura 4C y 4D se puede observar que los sujetos mostraron una preferencia mayor por la solución de mayor contenido calórico: cuando se presentó la combinación 7.5-30% su preferencia fue por la solución de 30%

($F_{(1,18)}=67.11$, $p=0.001$, Bonferroni, $p=0.001$), pero cuando se ofreció la combinación 30-60% hubo una mayor preferencia por la solución de 60%, pero las diferencias no fueron significativas ($F_{(1,18)}=4.28$, $p=0.053$, Bonferroni, $p=0.200$). En ambas condiciones de acceso a alimento, los sujetos de ambos grupos prefirieron la concentración de 30% sobre la de 7.5% (control: $F_{(1,11)}=27.16$, $p=0.001$, Bonferroni, $p=0.005$, $p=0.001$, experimental: $F_{(1,7)}=19.100$, $p=0.003$, Bonferroni, $p=0.001$, $p=0.0021$). En condiciones de privación el grupo control mostró una mayor preferencia por la solución de 60% en comparación con lo observado en condiciones de privación ($F_{(1,11)}=6.99$, $p=0.023$, Bonferroni, $p=0.020$). El grupo experimental mostró una mayor preferencia por la solución de 60% en ambas condiciones de acceso ($F_{(1,7)}=6.44$, $p=0.039$).

Preferencia (ml y cal) para la solución de 30% en presencia de otras concentraciones

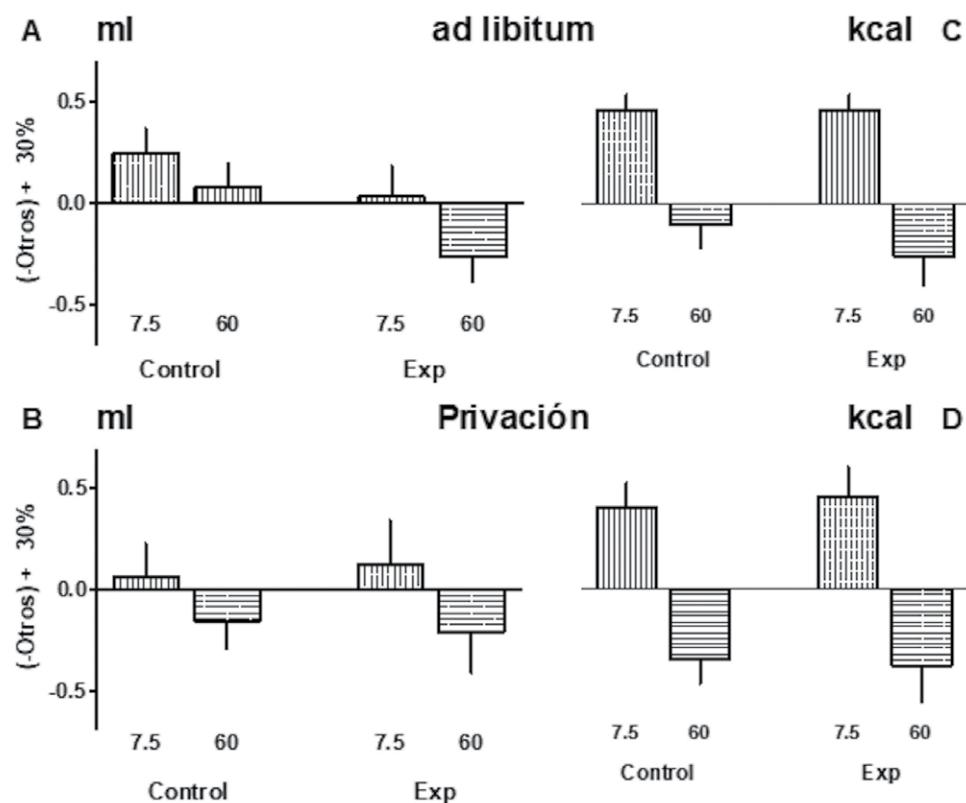


Figura 4. Preferencia (ml y cal) para la solución de 30% en presencia de otras concentraciones. Índice de preferencia del consumo (A y B: ml, C y D: kcal) de las soluciones cuando se presenta simultáneamente con una solución de 30%. Las barras hacia arriba indican preferencia por la solución de 30%, las barras en dirección hacia abajo indican la preferencia por la solución indicada en la parte inferior de la barra. Los paneles superiores corresponden a la condición de acceso libre (A y C) y los inferiores (B y D) a la condición de privación. Media \pm EEM.

Discusión

Se observó que las ratas varían su preferencia cuando se les presentan soluciones de aceite de maíz con concentraciones diferentes. Aunque consumen un volumen mayor de las soluciones de bajo contenido calórico, cuando hacemos referencia al contenido calórico de las soluciones se observa una preferencia por aquellas con contenido calórico alto. Fue posible inducir la conducta de atracón con aceite de maíz (que permite una cuantificación precisa del consumo a diferencia de la grasa sólida, con la que no es posible cuantificar con precisión el desperdicio de los animales); sin embargo, los atracones modificaron ligeramente la preferencia de las ratas por las concentraciones de mayor contenido calórico (particularmente visible en la condición de privación, pero no en acceso libre).

El establecimiento de la ingesta tipo atracón utilizando el modelo de acceso limitado y una concentración de aceite de maíz al 30% se llevó a cabo en 12 sesiones, un período similar al que se requiere cuando se emplea grasa vegetal (Corwin & Wojnicki 2006; Corwin & Buda-Levin 2004). Los datos observados coinciden con los de Wojnicki et al. (2008) quienes describieron que durante las dos horas de acceso a grasa vegetal los sujetos del GExp tuvieron un mayor consumo respecto a los sujetos del grupo GCon, de forma tal que el consumo en calorías del GExp también fue mayor al del grupo GCon en ese período.

Aunque el período en el que se estableció la ingesta tipo atracón con aceite de maíz concuerda con lo reportado para grasa vegetal es necesario señalar que el sobreconsumo de aceite de maíz únicamente fue observado en 8 de los 12 sujetos del GExp (en los 4 restantes el consumo final de la sustancia palatable se incrementó muy poco o no se modificó en comparación con el consumo inicial) (Corwin & Buda-Levin 2004; Corwin & Wojnicki 2006). Es probable que esta diferencia se relacione con la cepa de ratas empleada, Corwin y col. han inducido ingesta tipo atracón en ratas Sprague-Dawley, que muestran una mayor preferencia por alimento palatable respecto a las ratas Wistar (Tordoff et al., 2008; Hildebrant et al., 2014). Alternativamente, el control del desperdicio es mayor con la presentación de la grasa líquida que su presentación sólida y esto puede contribuir a que las diferencias sean menores o nulas entre los grupos. Estas observaciones sugieren la necesidad de establecer un criterio individual en el establecimiento de la ingesta tipo atracón ya que el criterio

comúnmente empleado sólo considera que el consumo del GExp sea mayor que el consumo del grupo GCon durante 2 semanas (Corwin & Wojnicki, 2006).

No se observaron cambios en el consumo de agua entre los grupos durante la inducción de ingesta tipo atracón, pero el consumo de alimento estándar del GExp inicialmente fue mayor que el del GCon desapareciendo las diferencias posteriormente; es posible que los sujetos aprenden que el acceso al aceite es limitado por lo que consumieron la mayor cantidad posible a sabiendas de que el alimento estándar lo tendrán disponible en forma permanente. De acuerdo con lo reportado por Corwin et al. (1998), observamos que el peso corporal de los sujetos de los GCon y GExp fue similar durante la inducción de ingesta tipo atracón y en ambos casos fue incrementándose a lo largo de la inducción.

Respecto al consumo en calorías, Wojnicki et al. (2008) reportaron que los sujetos del GExp incrementan el consumo de calorías cuando tienen acceso a la grasa vegetal, pero hay un decremento cuando sólo consumen alimento estándar; el patrón de consumo fue similar con la solución de aceite de maíz, pero las diferencias en el consumo entre estos días no alcanzó significancia estadística. Así, aunque los sujetos del grupo GExp tienen un mayor consumo calórico durante un menor período de tiempo aún son capaces de regular la cantidad de calorías que consumen después de la exposición al aceite de maíz; esto es importante porque demuestra que los atracones de alimentos palatables o sabrosos no implican necesariamente el desarrollo de obesidad, de hecho, en algunas poblaciones como la de Estados Unidos sólo el 35% de personas con ingesta tipo atracón son obesas (Corwin et al., 2011), por lo que se requiere más investigación para comprender por qué en algunos organismos las modificaciones (asociadas con el sobreconsumo de alimentos palatables) en los sistemas hedónicos y homeostáticos de la regulación de ingesta de alimento (Alsiö et al., 2012, Kubant et al., 2015) tienen como resultado la obesidad.

En la primera prueba de preferencia con dos botellas hubo un mayor consumo de la concentración de 7.5 y 60 en comparación con 15% y 30%, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Sin embargo, cuando se considera el aporte energético la concentración de 60% aportó más calorías en comparación con las otras concentraciones. Los resultados concuerdan con lo reportado

previamente en ratones de que existe una mayor preferencia por soluciones de aceite de maíz que están en un rango de 1%-10% (Takeda et al., 2000) y por soluciones más altas (50%-100%) (Yoneda et al., 2007). Al analizar el índice de preferencia (kcal) se observó que la concentración 60% fue la preferida en comparación con las demás soluciones, sin embargo, hay que considerar que aún cuando los sujetos consuman muy poco de la concentración 60% su contenido energético es muy alto. Como en la prueba inicial no se observó una preferencia clara hacia una concentración determinada, para la inducción de ingesta tipo atracón se eligió la concentración de 30% ya que su uso permitió evaluar la preferencia hacia concentraciones más altas o bajas.

Posterior a la inducción de ingesta tipo atracón se realizó una prueba en condiciones de acceso libre a alimento; se observó que el consumo total (ml) de los sujetos del grupo GCon fue similar a la determinación pre-atracón a las concentraciones de 7.5, 30 y 60% y la solución de 60% aportó la mayor cantidad de calorías en comparación con las soluciones restantes. El GExp tuvo un mayor consumo de la concentración de 60% en comparación con las soluciones 7.5% y 30%, además su consumo total (ml o kcal) fue mayor en comparación con el del grupo GCon. Cuando se analizó el consumo (ml y kcal) y la preferencia por cada concentración en las diferentes combinaciones se observó que en general, hubo un mayor consumo y preferencia por la concentración de 60% en el GExp.

Con la privación de alimento ambos grupos incrementaron su consumo total y se notó un incremento en el consumo de la concentración baja; así, en el grupo GCon hubo un incremento en el consumo de la solución de 7.5% y en el GExp también hubo un incremento en el consumo de las soluciones de 7.5% y 30%, estos resultados son similares a los reportados por Kimura et al. (2003) y Davis et al. (1995) quienes observaron que cuando los sujetos fueron privados de alimentos hubo un aumento en la preferencia por el aceite de maíz y en la ingesta de las concentraciones bajas. En el caso del GExp hubo un incremento en el consumo de las concentraciones 30 y 7.5%, pero dicho incremento no afectó la preferencia de los sujetos ya que ésta continúo siendo mayor por la solución de 60%. El consumo total (ml y kcal) del GExp fue mayor que el del grupo GCon en condiciones de acceso libre a alimento y su preferencia en condiciones ad libitum fue similar a lo que se observa en humanos, donde se ha reportado que las

personas que presentan conductas relacionadas con ingesta tipo atracón tienen una mayor preferencia por alimentos con un alto contenido energético en condiciones de “saciedad” (Dalton et al., 2013, Myers 2017).

En los sujetos del GCon en la condición de privación de alimento antes y en la evaluación posterior a binge, la ingesta tipo atracón incrementó marginalmente la preferencia de los sujetos por las soluciones con mayor contenido energético; sin embargo, en el GExp dichas diferencias se desvanecieron en condiciones de privación de alimento, lo que sugiere que con la conducta de atracón es posible que se haya alcanzado un máximo del contenido energético posible. Para trabajos subsecuentes se deberá determinar si la inducción de binge genera un incremento generalizado por alimento hipercalorico, por lo que será relevante incluir diferentes tipos de nutrientes, así como realizar estudios observacionales que permitan determinar qué tipo de nutriente es el que los sujetos eligen primero durante las evaluaciones, pues en este trabajo incluimos solo diferentes concentraciones de aceite de maíz para evitar que el sabor fuera una variable que contribuya a determinar la preferencia de los sujetos.

Conclusion

En el presente trabajo se observó que la ingesta tipo atracón puede inducirse también con grasa líquida a una concentración del 30% de aceite de maíz; en general, las ratas consumen un volumen elevado de las concentraciones menores (7.5-15%), pero muestran una clara preferencia por las soluciones que les aportan más calorías, a semejanza con los humanos. Despues de la inducción de ingesta tipo atracón, los sujetos que incrementan su preferencia por alimentos de alto contenido energético. Estos resultados sugieren que la inducción de la conducta de atracón modifica la preferencia por alimentos hipercaloricos aunque sigue operando la regulación natural en condiciones de privación de alimento. Queda por determinar si el incremento en la preferencia por alimentos hipercaloricos se extiende a alimentos diferentes del de entrenamiento.

Referencias

1. Alsiö, J., Olszewski, P.K., Levine, A.S., & Schiöt, H.B. (2012). Feed-forward mechanisms: addiction-like behavioral and molecular adaptations in overeating.

- Frontiers in Neuroendocrinology, 33, 127-139. doi: 10.1016/j.yfrne.2012.01.002
- 2. Berridge, K.C., & Robinson, T.E. (2016). Liking, Wanting and the Incentive-Sensitization Theory of Addiction. *The American Psychologist*, 71, 670-9. doi: 10.1037/amp0000059
 - 3. Castonguay, T.W., Burdick, S.L., Guzman, M.A., Collier, G.H., & Stern, J.S. (1984). Self-selection and the obese Zucker rat: the effect of dietary fat dilution. *Physiology and Behavior*, 33, 119-126. doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(84\)90022-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(84)90022-2)
 - 4. Corwin, R.L., Avena, N.M., & Boggiano, M.M. (2011). Feeding and reward: perspectives from three rat models of binge eating. *Physiol Behav*, 104, 87-97. doi: 10.1016/j.physbeh.2011.04.041
 - 5. Corwin, R.L., & Buda-Levin, A. (2004). Behavioral models of binge type eating. *Physiology and Behavior*, 82, 123-130. doi:10.1016/j.physbeh.2004.04.036
 - 6. Corwin, R.L., & Wojnicki, F.H. (2006). Binge eating in rats with limited access to vegetable shortening. *Current Protocols in Neuroscience*, Chapter 9, Unit 9.23B. doi:10.1002/0471142301.ns0923bs36.
 - 7. Corwin, R.L., Wojnicki, F.H., Fisher, J.O., Dimitrou, S.G., Rice, H.B., & Young, M.A. (1998). Limited access to a dietary fat option affects ingestive behaviour but not body composition in male rats. *Physiology and Behavior*, 65, 545-553. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00201-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00201-7)
 - 8. Dalton, M., Blundell, J., & Finlayson, G. (2013). Effect of BMI, and binge eating on food reward and energy intake: further evidence for a binge eating subtype of obesity. *Obesity Facts*, 6, 348-359. doi: 10.1159/000354599
 - 9. Davis, J.D., Kung, T.M., & Rosenak, R. (1995). Interaction between orosensory and postigestional stimulation in the GCon of corn oil intake by rats. *Physiology and Behavior*, 57, 1081-1087. doi: 0031938495000087 [pii]
 - 10. de Zwaan, M. (2001). Binge eating disorder and obesity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 25(1), S51-5. doi: 10.1038/sj.ijo.0801699
 - 11. Douglas Braymer, H., Zachary, H., Schreiber, A.L., & Primeaux, S.D. (2017). Lingual CD36 and nutritional status differentially regulate fat preference in obesity-prone and obesity-resistant rats. *Physiology and Behavior*, 174, 120-7. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.03.015
 - 12. Hildebrant, B.A., Klump, K.L., Racine, S.E., & Sisk, C.L. (2014). Differential strain vulnerability to binge eating behaviors in rat. *Physiology and Behavior*, 127, 81-6. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.01.012>
 - 13. Kasper, J.M., Johnson, S.B., & Hommel, J.D. (2014). Fat Preference: a novel model of eating behavior in rats. *Journal of Visualized Experiments* 88, e51575. doi: 10.3791/51575
 - 14. Kimura, F., Endo, Y., & Fujimoto, K. (2003). Vigorous intake of oil emulsion caused by chronic food deprivation remains after recovery in rats. *Physiology and Behavior*, 78, 107-115. doi: [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(02\)00962-9](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00962-9)
 - 15. Kubant, R., Poon, A.N., Sanchez-Hernandez, D., Domenichiello, A.F., Huot, P.S., Pannia, E., et al. (2015). A comparison of effects of lard and hydrogenated vegetable shortening on the development of high-fat diet-induced obesity in rats. *Nutrition & Diabetes*, 5, e188. doi: 10.1038/nutd.2015.40
 - 16. Lucas, F., Ackroff, K., Sclafani, A. (1989). Dietary fat-induced hyperphagia in rats as a function of fat type and physical form. *Physiology and Behavior*, 45, 936-947. doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(89\)90218-7](https://doi.org/10.1016/0031-9384(89)90218-7)
 - 17. Manabe, Y., Matsumura, S., Fushiki, T. en Montmayeur JP, le Coutre J (eds.) (2010). *Fat detection: Taste, texture and post ingestive effects*. Boca Raton, FL: CRC Press; Part IV, Sensory appeal of the fat-rich diet 11-13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21452472>
 - 18. Myers, K.P. (2017). Sensory-specific satiety is intact in rats made obese on a high-fat high-sugar choice diet. *Appetite*, 112, 196-200. doi: 10.1016/j.appet.2017.01.013
 - 19. Sclafani, A. (1997). Learned controls of ingestive behaviour. *Appetite*, 29, 153-158. doi: <https://doi.org/10.1006/appet.1997.0120>
 - 20. Sclafani, A. (2018). From appetite setpoint to appetition: 50years of ingestive behavior research. *Physiology & Behavior*, 192, 210-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.01.001>
 - 21. Takeda, M., Imaizumi, M., Fushiki, T. (2000). Preference for vegetable oils in the two-bottle choice test in mice. *Life Sciences*, 67, 197-204. doi: [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(00\)00614-7](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(00)00614-7)
 - 22. Tordoff, M.G., Alarcon, L.K., & Lawler, M.P. (2008).

- Preferences of 14 rat strains for 17 taste compounds. *Physiology and Behavior*, 95, 308-332. doi: 10.1016/j.physbeh.2008.06.010
23. Wald, H.S., & Myers, K.P. (2015). Enhanced flavor-nutrient conditioning in obese rats on a high-fat, high-carbohydrate choice diet. *Physiology and Behavior*, 151, 102-10. doi: 10.1016/j.physbeh.2015.07.002
24. Wojnicki, F.H., Babbs, R.K., & Corwin, R.L. (2010). Reinforcing efficacy of fat, as assessed by progressive ratio responding, depends upon availability not amount consumed. *Physiology and Behavior*, 100, 316-321. doi: 10.1016/j.physbeh.2010.03.004
25. Wojnicki, F.H., Roberts, D.C., & Corwin, R.L. (2006). Effects of baclofen on operant performance for food pellets and vegetable shortening after a history of binge-type behavior in non-food deprived rats. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 84, 197-206. doi: 10.1016/j.pbb.2006.04.015
26. Wojnicki, F.H., Charny, G., & Corwin, R.L. (2008). Binge-type behavior in rats consuming trans-fat-free shortening. *Physiology and Behavior*, 94, 627-629. doi: 10.1016/j.appet.2013.01.002
27. Yoneda, T., Saitou, K., Mizushinge, T., Matsumura, S., Manabe, Y., Tsuzuki, S., Inoue, K., & Fushiki, T. (2007) The palability of corn oil and linoleic acid to mice as as measured by short term two bottle choice and licking tests. *Physiology and Behavior*, 91, 304-309. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.03.006>