

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materia prima

Se empleó como materia prima papas a la Francesa crudas congeladas de la marca Great Value adquiridas en una tienda de autoservicio de la ciudad de Puebla. Los aceites utilizados, de soya y oleína de palma, fueron donados por la industria AAK de grasas y aceites (Morelia, Mich.).

6.2 Métodos

6.2.1 Experimentos de freído

El freído de papas se realizó en una freidora eléctrica marca Oster (Sunbeam products, Inc. Modelo ODF550, EUA) por cinco ciclos para realizar los análisis fisicoquímicos del aceite, fresco y después de un ciclo de uso. Un ciclo de freído consistió en tres freídas consecutivas de papas durante 2 min 45 s, a una temperatura entre 160 y 170°C y 10 min de enfriado entre cada lote. Las muestras de aceite se tomaron al

finalizar cada ciclo y las de papas del último lote de cada ciclo. Se usaron 3.5 L de aceite y 150 g papas en cada lote. El aceite no fue reemplazado durante el estudio.

6.2.2 Análisis fisicoquímicos en el aceite

Contenido de peróxidos: Se pesó 1 g de aceite en un matraz y se añadió 1 g de yoduro de potasio. Se agregaron 20 mL de solución de ácido acético-cloroformo, agitando hasta disolver. La mezcla se calentó durante un minuto. Se agregaron 20 mL (con una pipeta de Mohr) de solución saturada de yoduro de potasio al 5% recientemente preparada se agitó y se dejó reposar durante 1 min. Se agregaron 15 mL de agua y se tituló con solución de tiosulfato de sodio 0.01 N hasta el vire a un color amarillo; se añadió 1 mL de solución indicadora de almidón y se continuó la titulación hasta que desapareció el color azul. La técnica usada fue una modificación a la norma mexicana NMX-F-154-1987. El procedimiento se realizó por duplicado. El índice de peróxido se calculó expresando los miliequivalentes de peróxido contenidos en un kilogramo de grasa o aceite con la fórmula:

$$IP \left(\frac{\text{meq}}{\text{kg}} \right) = \frac{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot N \cdot 1000}{\text{peso muestra}} \quad 5.1$$

Donde:

I.P.= índice de peróxidos en meq/kg.

N= normalidad de la solución de tiosulfato de sodio utilizada.

Contenido de ácidos grasos libres: de acuerdo a la técnica 940.28 de la A.O.A.C. (1984), se pesaron 5 g de aceite y se disolvieron en 50 mL de 2-propanol y fenolftaleína como indicador. Se tituló con NaOH 0.1 N. Los ácidos grasos libres se calcularon como porcentaje de ácido oleico en el aceite de soya y de ácido palmítico en la oleína de palma, con la ecuación:

$$\%agl = \frac{(mL_{NaOH})(0.1 N)(PM \text{ ácido})}{W_{muestra}} \times 100 \quad 5.2$$

donde W es el peso de la muestra en gramos y PM ácido corresponde al peso molecular del ácido oleico (282 g/mol) para el aceite de soya y del ácido palmítico (256.4g/mol) para la oleína de palma. La determinación de ácidos grasos se realizó por duplicado.

Color: Se utilizó un colorímetro Color Gard System 05 (BYK Gardner., Reston, EE.UU.) en el modo de transmitancia para medir el color del aceite de freído. El colorímetro fue calibrado previamente con el mosaico negro y completo paso de luz ($L=100$, $a=0$, $b=0$) Se midieron los parámetros L (luminosidad), a (variación verde a rojo) y b (variación azul a amarillo) de la escala de Hunter para los aceites estudiados frescos y usados después de diferentes tiempos (Tiffany *et al.*, 2009) La medición se realizó por duplicado.

Viscosidad: Se midió con un viscosímetro rotacional Brookfield DV III (Brookfield Eng. Lab., Inc., Stoughton, MA. EE.UU.) que mide el torque necesario para girar dentro del fluido y la viscosidad mediante el factor de la aguja, según su número, (Bansal *et al.*, 2010). La aguja que se usó fue la HB#1 a una velocidad de 7 rpm, para el aceite de soya, y la aguja HB#2 a una velocidad de 20 rpm para la oleína de palma. La viscosidad del aceite se determinó por duplicado a 20°C realizando los cálculos según el número de aguja utilizada.

p-anisidina: se utilizó la técnica cd 18-90 de la A.O.C.S. (2009). Se pesaron 0.5 g de muestra dentro de un matraz volumétrico de 25 mL, se disolvió con Iso-octano, se midió la absorbancia (A_b) de la solución a 350 nm en un espectrofotómetro con una celda con disolvente como blanco. Se tomaron 5 mL de la solución grasa en un tubo de ensayo y 5 mL de disolvente en un segundo tubo. Se adicionó 1 mL de solución p-anisidina a cada tubo y se agitaron. Se midió la absorbancia del primer tubo (A_s), teniendo como blanco de referencia el segundo tubo. El índice de p-anisidina se determinó por duplicado y, en porcentaje, se calculó con la ecuación:

$$\text{Índice de } p - \text{anisidina} = \frac{25(1.2 A_s - A_b)}{m} \quad 5.3$$

donde m: masa en gramos de la porción de prueba.

A_s : absorbancia de la solución grasa después de la reacción con el reactivo p-anisidina.

A_b : absorbancia de la solución grasa.

Valor de yodo: se utilizó la técnica cd 1-25 de la A.O.C.S. (2006) que consistió en pesar 0.25 ± 0.001 g de aceite en un matraz, añadir 20 mL de cloroformo y 25 mL de solución de Wijs, dejar reposar en la oscuridad por 30 min, añadir 20 mL de yoduro de potasio y 100 mL de agua destilada. Se tituló con tiosulfato de sodio 0.1 N hasta obtener una coloración amarillo claro, se añadió almidón y se continuó la titulación hasta eliminar el color azul. La determinación se realizó por duplicado.

Compuestos polares: se determinaron utilizando un equipo EBRO modelo FOM 310 (AAK, 2010). Los compuestos polares incluyen sustancias como monoglicéridos, diglicéridos y ácidos grasos libres producidos durante el proceso de freído de alimentos. Es una medida indirecta, basada en la constante dieléctrica. Por limitantes de muestra y tiempo, sólo se realizó una réplica.

Composición de los aceites determinada por Cromatografía de Gases: se empleó la técnica de Nestlé 4C.M, utilizada en AAK (2010) y que consiste en la metilación de la muestra previo a la cromatografía. Se agregan 10 mL de solución metanólica de NaOH al 2% y se calienta a 140°C durante 30 min en matraces unidos a un sistema refrigerante, a continuación se agregan 5 mL de trifluoruro de boro-metanol y se calientan durante 15 min, después, se añaden 10 mL de agua y 20 mL de pentano. Finalmente se separa la parte turbia y el restante se vierte en un vial, de donde será tomada la muestra en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies modelo 6890N con nitrógeno (80 psi) y helio (80 psi) como gases de arrastre, y aire (60 psi) e

hidrógeno (40 psi) para mantener encendida la flama. El modelo de la columna es HP 88 (112-88^{a7}), de 100 m de longitud, I.D. 0.25 mm (narrowbore), film. 0.2 μm y T 240°C.

6.2.3 Análisis fisicoquímicos en las papas a la Francesa fritas

Humedad: La humedad de las papas se determinó por secado y diferencia de peso, por duplicado, según el método 984.25 de la A.O.A.C. (2000). Se usó una estufa (a presión atmosférica) para secar aproximadamente 3.5 g de muestra en charolas a peso constante a una temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas. El contenido de humedad en base húmeda se calculó con la ecuación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{W_{\text{Charola +muestra}} - W_{\text{Charola +mues tra seca}}}{W_{\text{muestra}}} \times 100 \quad 5.4$$

Grasa: el contenido de grasa de las papas después del proceso de freído se determinó por duplicado con el método Soxhlet (Krokida *et al.*, 2001). Se utilizó un matraz Soxhlet a peso constante. Se agregaron aproximadamente 2 g de papa en un cartucho de extracción con 150 mL de éter de petróleo y se colocó en el conjunto de extracción. Se dejó recircular por un tiempo de 4 a 6 h manteniendo el refrigerante a contracorriente. Cuando se terminó la extracción se evaporó el disolvente; se eliminó el disolvente residual y la humedad en una estufa a 110°C por 15 min, se enfrió y se pesó el matraz con la grasa extraída. El porcentaje de grasa se calculó con la ecuación:

$$\% \text{ grasa} = \frac{W_{\text{vaso+grasa}} - W_{\text{vaso vacío}}}{W_{\text{muestra}}} \times 100 \quad 5.5$$

Textura: se usó un analizador de textura TA.XT2 (Texture Technologies Corp., Haslemere, UK) en modo manual para medir la firmeza de las papas. Las papas tenían una longitud de 1 cm por lado. La firmeza se midió con un cuerpo cilíndrico de 6 mm de diámetro a una velocidad de 1 mm/s hasta una profundidad de 5 mm, usando una variación del método de Aguilar *et al.* (2006). Se realizaron 10 mediciones de textura en las papas.

Análisis estadístico: los resultados fueron analizados con un ANOVA usando MINITAB 14 con un intervalo de confianza del 95%. También se realizó una prueba de Tukey para establecer diferencias significativas.