

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE
SECCION QUIMICA INDUSTRIAL

GENERALIDADES SOBRE EVALUACION SENSORIAL, EL PANEL,
LOS METODOS, LA INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Trabajo realizado por : Gloria Inés Puerta Q.
Ing. Química.

Auxiliar de Investigación. Sección Química Industrial
C E N I C A F E

Septiembre de 1985

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
1. PRINCIPIOS	1
2. LOS SENTIDOS	1
3. FUNCIONAMIENTO DEL PANEL SENSORIAL	2
3.1. INSTALACION DEL LABORATORIO	2
3.2. LAS MUESTRAS	2
3.3. MIEMBROS DEL PANEL	3
3.4. METODOS APLICADOS EN LA EVALUACION SENSORIAL	3
3.4.1. Los Test de diferencia	4
3.4.1.1. Estímulo simple	4
3.4.1.2. Comparación pareada	4
3.4.1.3. Dúo - Trío	4
3.4.1.4. Triangular	4
3.4.1.5. Evaluación multimuestra	4
3.4.2. Los test de intensidad de diferencia	4
3.4.2.1. La clasificación u ordenación	4
3.4.2.2. El marcamiento (Scoring)	5
3.4.2.3. Escala del placer	5
3.4.3. Análisis sensorial descriptivo	5
3.4.4. Otros	5
4. INTERPRETACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	6
4.1. TEST DE DIFERENCIA	7
4.1.1. Comparación pareada	7
4.1.2. Test dúo - trío	7
4.1.3. Test Triangular	8
4.2. ANALISIS SECUENCIAL	8
4.3. ANALISIS DE VARIANZA	9
4.3.1. Diseño de bloque completo aleatorio	9
4.3.2. Diseños factoriales	10
4.3.3. Diseño de bloque incompleto	10
4.4. METODOS DE CLASIFICACION	11
4.4.1. Coeficiente de correlación de clasificación de Spearman	11
4.4.2. Cálculo del número de inversiones de clasificación	11
4.4.3. Arreglo de un análisis de varianza y cálculo de un coeficiente de concordancia W	12
4.4.4. Procedimiento de Kramer	12

4.5	PREFERENCIAS DEL CONSUMIDOR	13
4.5.1.	Tabla de contingencia 2 x 2	13
4.5.2.	Aplicación de análisis de varianza a estudios de consumidor	14
4.6	CORRELACION Y REGRESION	14
4.6.1.	Correlación lineal	14
4.6.2.	Relaciones no lineales	15
5.	ALGUNAS OBSERVACIONES	15
	BIBLIOGRAFIA	16
	ANEXOS (Tablas estadísticas)	17

GENERALIDADES SOBRE EVALUACION SENSORIAL. EL PANEL, LOS METODOS,
LA INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

1. PRINCIPIOS

El estudio de las características organolépticas de los alimentos se realiza por medio del análisis sensorial; éste se basa en una serie de métodos que se valen de los sentidos de la vista, el gusto, el olfato y algunas veces el tacto para dar una conclusión acerca de la calidad del producto.

Con el fin de obtener resultados representativos, el análisis debe ser realizado por un grupo de personas que conforman lo que se denomina un "panel sensorial" o "panel de catadores".

En general los alimentos se someten a la evaluación sensorial para proporcionar información que pueda conducir al mejoramiento del producto, mantenimiento de la calidad, desarrollo de nuevos productos y análisis de mercado.

Los tests o evaluaciones que se realizan por diferentes grupos se efectúan para :

Por paneles de laboratorio

- Selección de jueces calificados y estudio de la percepción humana a las características de los alimentos.
- Correlación sensorial con mediciones físicas y químicas.
- Estudio de efectos del proceso y mantenimiento de la calidad.

Por altos expertos entrenados

- Evaluación de calidad.

Por grupos de consumidores

- Determinación de la reacción del consumidor.

2. LOS SENTIDOS

La percepción o correlación de impresiones sensoriales determina si un alimento será aceptado o rechazado.

Los sentidos son descritos como físicos o químicos dependiendo de la naturaleza de sus estímulos.

La vista y el oído son sentidos físicos, el gusto un sentido químico y el tacto es físico y químico.

Por medio de la vista se evalúa la apariencia en forma, textura y color (factor muy importante para la aceptación).

El oído^o es tan importante pero puede utilizarse como indicativo o ayuda para caracterizar el estado de un producto.

Las sensaciones táctiles son respuestas a los estados de textura y consistencia del alimento. La temperatura es también percibida por este sentido, y es un factor importante ya que los alimentos cambian de sabor dependiendo de si tienen baja o alta temperatura y cada uno tiene su temperatura apropiada o acostumbrada de servirse. El gusto responde a la acción de los componentes químicos de los alimentos en las papilas.

Existe un gran número de sabores pero se cree que todos son el resultado de cuatro sabores básicos que son : dulce, salado, ácido y amargo.

El dulce del azúcar, se percibe más fuertemente en la punta de la lengua. El salado de la sal común, se percibe con mayor intensidad en los lados de la lengua hacia su punta.

El ácido es el del ácido cítrico y se percibe más fácilmente en los bordes laterales medios de la lengua.

El amargo de la cafeína, afecta más fuertemente la parte posterior de la lengua.

3. FUNCIONAMIENTO DEL PANEL SENSORIAL

En cualquier trabajo analítico debe existir una estandarización con el fin de minimizar el efecto que psicológica y por condiciones físicas puede haber en un juicio humano. Se deben tener en cuenta varios aspectos :

3.1 Instalación del laboratorio

Debe constar de áreas de preparación de muestras y área donde se realizan las pruebas.

El área propia de catación debe estar adyacente al área de preparación, y debe tener controlados los olores usando aire acondicionado, los ruidos, las distracciones, la hora del día, la iluminación, la comodidad; por lo tanto deben usarse mesas adecuadas con sus instalaciones de agua, sillas y que sea de un color que no interfiera con las muestras (blanco o gris claro).

3.2 Las muestras

Deben ser lo más uniformes posible, servidas a la temperatura que usualmente se consume el producto.

Presentadas en recipientes completamente limpios y de material tal que no interfiera con las características del producto. (ejemplo porcelana).

Las muestras deben ser codificadas tal que los panelistas

no las identifiquen.

Se controla además la cantidad necesaria que debe ser servida, el orden de presentación de las muestras y el número de muestras que puede ser evaluado en una sesión sin fatigar a los panelistas.

3.3 Miembros del panel

El valor de un panel depende sobre todo de la objetividad, precisión y reproductibilidad de los juicios de los panelistas. El interés, la motivación, la actitud general y el estado emocional de los panelistas tiene gran influencia sobre la consistencia de los juicios.

Los panelistas se escogen entre el personal de la institución. Los miembros del panel deben tener buena salud; y si son fumadores abstenerse por lo menos una hora antes de la sesión de hacerlo.

La selección de los miembros se hace en dos etapas :

- Se someten a una serie de tests con los cuales se seleccionan los miembros con mayor sensibilidad a los sabores básicos. El experimento se repite varias veces y se incrementan las dificultades de reconocimiento con el fin de encontrar el límite mínimo de percepción de cada catador. Los miembros con mayor número de respuestas correctas pasan a una segunda fase.

- En la segunda etapa se utiliza otro tipo de tests con los que se selecciona de acuerdo a la habilidad para detectar diferencias en el alimento y así obtener el equipo final de degustación.

Con el equipo seleccionado se sigue una etapa de entrenamiento durante la cual se le enseña a conocer los diferentes tipos de productos con los que va a trabajar, así como la muestra o muestras patrones que será su estándar, control o punto de referencia.

En esta etapa además los miembros aprenden a distinguir el significado de cada término descriptivo usado.

3.4 Métodos aplicados en la evaluación sensorial

Se han desarrollado diversos métodos o tests. Cada test es usado según la información que se desea obtener. Algunos establecen si hay o no una diferencia, otros miden la intensi-

dad de esa diferencia y otros indican la calidad completa del alimento, lo que es más difícil ya que se debe definir, medir e interpretar.

3.4.1 Los tests de diferencia comprenden :

- Estímulo simple
- Dúo-trío
- Estímulo pareado
- Triangular
- Evaluación multimuestra

3.4.1.1 Estímulo simple

Se usa con expertos degustadores a los que se les presenta la muestra para que se compare con su estándar de memoria. Se usa el método "A" "no A" para indicar si las muestras presentadas son el estándar o no.

3.4.1.2 Comparación pareada

Se presentan dos muestras. Una es codificada como la estándar. Se estudia la diferencia en una característica específica.

3.4.1.3 Dúo - trío

En el test dúo - trío tres muestras son presentadas al panelista. Una se rotula como R o estándar y dos son codificadas. Se pregunta :Cuál de estas dos se identifica con la estándar?

Sirve además para medir calidad y selección de jueces.

3.4.1.4 Triangular

Se presentan tres muestras y se indica que una es diferente. Se solicita indicar:Cuál es la muestra diferente.

Se usa para control de calidad y para selección de jueces.

3.4.1.5 Evaluación multimuestra

Se presenta una muestra codificada R y luego dos o más codificadas. Se compara cada muestra con R y se establece si es inferior, igual o superior en una característica específica. Indica diferencia direccional.

3.4.2 Los test que indican intensidad de diferencia son :

- Ordenación (Ranking)
- Marcamiento (Scoring)

3.4.2.1 La clasificación u ordenación

Al panelista se le solicita clasificar varias muestras codificadas de acuerdo a la intensidad de alguna caracte-

ristica particular.

Se clasifican máximo seis muestras en una misma sesión.

Los jueces pueden hacer su ordenación por grado de aceptabilidad, calidad general o atributos de color, volumen, etc.

No se establece magnitud de diferencia.

3.4.2.2 El marcamiento (Scoring)

Las muestras codificadas son evaluadas de acuerdo a alguna característica especificada por el panelista quien registra su evaluación en una escala descriptiva, graduada.

El marcamiento da una indicación del tamaño y la dirección de las diferencias entre muestras. La escala debe tener al menos cinco categorías y máximo nueve. El número de categorías no debe exceder el número de grados de la característica que pueda ser percibida.

Se usa para evaluaciones de calidad, o mantenimiento de un producto en un nivel de aceptación determinado.

La escala también puede ser verbal utilizando términos descriptivos debidamente entendidos por los panelistas, requiere de personal altamente entrenado.

3.4.2.3 Escala del placer

Es un sistema particular de marcamiento en el cual se mide el grado de gusto o disgusto por un producto. Da una estimación de la probable reacción del consumidor.

No se utiliza para control de calidad.

3.4.3 Análisis sensorial descriptivo

El más conocido es el denominado "Perfil del gusto" (Arthur D. Little, Inc.). Este método requiere un panel de 4-6 personas que funcionan como una unidad bajo la dirección del líder del panel para producir una descripción verbal de un producto. El sabor se describe en términos de notas características de intensidad, orden de aparición, gustillo y amplitud. Los panelistas evalúan el producto independientemente y luego discuten sus resultados con el fin de obtener una conclusión final.

El entrenamiento dura 6-12 meses, pero resulta ser muy eficiente y además se pueden evaluar varios factores al mismo tiempo.

3.4.4 O t r o s :

- Método de dilución :

Se puede utilizar para estudiar el límite mínimo de percepción sensorial diluyendo varias veces las muestras, o con el fin de enmascarar ciertas características específicas.

- Método del contorno :

De cada par una se designa como R o estándar. Utilizando el marcamiento se marca la desviación de la característica en sabor y olor. Las diferencias se separan en varios componentes : factor material (efectos de la característica), diferencias en esa característica, diferencia en los degustadores y factores misceláneos.

4. INTERPRETACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

Cuando se está planeando un experimento que involucra evaluación sensorial debe seleccionarse el método más apropiado, el número de muestras que debe ser evaluado en una sesión y el número de sesiones necesarias con el fin de estimar la cantidad de material requerido y el tiempo necesario para la evaluación.

Debido a la cantidad de datos obtenidos en la evaluación sensorial y su variabilidad los resultados no pueden usualmente ser interpretados por examen directo sino que deben aplicarse procedimientos estadísticos.

El análisis estadístico nos establece la probabilidad de que los resultados obtenidos en el experimento provienen de muestras extraídas al azar. La probabilidad se expresa generalmente en grados de significación que se establece de acuerdo al intervalo de seguridad usado.

Entonces las inferencias que se hacen tienen 5% de probabilidad de ser erróneas, o $p=0,95$ de que es correcta o posibilidad de 19 a 1. O también un intervalo más amplio, o sea $p=0.99$ o 1% de cometer un error o posibilidad de 99 a 1.

Para cada método de evaluación existen análisis con las tablas estadísticas apropiadas, unos más investigados y desarrollados que otros.

Aplicación de distribución chi-cuadrado en los tests de diferencia, el uso de análisis secuencial, el análisis de varianza aplicado en los diferentes diseños completo e incompletos y otros son usados en la evaluación de resultados obtenidos del análisis sensorial.

En la evaluación de la hipótesis que se formula acerca de la población (hipótesis nula) contra cualquier hipótesis alternativa se presenta la posibilidad de cometer errores. Hay dos tipos de errores.

Error de primera clase o tipo I es el cometido al rechazar una hipótesis (nula) cuando esta es cierta y su probabilidad es α que es lo que se denomina nivel de significancia.

El error de segunda clase o tipo II es cuando se acepta una hipótesis que es falsa y su probabilidad es B.

A continuación se presentan los modelos estadísticos usuales en la evaluación de alimentos.

4.1 Test de diferencia

Con el fin de tener una medida de la desviación de las muestras respecto a la proporción hipotética de la población se define un índice de dispersión denominado chi-cuadrado, χ^2 que nos evalúa entonces la aproximación entre la distribución observada y la distribución esperada. siendo f_o = frecuencia observada y f_e = frecuencia esperada, tenemos :

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

La significancia se establece comparando el valor calculado con el valor observado en la tabla de la distribución chi-cuadrado (tabla C anexa).

Si el valor calculado excede el valor tabular a cualquier nivel de significancia, entonces se concluye que a ese nivel no hay concordancia.

Esta distribución se usa para test de comparación pareada, test dúo-trío y test triangular.

4.1.1 Comparación pareada

$$\chi^2 = \frac{(X_1 - X_2 - 1)^2}{n}$$

X_1 = # de ensayos favorables a la muestra 1

X_2 = # de ensayos favorables a la muestra 2

n = # de ensayos

df = grados de Libertad = 1

- Si se quiere evaluar lo acertado que es un juez para detectar diferencias se compara χ^2 calculado con χ^2 tabulado, si el calculado es menor se concluye que el juez no es un degustador aceptable para detectar diferencias.

- Si se quiere evaluar la preferencia entre dos muestras se establece la comparación. Si χ^2 calculado es mayor que el tabulado, una muestra se prefiere significativamente sobre la otra.

4.1.2 Test dúo-trío

La probabilidad de que la muestra escogida sea la correcta

es 1/2. Se utilizan los mismos procedimientos que para comparación pareada.

4.1.3 Test Triangular

La probabilidad de que la muestra escogida sea la sobrante es 1/3. El valor de X^2 se define como :

$$X^2 = \frac{(14x_1 - 2x_2 - 3)^2}{8n}$$

Se utilizan la Tabla E (anexa) para establecer la significancia de los resultados.

4.2 Análisis secuencial

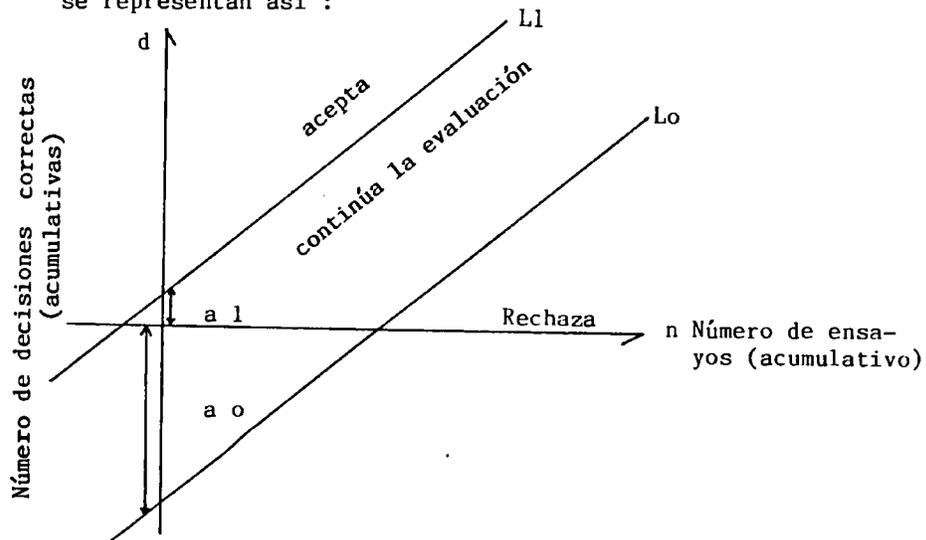
Es un procedimiento que se aplica a test pareado, dúo-trío y triangular en el cual se le pide al degustador repetir el experimento un considerable número de veces. Se hace con el fin de mantener el panel en un nivel determinado.

En este sistema se formula una regla por la cual una de las siguientes decisiones puede ser hecha en cualquier etapa del experimento :

- Aceptar el degustador como juez.
- Rechazarlo.
- Continuar el experimento

Se establece la proporción de decisiones correctas en el experimento p , los límites de proporciones para aceptar o rechazar (p_0 y p_1), los valores de α y β y el número aproximado de ensayos.

Los jueces potenciales son aceptados con base en el desempeño referido a dos líneas L_0 y L_1 paralelas y definidas y que se representan así :



4.3 Análisis de varianza

Se utiliza cuando se usa el método de marcamiento, en el que varios jueces evalúan varios productos o se marcan los mismos productos a diferentes tiempos lo que lleva a obtener un puntaje promedio para cada producto.

Este método se denomina de los mínimos cuadrados y nos indica el origen de la variación y el significado de la diferencia.

Establece una partición de la suma de cuadrados en (para el caso de un panel marcando muestra), suma de cuadrados jueces, suma de cuadrados muestras, suma total de cuadrados y suma de cuadrados error.

El valor de la suma de cuadrados error se establece por diferencia y nos da una indicación de la inevitable variabilidad en el experimento.

El número de grados de libertad es partido del mismo modo, y para cada caso es igual el número de items menos uno.

Para determinar si existen diferencias significativas para cada variable se utiliza el test F al nivel de significancia escogido (Tablas F-1, F-2, F-3, F-4, anexas).

Se efectúa la comparación del valor tabulado con el valor calculado para cada variable que se define así :

$$F = \frac{MS \text{ asignable}}{MS \text{ error}}$$

donde MS es el valor de la varianza y se calcula como :

$$MS = \text{Varianza} = \frac{\text{Suma de cuadrados}}{\text{grados de Libertad}}$$

Si se encuentra que existen diferencias significativas se procede a evaluar cuál muestra es significativamente diferente por medio del procedimiento de Duncan que se basa en la desviación estándar. (Tablas G-1 y G-2, anexas).

El análisis de varianza es muy utilizado y se aplica a cada uno de los diseños experimentales así :

4.3.1 Diseño de bloque completo aleatorio

Cuando varios jueces marcan cada una de varias muestras de un producto alimenticio se obtiene un arreglo de los puntajes que se denomina diseño de bloque completo aleatorio.

Entonces hay clasificación de acuerdo a dos criterios : muestras (tratamientos) y jueces (bloques), lo que resulta en un puntaje (medida).

El procedimiento del análisis de varianza se aplica de la forma indicada.

Para este arreglo y con el fin de hallar diferencias significativas, también se aplica un método de fluctuaciones o rangos, para comparaciones múltiples, para clasificación de una vía (puntajes tratamientos) o de las dos vías. (Método de Tukey, Tablas H-1 y H-2 anexas).

4.3.2 Diseños factoriales

Cuando las variables son estudiadas en todas las posibles combinaciones en el mismo experimento, se establece un diseño factorial.

En un diseño de bloque completo aleatorio hay un efecto de interacción presente, o sea que hay al menos un tratamiento para el cual los efectos no son constantes en todos los bloques.

Con el fin de observar esta interacción se requiere que haya repetición para cada bloque, o sea que se realice más de un juicio que se asume se hace bajo condiciones idénticas (en una misma sesión) para que no haya interacción entre los juicios.

Los datos son agrupados y el análisis de varianza es aplicado teniendo en cuenta el efecto de la combinación en los cálculos para la suma de cuadrados. Entonces se presenta un nuevo término de interacción producto x jueces en el origen de la varianza. Si los juicios no ocurren bajo idénticas condiciones entonces se consideraría la interacción de jueces con juicios o la interacción de productos con juicios.

4.3.3 Diseño de bloque incompleto

Debido a que el número de muestras a evaluar excede el número que un juez puede diferenciar en un ensayo simple, es útil aplicar un diseño de bloque incompleto, donde los bloques representan todos los puntajes para un ensayo simple por un degustador individual.

Los diseños de bloque reducen la necesidad de que el juez tenga gran memoria y retención y solo se necesita que sea consistente en sus juicios.

Cuando un diseño de bloque contiene el mismo número de unidades y todos los pares de tratamientos ocurren juntos en el mismo bloque el mismo número de veces se tiene un diseño de bloque incompleto balanceado, en el que todos los pares de tratamientos son comparados con aproximadamente la misma precisión.

Cada muestra es comparada con las otras muestras con la misma frecuencia. Cada par aparece solo una vez en el mismo bloque. En este enlace balanceado hay k^2 productos en bloques de k unidades con $(k+1)$ juicios.

Se aplica el análisis de varianza calculando la suma de cuadrados para juicios y bloques de la manera usual. Para el cálculo de la suma de cuadrados marcas se hace una modificación ya que debe calcularse el total para cada marca, el total de los bloques que contienen la marca y un ajuste a la media general, para dar la media para cada marca, con el fin de aplicar el procedimiento de Duncan.

4.4 Métodos de clasificación

Estos métodos en los que los jueces se requieren para clasificar los Productos en orden a un atributo determinado solo dan indicación del grado de diferencia que hay entre dos productos. Algunos procedimientos para el análisis de sus resultados son :

4.4.1 Coefficiente de correlación de clasificación de Spearman

Se utiliza cuando n productos son clasificados por dos jueces. Se define como :

$$R = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n^3 - n}$$

donde $\sum d^2$ es la suma de cuadrados de las diferencias en la clasificación, medidas de acuerdo a la clasificación asignada por los dos jueces. El valor de R varía de -1 a $+1$ que indica desde un completo desacuerdo hasta un perfecto acuerdo. Su significancia se determina por medio de la comparación de un t calculado con el valor que aparece en las tablas del test- t de diferencia (tabla B anexa).

El valor de t se calcula como $t=R \left(\frac{n-2}{1-R^2} \right)^{1/2}$ con $n-2$ grados de libertad. Si el valor calculado excede el tabulado, entonces hay alta significancia o concordancia entre los jueces.

4.4.2 Cálculo del número de inversiones de clasificación

Si la clasificación correcta es conocida, puede usarse el número de inversiones de clasificación como criterio para determinar la habilidad de los jueces en la discriminación.

El cálculo de las inversiones se hace comparando el orden asignado con el correcto y contando la magnitud de las diferencias que son más pequeñas con respecto al orden asignado.

Con el fin de establecer la concordancia de las inversiones se utiliza la distribución chi-cuadrado para n-1 grados de libertad, (tabla C anexa).

Si el valor calculado es menor que el tabular se concluye que la varianza de las inversiones es consistente con las de la población.

También puede usarse la distribución normal (tabla A anexa), cuyo valor en probabilidad nos indicará la habilidad para discriminar de los jueces, de acuerdo con los valores conocidos para la media de la población y la media calculada de acuerdo a las inversiones.

4.4.3 Arreglo de un análisis de varianza y cálculo de un coeficiente de concordancia, W

Para evaluar la significancia en la clasificación de n productos por K jueces se establece un arreglo de varianza y se calcula el coeficiente de concordancia para cotinuidad cuando el número de Jueces K, es pequeño. Se usa la distribución F para evaluar la significancia de W.

El valor de W se calcula como :

$$W = \frac{SS_{\text{productos}} - (1/K)}{SS_{\text{total}} + (2/K)}$$

y

$$F = \frac{(K-1) W}{1-W}$$

Con los apropiados grados de libertad :

para el numerador (n-1) - (2/k)

para el denominador (k-1) ((n-1) - (2/k))

Si el valor de F calculado es menor que el tabulado se concluye que no hay significancia y los jueces no muestran notable acuerdo en la clasificación.

4.4.4 Procedimiento de Kramer

Es un método que permite la detección de interacciones entre productos y panelistas.

Se usan las tablas de kramer (tabla I anexa) que presentan dos pares de valores, el primero indica los límites en los que la clasificación total debe estar para indicar diferencias significativas. El segundo par se usa para determinar la significancia entre los productos.

Este método indica más rápidamente que otros métodos que hay diferencias pero no indica el significado de las diferencias.

4.5 Preferencias del consumidor

En una evaluación sensorial la preferencia no solo depende de la característica particular evaluada sino además de varias circunstancias circundantes.

Estudios donde al panelista se le solicita indicar la muestra que el prefiere o el estado, si él la considera aceptable o no, o indicar la intensidad de preferencia para varias muestras frecuentemente incluyen más de un criterio de clasificación, tal como hombres y mujeres evaluando dos productos diferentes, marcando los mismos productos a diferentes tiempos u hombres y mujeres indicando preferencias para varios productos a diferentes tiempos. De acuerdo al número de criterios involucrados se establecerá un método de análisis.

4.5.1 Tabla de contingencia 2 x 2

Cuando dos criterios de clasificación están involucrados, los datos son arreglados en una tabla, con dos filas y dos columnas, conocida como tabla de contingencia 2 x 2.

Una tabla de contingencia se especifica de $j \times k$ donde j corresponde al número de filas y k al número de columnas.

Se utiliza la distribución chi-cuadrado con $(j-1) \times (k-1)$ grados de libertad para investigar si existe una relación entre los criterios de clasificación o si ellos son independientes.

Para una tabla de 2 x 2 donde se involucra solo un grado de libertad se utiliza un valor ajustado de χ^2 que se define así :

$$\text{Ajuste } \chi^2 = \sum \frac{(f_{o} - f_{e})^2}{f_{e}}$$

Por lo tanto deben calcularse los valores de frecuencia esperadas estableciendo relaciones proporcionales al total para cada criterio y calcular luego el valor de χ^2 utilizando además los datos observados.

Utilizando la Tabla C (anexa) se establece la comparación entre los valores de χ^2 , si el valor calculado excede el valor esperado se concluye que los criterios no son independientes.

4.5.2. Aplicación de análisis de varianza a estudios de consumidor.

Cuando varios factores son estudiados en evaluación de consumidor y se usa la escala del placer a la que se asignan valores numéricos, se usa el análisis de varianza para la determinación del significado de las diferencias.

Para cada criterio pareado se establecen las frecuencias de respuesta de clasificación en pares.

Se establece como origen de variación cada uno de los criterios de clasificación y cada una de las interacciones de cada criterio con los demás.

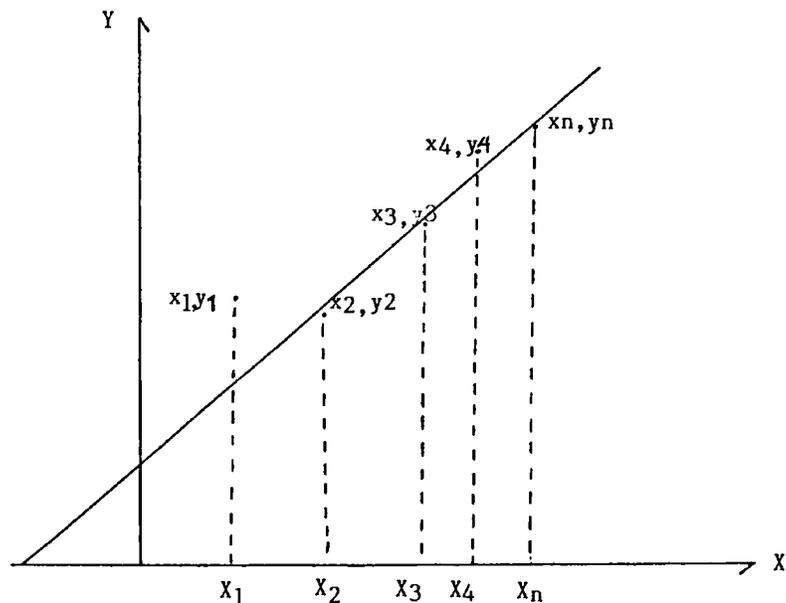
Las relaciones de varianza F se calculan con el error remanente y se establece la significancia utilizando el test F.

4.6 Correlación y regresión

Cuando existe una serie de n mediciones para dos variables X y Y relacionadas es posible correlacionarlas para estudiar la variación que muestran.

4.6.1 Correlación lineal

Si los puntos se distribuyen en un diagrama cartesiano siguiendo una trayectoria lineal, entonces se procede a buscar la línea que mejor se ajuste aplicando el método de los mínimos es decir, una línea tal que la suma de las distancias verticales de la línea con los puntos dados es un mínimo, o sea $\sum (Y - Y') \approx 0$ en el diagrama siguiente :



Siendo Y el valor observado para el X correspondiente y Y' el correspondiente valor en la línea.

Se efectúa el proceso de minimización y se hace la estimación del error estándar con n-2 grados de libertad con el fin de evaluar el ajuste realizado, siendo un valor pequeño el valor deseado.

El coeficiente de correlación r es también una medida de la relación entre los valores de X y Y y varía de -1 a +1. r=0 indica no correlación o independencia, $r = \pm 1$ indica perfecta correlación.

La significancia de cualquier valor de r puede ser determinada calculando un valor de t y comparando con el tabular para n-2 grados de libertad (tabla B anexa).

Si el valor calculado es mayor que el tabular hay alta significancia y por lo tanto correlación.

El coeficiente de determinación r^2 , representa la proporción de la variación total que se puede explicar en términos de regresión de Y en X.

4.6.2. Relaciones no lineales

Si el valor de r indica que no hay relación lineal entre X y Y, entonces se investiga la posibilidad de otra relación.

Por ejemplo representar una parábola ($Y=a+bx+cx^2$), o establecerse una relación entre una variable dependiente y dos independientes ($Y=a+bx_1+cx_2$) o cualquiera otra. Para cada caso se estudia entonces el grado de ajuste o correlación de la curva aproximada.

5. ALGUNAS OBSERVACIONES

La parte de la evaluación sensorial que se refiere al funcionamiento del panel con el control de condiciones, muestras, panelistas y tests adecuados ha sido ampliamente estudiada teórica y en forma experimental con muchas clases de alimentos que incluyen el café.

Los métodos y diseños experimentales presentados son usados en el análisis sensorial y son básicos para muchos tratamientos propios para la evaluación referente al café.

La revisión bibliográfica sobre estos aspectos ha aportado solo lo básico y general, se espera por lo tanto colaboración por parte de otras instituciones que desarrollen análisis sensorial facilitando información sobre sus experiencias y amplias fuentes bibliográficas.

BIBLIOGRAFIA

AMERINE, Maynard A. y Otros. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press, Inc. New York, 1973.

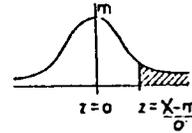
KRAMER, Amihud y Twigg, Bernard. Quality Control for the Food Industry. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 1970.

DESROSIER, Norman W. Elements of Food Technology. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 1977.

A N E X O S
(Tablas estadísticas)

TABLE A

Areas under the Normal Probability Curve
 Area to the right of z (or to the left of $-z$), or the
 probability of a random value of z exceeding
 the marginal value



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
3.6	.0002	.0002	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
3.0	.0000									

TABLE B*
Student's t-Distribution
A denotes the sum of the two tail areas for the values of t

Degrees of freedom	<i>A</i> = .1	<i>A</i> = .05	<i>A</i> = .02	<i>A</i> = .01	<i>A</i> = .001
1	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	1.860	2.306	2.896	3.355	5.011
9	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	1.705	2.056	2.479	2.779	3.707
27	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	1.681	2.021	2.423	2.701	3.551
50	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
100	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	1.645	1.939	2.326	2.575	3.291

* Table B is abridged from Table III of R. A. Fisher and F. Yates: "Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research," 146 pp. Oliver & Boyd Ltd., Edinburgh, by permission of the authors and publishers (1963).

TABLE C-1*

Chi-Square Distribution
A denotes the right tail area for the values of χ^2
 given below. ν is the number of degrees
 of freedom



Degrees of freedom	<i>A</i> = .99	<i>A</i> = .95	<i>A</i> = .90	<i>A</i> = .80	<i>A</i> = .70	<i>A</i> = .50
1	.00016	.00063	.0039	.016	.064	.46
2	.02	.10	.21	.45	.71	1.39
3	.12	.18	.35	.58	1.00	2.37
4	.30	.43	.71	1.06	1.65	3.36
5	.55	.75	1.14	1.61	2.34	4.35
6	.87	1.13	1.64	2.20	3.07	5.35
7	1.24	1.56	2.17	2.83	3.82	6.35
8	1.65	2.03	2.73	3.49	4.59	7.34
9	2.09	2.53	3.32	4.17	5.38	8.34
10	2.56	3.06	3.94	4.86	6.18	9.34
11	3.05	3.61	4.58	5.58	6.99	10.34
12	3.57	4.18	5.23	6.30	7.81	11.34
13	4.11	4.76	5.89	7.04	8.63	12.34
14	4.66	5.37	6.57	7.79	9.47	13.34
15	5.23	5.98	7.26	8.55	10.31	14.34
16	5.81	6.61	7.96	9.31	11.15	15.34
17	6.41	7.26	8.67	10.08	12.00	16.34
18	7.02	7.91	9.39	10.86	12.86	17.34
19	7.63	8.57	10.12	11.65	13.72	18.34
20	8.26	9.24	10.85	12.44	14.58	19.34
21	8.90	9.92	11.59	13.24	15.44	20.34
22	9.54	10.60	12.34	14.04	16.31	21.34
23	10.20	11.29	13.09	14.83	17.19	22.34
24	10.86	11.99	13.85	15.66	18.06	23.34
25	11.52	12.70	14.61	16.47	18.94	24.34
26	12.20	13.41	15.38	17.29	19.82	25.34
27	12.88	14.12	16.15	18.11	20.70	26.34
28	13.56	14.85	16.93	18.94	21.59	27.34
29	14.26	15.57	17.71	19.77	22.48	28.34
30	14.95	16.31	18.49	20.60	23.36	29.34

TABLE C-2*
Chi-Square Distribution
(continued)

Degrees of freedom	$A = .30$	$A = .20$	$A = .10$	$A = .05$	$A = .02$	$A = .01$	$A = .001$
1	1.07	1.64	2.71	3.84	5.01	6.64	10.83
2	2.41	3.22	4.60	5.99	7.52	9.21	13.82
3	3.66	4.64	6.25	7.82	9.84	11.34	16.27
4	4.88	5.99	7.78	9.49	11.67	13.28	18.46
5	6.06	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09	20.52
6	7.23	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81	22.46
7	8.38	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48	24.32
8	9.52	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09	26.12
9	10.66	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67	27.88
10	11.78	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21	29.59
11	12.90	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72	31.26
12	14.01	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22	32.91
13	15.12	16.98	19.81	22.36	25.47	27.69	34.53
14	16.22	18.15	21.06	23.68	26.87	29.14	36.12
15	17.32	19.31	22.31	25.00	28.26	30.58	37.70
16	18.42	20.46	23.54	26.30	29.63	32.00	39.25
17	19.51	21.62	24.77	27.59	31.00	33.41	40.79
18	20.60	22.76	25.99	28.57	32.35	34.80	42.31
19	21.69	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19	43.82
20	22.78	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57	45.32
21	23.86	26.17	29.62	32.67	36.34	38.93	46.80
22	24.94	27.30	30.81	33.92	37.66	40.29	48.27
23	26.02	28.43	32.01	35.17	38.97	41.64	49.73
24	27.10	29.55	33.20	36.42	40.27	42.98	51.18
25	28.17	30.68	34.38	37.65	41.57	44.31	52.62
26	29.25	31.80	35.56	38.88	42.86	45.61	54.05
27	30.32	32.91	36.74	40.11	44.14	46.90	55.48
28	31.39	34.03	37.92	41.34	45.42	48.28	56.89
29	32.46	35.14	39.09	42.56	46.69	49.59	58.30
30	33.53	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89	59.70

* Tables C-1 and C-2 are abridged from Table IV of R. A. Fisher and F. Yates: "Statistical Tables for Biological, Agricultural, Medical Research," 116 pp. Oliver & Boyd Ltd., Edinburgh, by permission of the authors and publishers (1963).

For larger values of d.f., the expression $\sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2(d.f.)} - 1$ may be used as a normal deviate with unit standard error.

TABLE D*
Significance in Paired Tests ($p = 1/2$)

Number of judges or judgments	Minimum correct judgments to establish significant differentiation (one-tailed test)		Minimum agreeing judgments necessary to establish significant preference † (two-tailed test)			
	Probability level*					
	.05	.01	.001-	.05	.01	.001
7	7	7	—	7	—	—
8	7	8	—	8	8	—
9	8	9	—	8	9	—
10	9	10	10	9	10	—
11	9	10	11	10	11	11
12	10	11	12	10	11	12
13	10	12	13	11	12	13
14	11	12	13	12	13	14
15	12	13	14	12	13	14
16	12	14	15	13	14	15
17	13	14	16	13	15	16
18	13	15	16	14	15	17
19	14	15	17	15	16	17
20	15	16	18	15	17	18
21	15	17	18	16	17	19
22	16	17	19	17	18	19
23	16	18	20	17	19	20
24	17	19	20	18	19	21
25	18	19	21	18	20	21
30	20	22	24	21	23	25
35	23	25	27	24	26	28
40	26	28	31	27	29	31
45	29	31	34	30	32	34
50	32	34	37	33	35	37
60	37	40	43	39	41	44
70	43	46	49	44	47	50
80	48	51	55	50	52	56
90	54	57	61	55	58	61
100	59	63	66	61	64	67

* Table D is adapted from a table by E. B. Roessler, G. A. Baker, and M. A. Amerinc, *Food Research* 21, 117-121 (1956).

† $p = .05$ indicates that the odds are only 1 in 20 that this result is due to chance; $p = .01$ indicates a chance of only 1 in 100; and $p = .001$, 1 in 1000.

TABLE E*
Significance in Triangular Tests ($p = \frac{1}{3}$)

No. of judges or judgments	Minimum correct judgments to establish significant differentiation			No. of tasters or tastings	Minimum correct judgments to establish significant differentiation		
	$p = .05$	$p = .01$	$p = .001$		$p = .05$	$p = .01$	$p = .001$
5	4	5	5	46	22	24	26
6	5	6	6	47	22	24	27
7	5	6	7	48	22	25	27
8	6	7	8	49	23	25	28
9	6	7	8	50	23	25	28
10	7	8	9	51	24	26	28
11	7	8	10	52	24	26	29
12	8	9	10	53	24	27	29
13	8	9	11	54	25	27	30
14	9	10	11	55	25	27	30
15	9	10	12	56	25	28	31
16	9	11	12	57	26	28	31
17	10	11	13	58	26	29	31
18	10	12	13	59	27	29	32
19	11	12	14	60	27	30	32
20	11	13	14	61	27	30	33
21	12	13	15	62	28	30	33
22	12	14	15	63	28	31	34
23	12	14	16	64	29	31	34
24	13	14	16	65	29	32	34
25	13	15	17	66	29	32	35
26	14	15	17	67	30	32	35
27	14	16	18	68	30	33	36
28	14	16	18	69	30	33	36
29	15	17	19	70	31	34	37
30	15	17	19	71	31	34	37
31	16	17	20	72	32	34	37
32	16	18	20	73	32	35	38
33	16	18	21	74	32	35	38
34	17	19	21	75	33	36	39
35	17	19	21	76	33	36	39
36	18	20	22	77	33	36	39
37	18	20	22	78	34	37	40
38	18	20	23	79	34	37	40
39	19	21	23	80	35	38	41
40	19	21	24	81	35	38	41
41	20	22	24	82	35	38	42
42	20	22	25	83	36	39	42
43	20	23	25	84	36	39	42
44	21	23	25	85	36	39	43
45	21	23	26	86	37	40	43

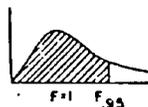
TABLE E (continued)

No. of judges or judgments	Minimum correct judgments to establish significant differentiation			No. of tasters or tastings	Minimum correct judgments to establish significant differentiation		
	$p = .05$	$p = .01$	$p = .001$		$p = .05$	$p = .01$	$p = .001$
87	37	40	44	98	41	45	48
88	38	41	44	99	42	45	49
89	38	41	44	100	42	45	49
90	38	41	45	200	79	83	88
91	39	42	45	300	114	120	126
92	39	42	46	400	150	156	164
93	40	43	46	500	185	192	200
94	40	43	46	1,000	359	369	381
95	40	43	47	2,000	702	717	733
96	41	44	47				
97	41	44	48				

* Table E is reproduced from a table by E. B. Roessler, J. Warren, and J. F. Guymon. *Food Research* 13, 503-505 (1948).

TABLE F-1
F-Distribution ($F_{.95}$)

(The numbers given in this table are the values of F for which the area to the left equals 0.95 for tables F-1 and F-2, and 0.99 for tables F-3 and F-4 for the indicated numerator and denominator degrees of freedom)



Deg. of freedom for denom.	Degrees of freedom for numerator									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83

TABLE F-2
F-Distribution (F_α)
 (continued)

Deg. of freedom for denom.	Degrees for freedom for numerator								
	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
6	4.00	3.91	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
27	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
28	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
29	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
30	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

TABLE F-3
F-Distribution (F_{α})

Deg. of freedom for denom.	Degrees of freedom for numerator									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4,052	5,000	5,403	5,625	5,764	5,839	5,928	5,982	6,023	6,056
2	98.5	99.0	99.2	99.2	99.3	99.3	99.4	99.4	99.4	99.4
3	34.1	30.8	29.5	28.7	28.2	27.9	27.7	27.5	27.3	27.2
4	21.2	18.0	16.7	16.0	15.5	15.2	15.0	14.8	14.7	14.5
5	16.3	13.3	12.1	11.4	11.0	10.7	10.5	10.3	10.2	10.1
6	13.7	10.9	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87
7	12.2	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62
8	11.3	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81
9	10.6	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26
10	10.0	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.70	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69
17	8.40	6.11	5.19	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51
19	8.19	5.93	5.01	4.50	4.17	3.93	3.77	3.63	3.52	3.43
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63
100	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32

TABLE F-4*
F-Distribution (F_{α})
(continued)

Deg. of freedom for denom.	Degrees of freedom for numerator									
	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	
1	6,106	6,157	6,209	6,235	6,261	6,287	6,313	6,339	6,366	
2	99.4	99.4	99.4	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	
3	27.1	26.9	26.7	26.6	26.5	26.4	26.3	26.2	26.1	
4	14.4	14.2	14.0	13.9	13.8	13.7	13.7	13.6	13.5	
5	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02	
6	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88	
7	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65	
8	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86	
9	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31	
10	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91	
11	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60	
12	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36	
13	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17	
14	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00	
15	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87	
16	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75	
17	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65	
18	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57	
19	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49	
20	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42	
21	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36	
22	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31	
23	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26	
24	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21	
25	2.99	2.85	2.70	2.62	2.53	2.45	2.36	2.27	2.17	
30	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01	
40	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80	
60	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60	
120	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38	
∞	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00	

* Tables F-1 to F-4 are reproduced with the permission of Professor E. S. Pearson from M. Merrington, C. M. Thompson, Tables of percentage points of the inverted beta (F) distribution. *Biometrika* 33, 73-99 (1943).

TABLE C-1
Significant Studentized Ranges, Multiple Range Test (5% level)

Degrees of freedom	p											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	50	100
1	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
2	6.08	6.08	6.08	6.08	6.08	6.08	6.08	6.08	6.08	6.08	6.08	6.08
3	4.50	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52
4	3.93	4.01	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
5	3.64	3.75	3.80	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81
6	3.46	3.59	3.65	3.68	3.69	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70
7	3.34	3.48	3.55	3.59	3.61	3.62	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63
8	3.26	3.40	3.48	3.52	3.55	3.57	3.58	3.58	3.58	3.58	3.58	3.58
9	3.20	3.34	3.42	3.47	3.50	3.52	3.54	3.54	3.55	3.55	3.55	3.55
10	3.15	3.29	3.38	3.43	3.46	3.49	3.50	3.52	3.52	3.53	3.53	3.53
11	3.11	3.25	3.34	3.40	3.44	3.46	3.48	3.49	3.50	3.51	3.51	3.51
12	3.08	3.22	3.31	3.37	3.41	3.44	3.46	3.47	3.48	3.50	3.50	3.50
13	3.05	3.20	3.29	3.35	3.39	3.42	3.44	3.46	3.47	3.49	3.49	3.49
14	3.03	3.18	3.27	3.33	3.37	3.40	3.43	3.44	3.46	3.48	3.48	3.48
15	3.01	3.16	3.25	3.31	3.35	3.39	3.41	3.43	3.45	3.48	3.48	3.48
16	3.00	3.14	3.24	3.30	3.34	3.38	3.40	3.42	3.44	3.48	3.48	3.48
17	2.98	3.13	3.22	3.28	3.33	3.37	3.39	3.41	3.43	3.48	3.48	3.48
18	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.36	3.38	3.40	3.42	3.47	3.47	3.47
19	2.96	3.11	3.20	3.26	3.31	3.35	3.38	3.40	3.42	3.47	3.47	3.47
20	2.95	3.10	3.19	3.26	3.30	3.34	3.37	3.39	3.41	3.47	3.47	3.47
30	2.89	3.04	3.13	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.47	3.47	3.47
40	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.47	3.47	3.47
60	2.83	2.98	3.07	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.47	3.47	3.47
120	2.80	2.95	3.04	3.12	3.17	3.22	3.25	3.29	3.31	3.47	3.47	3.47
∞	2.77	2.92	3.02	3.09	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.47	3.47	3.47

TABLE G-2*
Significant Studentized Ranges, Multiple Range Test (1% level)

Degrees of freedom	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	50	100
1	90.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
2	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
3	8.26	8.32	8.32	8.32	8.32	8.32	8.32	8.32	8.32	8.32	8.32	8.32
4	6.51	6.08	6.74	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76
5	5.70	5.89	6.00	6.04	6.06	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07
6	5.25	5.44	5.55	5.61	5.66	5.68	5.69	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
7	4.95	5.14	5.26	5.33	5.38	5.42	5.44	5.45	5.46	5.47	5.47	5.47
8	4.75	4.94	5.06	5.11	5.19	5.23	5.26	5.28	5.29	5.32	5.32	5.32
9	4.60	4.79	4.91	4.99	5.04	5.09	5.12	5.14	5.16	5.21	5.21	5.21
10	4.48	4.67	4.79	4.87	4.93	4.98	5.01	5.04	5.06	5.12	5.12	5.12
11	4.39	4.58	4.70	4.78	4.84	4.89	4.92	4.95	4.98	5.06	5.06	5.06
12	4.32	4.50	4.62	4.71	4.77	4.82	4.85	4.88	4.91	5.01	5.01	5.01
13	4.26	4.44	4.56	4.64	4.71	4.76	4.79	4.82	4.85	4.96	4.97	4.97
14	4.21	4.39	4.51	4.59	4.65	4.70	4.74	4.78	4.80	4.92	4.94	4.94
15	4.17	4.35	4.46	4.55	4.61	4.66	4.70	4.73	4.76	4.89	4.91	4.91
16	4.13	4.31	4.42	4.51	4.57	4.62	4.66	4.70	4.72	4.86	4.89	4.89
17	4.10	4.28	4.39	4.48	4.54	4.59	4.63	4.66	4.69	4.83	4.87	4.87
18	4.07	4.25	4.36	4.44	4.51	4.56	4.60	4.64	4.66	4.81	4.86	4.86
19	4.05	4.22	4.34	4.42	4.48	4.53	4.58	4.61	4.64	4.79	4.84	4.84
20	4.02	4.20	4.31	4.40	4.46	4.51	4.55	4.59	4.62	4.77	4.83	4.83
30	3.89	4.06	4.17	4.25	4.31	4.37	4.41	4.44	4.48	4.65	4.77	4.78
40	3.82	3.99	4.10	4.18	4.24	4.30	4.34	4.38	4.41	4.59	4.74	4.76
60	3.76	3.92	4.03	4.11	4.17	4.23	4.27	4.31	4.34	4.53	4.71	4.76
120	3.70	3.86	3.96	4.04	4.11	4.16	4.20	4.24	4.27	4.47	4.67	4.77
∞	3.64	3.80	3.90	3.98	4.04	4.09	4.14	4.17	4.20	4.41	4.64	4.78

* Tables G-1 and G-2 are abridged from those compiled by D. B. Duncan, *Biometrics* 11, 1-42 (1955) and modified and corrected by H. L. Harter, *Biometrics* 16, 671-687 (1960) and *Biometrics* 17, 321-324 (1961) and are used by permission of the authors and editors.

TABLE H-1*
Multipliers for Estimating Significance of Difference by Range
 (One-way classification)

Number in group = number per range = number of scores per product	Number of groups = number of ranges = number of products									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	3.43 ^b	2.35	1.74	1.39	1.15	.99	.87	.77	.70	
	7.92 ^a	4.32	2.84	2.10	1.66	1.38	1.17	1.02	.91	
3	1.99	1.44	1.14	.94	.80	.70	.62	.56	.51	
	3.14	2.12	1.57	1.25	1.04	.89	.78	.69	.62	
4	1.62	1.25	1.01	.84	.72	.63	.57	.51	.47	
	2.48	1.74	1.33	1.08	.91	.78	.69	.62	.56	
5	1.53	1.19	.96	.81	.70	.61	.55	.50	.45	
	2.24	1.60	1.24	1.02	.86	.75	.66	.59	.54	
6	1.50	1.17	.95	.80	.69	.61	.55	.49	.45	
	2.14	1.55	1.21	.99	.85	.74	.65	.59	.53	
7	1.49	1.17	.95	.80	.69	.61	.55	.50	.45	
	2.10	1.53	1.20	.99	.84	.73	.65	.59	.53	
8	1.49	1.18	.96	.81	.70	.62	.55	.50	.46	
	2.09	1.53	1.20	.99	.85	.74	.66	.59	.54	
9	1.50	1.19	.97	.82	.71	.62	.56	.51	.47	
	2.09	1.54	1.21	1.00	.85	.75	.66	.60	.54	
10	1.52	1.20	.98	.83	.72	.63	.57	.52	.47	
	2.10	1.55	1.22	1.01	.86	.76	.67	.61	.55	
11	1.54	1.22	.99	.84	.73	.64	.58	.52	.48	
	2.11	1.56	1.23	1.02	.87	.76	.68	.61	.56	
12	1.56	1.23	1.01	.85	.74	.65	.58	.53	.49	
	2.13	1.58	1.25	1.04	.89	.78	.69	.62	.57	
13	1.58	1.25	1.02	.86	.75	.66	.59	.54	.49	
	2.15	1.60	1.26	1.05	.90	.79	.70	.63	.58	
14	1.60	1.26	1.03	.87	.76	.67	.60	.55	.50	
	2.18	1.62	1.28	1.06	.91	.80	.71	.64	.58	
15	1.62	1.28	1.05	.89	.77	.68	.61	.55	.51	
	2.20	1.63	1.30	1.08	.92	.81	.72	.65	.59	
16	1.64	1.30	1.06	.90	.78	.69	.62	.56	.52	
	2.22	1.65	1.31	1.09	.93	.82	.73	.66	.60	

* Table H-1 is adapted from unpublished tables by T. E. Kurtz, R. F. Link, J. W. Tukey, and D. L. Wallace, reproduced by permission of J. W. Tukey and D. L. Wallace.

^b The upper and lower entries are for the 5 and 1% error rates, respectively, and are to be multiplied by the sum of ranges within groups to obtain the difference between group totals required for significance.

TABLE H-2*
Multipliers for Estimating Significance of Difference by Range*
(Two-way classification—5% error rate)

Number per range = number of rows	Number of ranges = number of columns									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	6.35	2.19	1.52	1.16	.94	.79	.69	.60	.54	
	6.35	1.96	1.39	1.12	.95	.84	.76	.70	.65	
3	1.96	1.14	.88	.72	.61	.53	.47	.42	.38	
	2.19	1.14	.90	.76	.67	.61	.56	.52	.49	
4	1.43	.96	.76	.63	.54	.47	.42	.38	.34	
	1.54	.93	.76	.65	.58	.53	.49	.45	.43	
5	1.27	.89	.71	.60	.51	.45	.40	.36	.33	
	1.28	.84	.69	.60	.53	.49	.45	.42	.40	
6	1.19	.87	.70	.58	.50	.44	.39	.36	.33	
	1.14	.78	.64	.56	.50	.46	.43	.40	.38	
7	1.16	.86	.69	.58	.50	.44	.40	.36	.33	
	1.06	.74	.62	.54	.48	.44	.41	.38	.36	
8	1.15	.86	.69	.58	.50	.44	.40	.36	.33	
	1.01	.71	.59	.52	.47	.43	.40	.37	.35	
9	1.15	.86	.70	.59	.51	.45	.40	.36	.33	
	.97	.69	.55	.51	.46	.42	.39	.36	.34	
10	1.15	.87	.71	.60	.51	.45	.41	.37	.34	
	.93	.67	.56	.50	.45	.41	.38	.36	.34	
11	1.16	.88	.71	.60	.52	.46	.41	.37	.34	
	.91	.66	.55	.49	.44	.40	.38	.35	.33	
12	1.16	.89	.72	.61	.53	.47	.42	.38	.35	
	.89	.65	.55	.48	.43	.40	.37	.35	.33	
13	1.17	.90	.73	.62	.54	.47	.42	.38	.35	
	.87	.64	.54	.47	.43	.39	.37	.34	.32	
14	1.19	.91	.74	.63	.54	.48	.43	.39	.36	
	.85	.63	.53	.47	.42	.39	.36	.34	.32	
15	1.20	.92	.75	.63	.55	.49	.44	.40	.36	
	.84	.62	.53	.46	.42	.39	.36	.34	.32	
16	1.21	.93	.76	.64	.56	.49	.44	.40	.37	
	.83	.61	.52	.46	.42	.38	.36	.33	.32	

* Table H-2 is adapted from unpublished tables by T. E. Kurtz, R. F. Link, J. W. Tukey, and D. L. Wallace, reproduced by permission of J. W. Tukey and D. L. Wallace.

* Entries are to be multiplied by the sum of ranges of differences between adjacent observations to obtain difference required for significance for column totals (use upper entry) and row totals (use lower entry). Differences are to be taken horizontally, their ranges vertically.

TABLE I-1
Rank Totals Required for Significance at the 5% Level ($p < .05$)*

No. of reps.	No. of treatments, or samples ranked											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2	—	—	—	3-9	3-11	3-13	4-14	4-10	4-18	5-10	5-21	
3	—	—	—	4-14	4-17	4-20	4-23	5-25	5-28	5-31	5-34	
	—	4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-29	9-27	10-20	
4	—	5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36	8-39	9-43	
	—	5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31	14-34	15-37	
5	—	6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43	12-48	13-52	
	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38	18-42	20-45	
6	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51	17-55	18-60	
	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45	23-49	25-53	
7	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58	21-63	22-69	
	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51	28-56	30-61	
8	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-58	24-64	26-71	27-77	
	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57	33-63	36-68	
9	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	28-71	30-78	32-85	
	11-16	14-22	17-29	20-34	23-44	26-46	29-52	32-58	35-64	38-70	41-76	
10	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78	35-85	37-93	
	12-18	16-24	19-31	23-37	26-44	30-50	34-56	37-63	40-70	44-76	47-83	

11	13-30	16-28	19-36	22-44	25-62	28-60	31-68	34-76	36-85	39-93	42-101
	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76	49-83	53-90
12	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91	44-100	47-109
	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-75	50-82	54-90	58-98
13	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-88	45-98	49-107	52-117
	17-22	21-31	26-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89	59-97	64-105
14	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	42-84	46-94	50-104	54-114	57-125
	18-24	23-35	28-42	33-51	38-60	43-68	49-77	54-86	59-95	65-103	70-112
15	19-26	23-37	28-47	32-58	37-68	41-79	46-89	50-100	54-111	58-122	63-132
	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	59-91	64-101	70-110	75-120
16	20-28	25-39	30-49	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-117	63-129	68-140
	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	62-98	69-107	75-117	81-127
17	22-29	27-41	32-53	38-64	43-76	48-88	53-100	58-112	63-124	68-136	73-148
	22-29	28-40	35-50	41-61	48-71	54-82	61-92	67-103	74-113	81-123	87-134
18	23-31	29-43	34-56	40-68	46-80	52-92	57-105	61-118	68-130	73-143	79-155
	24-30	30-42	37-53	44-64	51-75	58-86	65-97	72-108	79-119	86-130	93-141
19	24-33	30-46	37-58	43-71	49-84	55-97	61-110	67-123	73-136	78-150	84-163
	25-32	32-44	39-56	47-67	54-79	62-90	69-102	76-114	84-125	91-137	99-148
20	26-34	32-48	39-61	45-75	52-88	59-102	65-115	71-129	77-143	83-157	90-170
	26-34	34-46	42-58	50-70	57-83	65-95	73-107	81-119	89-131	97-143	105-155

* The four-figure blocks represent: Lowest insignificant rank sum, any treatment-highest insignificant rank sum, any treatment; lowest insignificant rank sum, predetermined treatment-highest insignificant rank sum, predetermined treatment.

11	12-21	15-20	17-38	20-46	22-55	25-63	27-72	30-80	32-89	34-98	37-106
	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	29-59	32-67	35-75	39-82	42-90	45-98
12	14-22	17-31	19-41	22-50	25-59	28-68	31-77	33-87	36-96	39-105	42-114
	14-22	18-30	21-39	23-47	28-56	32-64	36-72	39-81	42-89	47-97	50-106
13	15-24	18-34	21-44	25-53	28-63	31-73	34-83	37-93	40-103	42-113	46-123
	15-24	19-33	23-42	27-51	31-60	35-69	39-78	44-86	48-95	52-104	56-113
14	16-26	20-36	24-46	27-57	31-67	34-78	38-88	41-98	45-109	48-120	51-131
	17-25	21-35	25-45	30-54	34-64	39-73	43-83	48-92	52-102	57-121	61-121
15	18-27	22-38	26-49	30-60	34-71	37-83	41-94	45-105	49-116	53-127	56-139
	18-27	23-37	28-47	32-58	37-68	42-78	47-88	52-98	57-108	62-118	67-128
16	19-29	23-41	28-52	32-64	36-76	41-87	45-99	49-111	53-123	57-135	62-146
	19-29	25-39	30-50	35-61	40-72	46-82	51-93	56-104	61-115	67-125	72-138
17	20-31	25-43	30-55	35-67	39-80	44-92	49-104	53-117	58-129	62-142	67-154
	21-30	26-42	32-53	38-64	43-76	49-87	55-98	60-110	66-121	72-132	78-143
18	22-32	27-45	32-58	37-71	42-84	47-97	52-110	57-123	62-136	67-149	72-162
	22-32	28-41	34-56	40-68	46-80	52-92	57-105	62-118	68-130	73-143	79-155
19	23-34	29-47	34-61	40-74	47-88	50-102	56-115	61-129	67-142	72-156	77-170
	24-33	30-46	36-59	43-71	49-84	56-96	62-109	69-121	76-133	82-146	89-158
20	24-36	30-50	36-64	42-78	48-92	54-106	60-120	65-135	71-149	77-163	82-178
	25-35	32-48	38-62	45-75	52-88	59-101	66-114	73-127	80-140	87-153	94-166

* Tables I-1 and I-2 are reproduced from a table compiled by A. Kramer and published in revised form in *Food Technol.* 17 (12), 124-125 (1953) and are used by permission of the author.

† The four figure blocks represent: Lowest insignificant rank sum, any treatment-highest insignificant rank sum, any treatment; lowest insignificant rank sum, predetermined treatment-highest insignificant rank sum, predetermined treatment.