





EDITORIAL UNIVERSIDAD DE CALDAS

Evaluación de la lixiviación de la bebida del café utilizando diferentes métodos de preparación

Félix Octavio Díaz Arango
Luis Fernando Mejía Gutiérrez
Ángela María Ormaza Zapata



EDITORIAL UNIVERSIDAD DE CALDAS

Díaz Arango, Félix Octavio

Evaluación de la lixiviación de la bebida del café utilizando diferentes métodos de preparación/ Félix Octavio Díaz Arango, Luis Fernando Mejía Gutiérrez, Ángela María Ormaza Zapata. Manizales: Universidad de Caldas, Facultad de Ingenierías, 2023.

272 p.: il. (Libros de Investigación)

ISBN: 978-958-759-418-8

Café/Bebida/Factores químicos/ Métodos de preparación/ Análisis sensorial/ Barismo/ Bebidas del café/ Café – Calidad/ Lixiviación/ Tit./ **CCD 641.637 3/D277**

Reservados todos los derechos

© Universidad de Caldas

© Félix Octavio Díaz Arango

ORCID: 0000-0002-1202-2376

© Luis Fernando Mejía Gutiérrez

ORCID: 0000-0002-2485-2377

© Ángela María Ormaza Zapata

ORCID: 0000-0002-4061-933X

Primera edición: 2023

Libros de investigación

ISBN: 978-958-759-418-8

ISBN Pdf: 978-958-759-419-5

Editorial Universidad de Caldas

Calle 65 N.º 26-10

Manizales, Caldas –Colombia

<https://editorial.ucaldas.edu.co/>

Editor: Jorge Ivan Escobar Castro

Coordinadora editorial: Yolanda González Gil

Diseño de colección: Luis Osorio Tejada

Corrección de estilo: Camilo Giraldo Giraldo

Diagramación de páginas: Marcela Ocampo Gallego

Diseño de cubierta: Edward Leandro Muñoz Ospina

Impreso y hecho en Colombia

Printed and made in Colombia

Todos los derechos reservados. Este libro se publica con fines académicos. Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta publicación, así como su circulación y registro en sistemas de recuperación de información, en medios existentes o por existir, sin autorización escrita de la Universidad de Caldas.

Universidad de Caldas | Vigilada Mineducación. Creada mediante Ordenanza Nro. 006 del 24 de mayo de 1943 y elevada a la categoría de universidad del orden nacional mediante Ley 34 de 1967. Acreditación institucional de alta calidad, 8 años: Resolución N.º 17202 del 24 de octubre de 2018, Mineducación.

Contenido

Introducción	19
Referencias	24
Capítulo 1. Bebida del Café	25
1.1 Bebida a base de café	25
1.2 El equilibrio en la bebida del café	26
1.3 Factores químicos que afectan la bebida del café	27
1.4 Compuestos químicos que aportan al sabor de una taza de café.	29
1.5 Metodología para la preparación de una taza de café	30
1.6 Calidad del café	32
1.7 Barismo	34
Referencias	36
Capítulo 2. Lixiviación	39
2.1 Principio del proceso de lixiviación	39
2.2 Tipos de procesos de lixiviación	40
2.3 Equipos utilizados en procesos de lixiviación.	41
2.4 Desarrollo matemático del proceso de lixiviación	48
2.5 Aplicaciones de la lixiviación en la industria alimentaria	51
2.6 Lixiviación y café	53
Referencias	58
Capítulo 3. Métodos de preparación del café	61
3.1 Preparación de bebidas	61
3.2 Métodos para la preparación de bebidas calientes de café.	62
3.3 Métodos de preparación de bebidas frías a base de café.	77
Referencias	84

Capítulo 4. Transferencia de masa por lixiviación en la preparación de bebidas de café	89
4.1 Selección de la mejor relación agua/café para cada método de preparación evaluado en correspondencia con el perfil de taza	90
Referencias	144
4.2 Selección del grado de molienda adecuado para cada método de preparación en relación con el perfil de taza y la estimación del coeficiente de transferencia de masa	147
Referencias	202
4.3 Cálculo de los parámetros del proceso de lixiviación y el porcentaje de extracción para cada método de preparación de café estudiado.	204
Referencias	235
Capítulo 5. Relación entre la calidad de la taza y el proceso de preparación de la bebida de café	237
5.1 Análisis sensorial en bebidas de café	237
5.2 ¿Por qué se debe catar el café?	239
5.3 Atributos evaluados en el análisis sensorial del café	240
5.4 Requisitos que debe cumplir un catador de café	242
5.5 El perfil de taza del café de alta calidad	244
5.6 Análisis sensorial y desarrollo de perfiles de sabor en la agrocadena del café .	246
5.7 Efecto del método de preparación en el análisis sensorial de la bebida de café	247
Referencias	252
ANEXO 1.	255
1.1 Términos generales para describir los atributos sensoriales del café	255
1.2 Términos que indican defectos y/o características o condiciones indeseables.	257
1.3 Términos que indican condiciones particulares del café	264
ANEXO 2.	267

Lista de figuras

Figura 1. Figura radial y calificación para el perfil de taza del café.	33
Figura 2. Batería de tres extractores (Senol y Aydin, 2006).	43
Figura 3. Difusor de remolacha (Treybal, 2007)	44
Figura 4. Tanques de lixiviación por lotes con agitación (Treybal, 2007).	45
Figura 5. Arreglo esquemático del Rotocel (Treybal, 2007)	47
Figura 6. Extractor de Bollman (Treybal, 2007).	48
Figura 7. Constitución del diagrama ternario (Novelo-Torres y Gracia-Fadrique, 2010).	50
Figura 8. Diagramas típicos de equilibrio en procesos de lixiviación (Treybal, 2007).	51
Figura 9. Descripción general de los principales métodos de extracción de café (Cordoba et al., 2020).	56
Figura 10. Método Chemex.	63
Figura 11. Método Espresso	65
Figura 12. Método RS-16.	66
Figura 13. Cafetera Moka	68
Figura 14. Cafetera Aeropress	69
Figura 15. Cafetera V60	71
Figura 16. Cafetera prensa francesa	73
Figura 17. Cafetera sifón	75
Figura 18. Cafetera Clever	77
Figura 19. Cafetera Mizudashi	78
Figura 20. Cafetera Torre fría	80
Figura 21. Cafetera Toddy	81
Figura 22. Cafetera Fretta	83
Figura 23. Perfil sensorial del método Chemex y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (110 mL de agua).	91
Figura 25. Perfil sensorial del método Chemex y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	93
Figura 26. Perfil sensorial del método Chemex y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	94
Figura 27. Perfil sensorial del método Chemex y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (190 mL de agua).	95
Figura 28. Perfil sensorial del método Espresso y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (130 mL de agua).	96

Figura 29. Perfil sensorial del método Espresso y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (140 mL de agua).	97
Figura 30. Perfil sensorial del método Espresso y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	97
Figura 31. Perfil sensorial del método Espresso y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (160 mL de agua).	98
Figura 32. Perfil sensorial del método Espresso y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	99
Figura 33. Perfil sensorial del método RS-16 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (130 mL de agua).	100
Figura 34. Perfil sensorial del método RS-16 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (140 mL de agua).	100
Figura 35. Perfil sensorial del método RS-16 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	101
Figura 36. Perfil sensorial del método RS-16 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (160 mL de agua).	102
Figura 37. Perfil sensorial del método RS-16 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	103
Figura 39. Perfil sensorial del método Moka y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (140 mL de agua).	104
Figura 40. Perfil sensorial del método Moka y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	105
Figura 41. Perfil sensorial del método Moka y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (160 mL de agua).	106
Figura 42. Perfil sensorial del método Moka y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	107
Figura 43. Perfil sensorial del método Aeropress y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (130 mL de agua).	108
Figura 44. Perfil sensorial del método Aeropress y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (140 mL de agua).	109
Figura 45. Perfil sensorial del método Aeropress y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	109
Figura 46. Perfil sensorial del método Aeropress y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (160 mL de agua).	110
Figura 47. Perfil sensorial del método Aeropress y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	111
Figura 48. Perfil sensorial del método V60 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (55 mL de agua).	112
Figura 49. Perfil sensorial del método V60 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (65 mL de agua).	113

Figura 50. Perfil sensorial del método V60 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (75 mL de agua).	113
Figura 51. Perfil sensorial del método V60 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (85 mL de agua).	114
Figura 52. Perfil sensorial del método V60 y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (95 mL de agua).	115
Figura 53. Perfil sensorial del método Prensa francesa y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (110 mL de agua).	116
Figura 54. Perfil sensorial del método Prensa francesa y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (130 mL de agua).	117
Figura 55. Perfil sensorial del método Prensa francesa y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	117
Figura 56. Perfil sensorial del método Prensa francesa y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	118
Figura 57. Perfil sensorial del método Prensa francesa y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (190 mL de agua).	119
Figura 58. Perfil sensorial del método Sifón japonés y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (90 mL de agua).	120
Figura 59. Perfil sensorial del método Sifón japonés y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (120 mL de agua).	121
Figura 60. Perfil sensorial del método Sifón japonés y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	121
Figura 61. Perfil sensorial del método Sifón japonés y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	122
Figura 62. Perfil sensorial del método Sifón japonés y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (190 mL de agua).	123
Figura 63. Perfil sensorial del método Clever y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (130 mL de agua).	124
Figura 64. Perfil sensorial del método Clever y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (140 mL de agua).	124
Figura 65. Perfil sensorial del método Clever y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	125
Figura 66. Perfil sensorial del método Clever y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (160 mL de agua).	126
Figura 67. Perfil sensorial del método Clever y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	126
Figura 68. Perfil sensorial del método Mizudashi y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (800 mL de agua).	127
Figura 69. Perfil sensorial del método Mizudashi y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (900 mL de agua).	128

Figura 70. Perfil sensorial del método Mizudashi y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (1000 mL).	129
Figura 71. Perfil sensorial del método Mizudashi y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (1100 mL de agua).	130
Figura 72. Perfil sensorial del método Torre fría y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (55 mL de agua).	131
Figura 73. Perfil sensorial del método Torre fría y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (65 mL de agua).	132
Figura 74. Perfil sensorial del método Torre fría y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (75 mL de agua).	132
Figura 75. Perfil sensorial del método Torre fría y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (85 mL de agua).	133
Figura 76. Perfil sensorial del método Torre fría y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (95 mL de agua).	134
Figura 77. Perfil sensorial del método Toddy y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (300 mL de agua).	135
Figura 78. Perfil sensorial del método Toddy y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (400 mL de agua).	136
Figura 79. Perfil sensorial del método Toddy y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (450 mL de agua).	136
Figura 80. Perfil sensorial del método Toddy y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (500 mL de agua).	137
Figura 81. Perfil sensorial del método Toddy y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (550 mL de agua).	138
Figura 82. Perfil sensorial del método Fretta y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (110 mL de agua).	139
Figura 83. Perfil sensorial del método Fretta y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (130 mL de agua).	140
Figura 84. Perfil sensorial del método Fretta y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (150 mL de agua).	140
Figura 85. Perfil sensorial del método Fretta y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (170 mL de agua).	141
Figura 86. Perfil sensorial del método Fretta y del patrón o estándar de un café excelso U.G.Q. (190 mL de agua).	142
Figura 87. Calificación del amargo a tres tipos de molienda en diferentes métodos de preparación	149
Figura 88. Valor de pH para cada grado de molienda a diferentes métodos de preparación	152
Figura 89. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Chemex.	154
Figura 90. Perfil sensorial de la molienda media por el método Chemex	155

Figura 91. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Chemex	155
Figura 92. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Espresso	158
Figura 93. Perfil sensorial de la molienda media por el método Espresso	159
Figura 94. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Espresso	160
Figura 95. Perfil sensorial de la molienda fina por el método RS-16	162
Figura 96. Perfil sensorial de la molienda media por el método RS-16	163
Figura 97. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método RS-16	164
Figura 98. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Moka	166
Figura 99. Perfil sensorial de la molienda media por el método Moka.	166
Figura 100. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Moka.	167
Figura 101. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Aeropress.	170
Figura 102. Perfil sensorial de la molienda media por el método Aeropress	171
Figura 103. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Aeropress	171
Figura 104. Perfil sensorial de la molienda fina por el método V60	173
Figura 105. Perfil sensorial de la molienda media por el método V60.	174
Figura 106. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método V60	175
Figura 107. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Prensa Francesa	177
Figura 108. Perfil sensorial de la molienda media por el método Prensa Francesa	177
Figura 109. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Prensa Francesa.	178
Figura 110. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Sifón Japonés	181
Figura 111. Perfil sensorial de la molienda media por el método Sifón Japonés.	182
Figura 112. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Sifón Japonés	182
Figura 113. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Clever	184
Figura 114. Perfil sensorial de la molienda media por el método Clever	184
Figura 115. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Clever	185
Figura 116. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Mizudashi.	188
Figura 117. Perfil sensorial de la molienda media por el método Mizudashi	189
Figura 118. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Mizudashi	190
Figura 119. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Torre Fría	191
Figura 120. Perfil sensorial de la molienda media por el método Torre Fría.	192
Figura 121. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Torre Fría	193
Figura 122. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Toddy	195
Figura 123. Perfil sensorial de la molienda media por el método Toddy.	196
Figura 124. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Toddy	196
Figura 125. Perfil sensorial de la molienda fina por el método Fretta	198
Figura 126. Perfil sensorial de la molienda media por el método Fretta.	199

Figura 127. Perfil sensorial de la molienda gruesa por el método Fretta	200
Figura 128. Lixiviación de una bebida de café	206
Figura 129. Diagrama de equilibrio N vs X..	209
Figura 130. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Chemex.	211
Figura 131. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Expreso.	213
Figura 132. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método RS-16.	215
Figura 133. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Moka	216
Figura 134. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Aeropress	218
Figura 135. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método V60	220
Figura 136. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Prensa Francesa	222
Figura 137. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Sifón Japonés.	224
Figura 138. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Clever	225
Figura 139. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Mizudashi	227
Figura 140. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Torre Fría.	229
Figura 141. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Toddy.	230
Figura 142. Diagrama N vs X, Y del café preparado por el método Fretta.	232
Figura 143. Porcentaje de extracción de sólidos solubles (%) en los métodos de preparación de café.	232

Lista de tablas

Tabla 1. Calificación y descripción de la calidad del café en taza.	32
Tabla 2. Calificación del cuerpo y sólidos solubles extraídos a diferentes métodos de preparación	149
Tabla 3. Características sensoriales del método Chemex	153
Tabla 4. Características sensoriales del método Espresso.	157
Tabla 5. Características sensoriales del método RS-16	162
Tabla 6. Características sensoriales del método Moka.	165
Tabla 7. Características sensoriales del método Aeropress	169
Tabla 8. Características sensoriales del método V60	172
Tabla 9. Características sensoriales del método Prensa Francesa.	176
Tabla 10. Características sensoriales del método Sifón Japonés	180
Tabla 11. Características sensoriales del método Clever	183
Tabla 12. Características sensoriales del método Mizudashi	187
Tabla 13. Características sensoriales del método Torre Fría.	191
Tabla 14. Características sensoriales del método Toddy.	194
Tabla 15. Características sensoriales del método Fretta.	197
Tabla 16. Características del café preparado con el método Chemex	210
Tabla 17. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Chemex.	210
Tabla 18. Características del café preparado con el método Espresso	212
Tabla 19. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Ex	212
Tabla 20. Características del café preparado con el método RS-16	214
Tabla 21. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método RS-16.	214
Tabla 22. Características del café preparado con el método Moka	215
Tabla 23. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Moka.	216
Tabla 24. Características del café preparado con el método Aeropress.	217
Tabla 25. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Aeropres.	218
Tabla 26. Características del café preparado con el método V60	219
Tabla 27. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método V60	219
Tabla 28. Características del café preparado con el método Prensa Francesa	221
Tabla 29. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Prensa Francesa	221

Tabla 30. Características del café preparado con el método Sifón Japonés	223
Tabla 31. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Sifón Japonés	223
Tabla 32. Características del café preparado con el método Clever	224
Tabla 33. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Clever	225
Tabla 34. Características del café preparado con el método Mizudashi	226
Tabla 35. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Mizudashi	226
Tabla 36. Características del café preparado con el método Torre Fría	228
Tabla 37. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Torre Fría.	228
Tabla 38. Características del café preparado con el método Toddy	229
Tabla 39. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Toddy.	230
Tabla 40. Características del café preparado con el método Fretta	231
Tabla 41. Resultados de la lixiviación de una bebida de café preparada con el método Fretta.	231
Tabla 42. Perfil sensorial definitivo al fijar el volumen de agua y tipo de molienda en los 13 métodos de preparación evaluados.	248
Tabla 43. Porcentaje de extracción y rendimiento en los 13 métodos de preparación evaluados.	249

Agradecimientos

Los autores agradecen a las siguientes personas: Julián Barco, Anlly Cardona, Laura Carmona, Lorena Gallego, Sandra Giraldo, Fabián Hernández, Andrés Castro, Alexandra Marín, Tatiana Ortiz, Felipe Ortiz, Juan David Piedrahita, Paola Ramírez, Mauricio Salazar, Ana María Vargas, María Fernanda Aristizábal, Juan David Cuervo, Aida Inés Duque, Jahaira Vanesa Giraldo, Héctor Hernández, Andrea Johana Loaiza, Jonathan López, Luis Fernando Lozano, Jessica Del Pilar Morales, Sofía Ruiz, Valeria Valencia, Olga Valencia y Laura María Vélez, especialmente a la profesora Alexandra Duarte por sus aportes en la articulación de esta obra.

Los agradecimientos también son extendidos a la ingeniera Diana Paola Cardona Tangarife, Stefanía Jurado Osorio, Sonia Jasmín Ladino y Leydi Vanessa García Beltrán por su valiosa colaboración en la ilustración y edición del presente trabajo.

Introducción

Tras seis siglos de historia, el café se ha convertido en una bebida tan popular en el mundo que ha logrado posicionarse dentro de los primeros lugares de las bebidas mundiales más consumidas como el agua embotellada, el té y el cacao; además, ha tomado gran participación en el menú de establecimientos comerciales de café y en el hogar. El interés por esta bebida, ha aumentado considerablemente con el transcurso de los años, debido a tecnologías recientes aplicadas en su producción y los nuevos conocimientos adquiridos en los campos analítico, industrial y científico.

Durante los últimos años, el café ha despertado el interés en el campo de la investigación por sus conocidos efectos relacionados con la salud cerebral como antiinflamatorio, y para la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer y el Alzheimer. Sumado a esto, la innovación y el desarrollo también se han visto reflejados en recientes métodos de preparación de bebidas a base de café, nuevas formas de consumo, máquinas y equipos diseñados exclusivamente para la elaboración de una buena taza de café (Clarke y Vitzthum, 2001).

El consumo de café alrededor del mundo cambia de acuerdo con hábitos, tradiciones y gustos de los consumidores, lo que incluye tanto su forma de

preparación como la degustación, donde el sabor y el impacto que genera una taza de café a todos los sentidos se convierten en los parámetros más importantes para evaluar la calidad de un café. En la determinación de la calidad, el análisis sensorial se encarga de evaluar y medir las características de los tipos de café conferidas por múltiples factores (suelo, clima, humedad, temperaturas, tiempos, entre otros) presentes en cada etapa del proceso. La evaluación sensorial se basa en la experiencia que viven, momentáneamente, todos los sentidos al interactuar con un alimento y las sensaciones que este genera en lo visual, olfativo, auditivo, del tacto y degustación. En el caso de una bebida de café, los atributos evaluados son el aroma, el sabor, el cuerpo y la acidez; aunque se podría decir que el tacto y la audición quedan excluidas, esto no es del todo cierto si se tiene en cuenta el característico sonido que se produce al servir una taza de café en sus conocidos y típicos recipientes (taza blanca y vaso de cartón) que combinado con su inconfundible aroma da lugar a una experiencia multisensorial única, que constituye un verdadero viaje a través de los sentidos (Carvalho y Spence, 2018).

Dadas las características del café, su mercado se ha expandido mundialmente por estar al alcance de la mayoría de la población en alrededor de 70 países, lo que ha dado lugar a sitios famosos para tomar bebidas preparadas a base de café, variedad de productos con café y tiendas exclusivas. Esto se ha reflejado en una oferta más amplia que ha traído consigo la disminución de la calidad y el precio de los productos derivados del café.

Si bien es sabido que la calidad y el precio del café han bajado considerablemente debido a todos los factores que se han sumado, tanto en la cadena de producción como comercialización del café (fertilizantes, manejo de plagas, agroquímicos, expansión de cultivo, intermediarios, monopolios, marcas comerciales, entre otros), han surgido nuevas tendencias enfocadas en producir y ofrecer cafés de calidad, obteniendo gran acogida por parte de público conocedor, calificado o aficionado, cuyo interés es disfrutar del placer de una buena taza de café, como consecuencia última del proceso

consciente y cuidadoso desde la semilla hasta la taza. Para lograr este propósito no basta con hacer simples inspecciones visuales, ya que es necesario tomar muestras representativas y realizar análisis sensoriales y fisicoquímicos lote a lote para lograr una estandarización productiva de alto impacto en el mercado del café (Wintgens, 2004).

La producción de café es un trabajo arduo y complejo desde el cultivo, pasando por la transformación, la comercialización y finalizando en la preparación. De manera general, las etapas del proceso incluyen la siembra, recolección, fermentación, secado, trilla, tosti3n, molienda, almacenamiento y comercializaci3n. En cada etapa, existen variables diferentes a controlar; por lo tanto, el control de calidad mediante análisis cuantitativos y cualitativos constituye una sumatoria de parámetros que se deben tener en cuenta. Y es que obtener una bebida de calidad requiere del control y cuidado minuciosos etapa tras etapa. Partiendo de esto, la preparación de la bebida no ha sido considerada en el control de calidad del producto final, como en las etapas mencionadas anteriormente; sin embargo, recientemente se constituye como una etapa de gran importancia que conecta el recorrido del café por todo su proceso de elaboración con la experiencia multisensorial de la degustación, donde se refleja el cuidado y control con que fue elaborado el café incluyendo la técnica, equipos, calidad de materias primas (café molido y agua) y nivel de preparación de la bebida (Cordoba et al., 2020).

Para ello, se requiere de café molido resultado del proceso de molturación o molienda, donde el grano de café tostado se transforma en pequeñas partículas, con el fin de facilitar la extracción de los compuestos solubles presentes en el grano para llevarlos a través del líquido y dar lugar a la bebida de café. Este proceso aumenta el área de contacto entre sólido-líquido para obtener un producto final con compuestos y características del sólido. Existen varios tipos de molienda en función del tamaño de partícula, éstas se identifican como molienda fina, molienda media y molienda gruesa; igualmente, el tamaño de partícula del café es importante dada su influencia sobre la extracción, el rendimiento y la calidad en taza.

La extracción, lixiviación, percolación o extracción sólido-líquido, disolución de la mezcla, son algunos de los nombres comúnmente empleados en forma técnica para referirse al último proceso que se realiza al café molido junto con el agua, ya sea caliente o fría dependiendo del método de preparación a utilizar para obtener la bebida de café momentos antes de su consumo y degustación. La finalidad de este proceso es obtener una infusión a partir del contacto entre dos componentes (agua y café). Para lograr esto, las partículas de café deben disponerse en un recipiente o material con filtro y el agua debe hacerse pasar en forma de flujo a través de los espacios intergranulares que forman el lecho poroso de café. En este punto, es importante tener en cuenta, entre muchos factores, el grado de molienda, tiempo de contacto café-agua y la temperatura del agua para lograr que los compuestos solubles del café sean extraídos y arrastrados por el flujo de agua hasta la taza o recipiente contenedor de la bebida, logrando la mejor extracción posible de los compuestos solubles deseables.

Lo mencionado anteriormente, se evidencia en el proceso de difusión de compuestos descrito por la *ley de Fick*. Mediante esta ley, se puede analizar el coeficiente de difusión de los compuestos y el flux de transferencia de masa, cuya importancia para este proceso radica en la relación que se establece entre la tasa de transferencia de los compuestos solubles del café, grado de molienda y concentración en la bebida de café, como resultado del movimiento de los compuestos hacia el agua y que permite, al final, evaluar los atributos sensoriales obtenidos tras las etapas de procesamiento de café, tales como la tostión, molienda y los métodos de preparación de la bebida (Illy y Viani, 2005; Cordoba et al., 2020).

Finalmente, el sabor y la calidad de la bebida son aspectos tan importantes que están estrechamente relacionados con los parámetros de extracción, lo que incluye el tamaño de partícula (grado de molienda), la temperatura del agua, el tiempo de contacto o tiempo de preparación y el método de extracción. Un cambio en cualquiera de las variables afectará los compuestos extraídos y, esto a su vez, el sabor y calidad. Los parámetros mencionados

anteriormente son sólo los principales y más relevantes para el presente estudio en el que paralelamente se analiza el mejor grado de molienda para los métodos de preparación calientes y fríos más utilizados recientemente (Cordoba et al., 2020; Flament, 2002).

La preparación de una taza de café puede ser una experiencia rutinaria, técnica, investigativa, mágica o una combinación de algunas o todas las anteriores; en cualquiera de los casos, se convierte en un momento único y agradable que surge a partir del proceso de transferencia de masa por contacto entre el café y el agua, comúnmente llamado extracción sólido-líquido o lixiviación. Este proceso da lugar a la extracción de los compuestos solubles del café en forma de solución a través de la filtración, puesto que el uso de la fuerza de gravedad, genera un flujo de goteo o por producto de la aplicación de cierto valor de presión, que va a generar como resultado final la “bebida de café”. La extracción de los compuestos solubles se ve favorecida por el tamaño de partícula del café, es decir, el tipo de molienda; asimismo, este factor influye en el sabor y el conjunto de características sensoriales evaluadas en la taza de acuerdo con los parámetros elegidos para la preparación de la bebida, lo que puede ser establecido mediante los métodos de preparación que se pueden usar, tanto calientes como fríos (Illy y Viani, 2005). De aquí en adelante, se seguirá empleando el término lixiviación.

De esta forma, el eje de esta investigación se centra en el análisis de la bebida de café obtenida mediante métodos diversos de preparación tanto fríos como calientes, evaluando el coeficiente de transferencia de masa según los tres tipos de molienda, al evaluar las características finales de bebida en concordancia con el perfil sensorial de la taza deseada. Este trabajo de investigación fue realizado en el laboratorio de Industrialización del café de la Universidad de Caldas.

La pregunta de investigación en la cual profundiza el presente texto es: ¿En qué medida, afectan las variables de operación involucradas en el proceso de lixiviación del café, el porcentaje de extracción, el rendimiento de la bebida obtenida y el perfil sensorial, en cada método de preparación evaluado?

Referencias

- Carvalho, F., Spence, C. (2018). The shape of the cup influences aroma, taste, and hedonic judgements of specialty coffee. *Food Quality and Preference*, 68, 315-321.
- Clarke, R., Vitzthum, O. (2001). *Coffee. Recent developments*. Blackwell Science Ltd.
- Cordoba, N., Fernandez-Alduenda, M., Moreno, F., Ruiz, Y. (2020). Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 45-60.
- Flament, I. (2002). *Coffee flavor chemistry*. John Wiley & Son's, Ltd.
- Illy, A., Viani, R. (2005). *Espresso Coffee. The Science of Quality*. Elsevier Academic Press.
- Wintgens, J. N. (2004). *Coffee: Growing, processing, sustainable production*. Wiley-VCH

CAPÍTULO 1

Bebida del Café

1.1 Bebida a base de café

El café es una de las bebidas con mayor consumo en el mundo y existen alrededor de 500 especies de café. *Coffea arabica* y *Coffea canephora* son las especies más importantes económicamente y se diferencian entre sí por su apariencia, origen, calidad y composición química (Jeszka-Skowron et al., 2015).

Existen muchos métodos de preparación de esta bebida; sin embargo, el proceso de extracción es fundamental en todos, el cual consiste en extraer el material soluble del café tostado y molido mientras entra en contacto con agua a temperaturas entre 85 y 90 °C. Los compuestos solubles presentes en el café generalmente son: Cafeína (amarga), ácidos (sabores agrios y/o dulces, como naranjas, manzanas o uvas), lípidos y grasas (viscosidad), azúcares (dulzura, viscosidad) y carbohidratos (viscosidad, amargor); estos varían dependiendo de las variedades del café, el grado de tostado, el tamaño de partícula obtenido luego de la molienda, el contenido de agua mineral y el método de preparación aplicado. Asimismo, debido a la combinación de los factores anteriormente mencionados, se obtienen variaciones en el color, aroma y sabor de la bebida (Fisk et al., 2012; Cordoba et al., 2020).

El proceso de preparación del café también cambia por el tiempo de preparación y la temperatura del agua, dividiéndose en dos categorías básicas: La primera se conoce como *inmersión* e indica que el café molido está completamente sumergido en agua, durante 4 o 5 minutos; aquí la extracción se ralentiza, ya que la preparación se satura cada vez más de compuestos solubles del café. La segunda categoría se conoce como *infusión*, y consiste en la adición de agua, dejando que esta fluya constantemente a través de un lecho o cama de café molido puesto sobre un filtro. Este proceso es más eficiente ya que la bebida no presentará saturación de compuestos solubles del café (Kornman, 2017).

1.2 El equilibrio en la bebida del café

Las características sensoriales del café, se confieren a través de las etapas del proceso a las cuales es sometido, donde el equilibrio de las particularidades de cada café se resalta y moldean, especialmente en la etapa de extracción, teniendo en cuenta el tiempo de contacto entre el agua y café molido, así como la temperatura, el rendimiento de la lixiviación y los sólidos totales (TDS). Según el manejo dado a estas variables, pueden destacarse u opacarse los atributos sensoriales de la taza. Por ejemplo, durante los primeros 9 o 10 segundos de extracción, se obtendrá una taza fuerte, aceitosa y hasta agria; después, de 18 o 20 segundos la taza estará llena de azúcares y caramelos; mientras que a un tiempo de 27 o 30 segundos la bebida se tornará débil y amarga. También es esencial la medición de la cantidad agregada de café molido y agua, dado que el exceso o escasez de estos, puede dañar la consistencia o equilibrio de la taza generando una bebida sobreextraída o subextraída, respectivamente. Por lo tanto, es necesario llevar el control de todos estos parámetros de forma simultánea para obtener una bebida equilibrada con un impacto sensorial en cuanto a sabores y aromas (Cordoba et al., 2020; Portte café, 2017).

1.3 Factores químicos que afectan la bebida del café

1.3.1 Agua

La calidad del agua usada en la preparación de la bebida del café debe ser buena a óptima, puesto que esta constituye hasta el 98 % del total de la bebida; además, puede generar un sabor insípido, amargo o vinagroso en la bebida de acuerdo con su composición química. Para garantizar que el agua no tenga un efecto en la preparación del café, esta debe contar con los siguientes parámetros: un total de sólidos disueltos (minerales, sales, metales u otros sólidos que se hayan disuelto en el agua), entre 75-250 mg/L TDS, con un valor óptimo de 150; la dureza del agua (concentración de minerales específicos en el agua: calcio, magnesio, hierro y manganeso) debe estar en un rango de 1-5 gramos por galón (gpg) o de 17-85 mg/L, con un valor objetivo de 3-4 gpg o 51-68 mg/L y niveles de pH entre 6,5 y 7,5. Si no se regulan estos parámetros, el agua utilizada puede afectar la extracción y, consecuentemente, el rendimiento (Cordoba et al., 2020; Guerra, 2018; Hendon et al., 2014) y calidad sensorial de la bebida.

1.3.2 Sólidos totales (ST)

Este parámetro constituye un factor importante en el control y nivel de la extracción, así como en el sabor, la sensación en la boca y la consistencia de la bebida. Los ST corresponden a la cantidad de partículas sólidas solubles en el agua. Un valor de ST igual a 0 % no es bueno para el agua, ya que le otorga un sabor “plano”. Un nivel óptimo de extracción de café está entre el 18 y 22 %; superior a este valor, la bebida ya estaría saturada y le otorgaría características indeseables; por el contrario, un valor de ST inferior se podría relacionar con fallas en el tostado del café, con la relación café/agua, con la calidad del agua o con desperfectos en el equipo de preparación, como la estructura del filtro, los molinos o incluso un control