

Концепция формирования дескриптора «хмелевая горечь» в рамках управления качеством пивоваренной продукции

Грибкова И.Н., Лазарева И.В., Захаров М.А., Захарова В.А.

Качество пивоваренной продукции формируется на разных этапах производства и зависит от качества растительного сырья, технических особенностей оборудования и технологических приемов производства. Дескриптор «хмелевая горечь», отражающий степень охмеления солодового сусла, влияет на общее восприятие пивоваренной продукции и характеризует ее качество [1]. Хмелевой оттенок или горечь является характерным атрибутом, закрепленным в ГОСТ 31711-2012. Пивоваренная продукция высокого качества должна характеризоваться как напиток с приятной хмелевой горечью и не содержащей грубой и долго остающейся на языке горечи; общая хмелевая горечь должна быть сбалансированной с другими дескрипторами для гармоничного восприятия вкуса продукции. Считается, что хмелевую горечь формируют изомеризованные горькие смолы хмелевого происхождения в составе пива [1], которые выражаются в единицах IBU и соответствуют концентрации изогумулона. На практике, одинаковые единицы IBU могут характеризовать различные уровни сенсорного восприятия горечи на уровне сырья [2], что свидетельствует о сложном и многослойном процессе формирования сенсорного восприятия горечи пива.

Поэтому целью работы было изучение вклада органических соединений зернового сырья, хмелевой продукции и минеральных элементов технологической воды в восприятие хмелевой горечи пивоваренной продукции.

Методология работы. Объектами исследования являлись лабораторные образцы пива, полученные на пилотной установке «Brugge» (Германия) из солода пивоваренного ячменного, солода карамельного пивоваренного, солода жженого пивоваренного, ячменя пивоваренного, а также кукурузы и характеризовались содержанием действительного экстракта (4,5±1,0)% и спирта – (3,57±0,8)мас%. Образцы пива хранились укупоренными в течение 5 суток при температуре (10±2)°C в асептических условиях. В качестве методов исследования применены общепринятые методы: определение содержания действительного экстракта, спирта и сухих веществ начального сусла – по ГОСТ12787-2021, растворимого азота – по методу EBC 4.9.3 [3], β-глюкана – по ГОСТ 34799-2021, общих полифенолов – по ГОСТ 34798-2021, катехинов – по [4], рутина и кверцетина – по [5], изогумулона – по методу EBC 9.47 [6], изоксантогумола – по методу [7], определение минеральных элементов – по [8]. Статистические данные обрабатывались программой Statistics (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA, 2006). Эксперименты проводились в 5÷6 повторностях с доверительной вероятностью $p \geq 95\%$.

Результаты. Полученные экспериментальные данные представлены на рисунке 1. Полученные результаты (таблица 1) показывают, что на гармоничное восприятие хмелевой горечи влияет тип применяемого зернового сырья: так, солодовое пиво на основе светлого, либо светлого и карамельного, либо светлого и жженого солодов имеют балл в диапазоне 4,8-5,0, что достаточно близко; пиво с применением несоложенного зернового сырья имеет диапазон баллов 4,3-4,4 по хмелевой горечи, что ниже солодового пива. Для того, чтобы понять влияние органических соединений сырья были применены методы многофакторной регрессии, парные коэффициенты корреляции (связи) (r) которой представлены на рисунке 1. Парные коэффициенты корреляции r (рис. 1) показывают, что напрямую с хмелевой горечью связаны содержание изогумулона (X₃) (r -0,67) и изоксантогумола (X₄) (r -0,62), что ожидаемо.

Таблица 1 – Показатели образцов пива из разного зернового сырья

Содержание показателей	Значение показателя в образцах пива в зависимости от типа зернового сырья				
	светлый солод	светлый солод+ карамельный солод	светлый солод+ жженный солод	ячмень	кукуруза
β-глюкана, мг/дм³ (X ₁)	100,9±7	77,6±5	95,4±8,5	108,6±10	93,10±8
растворимого азота, мг/дм³ (X ₂)	693,2±70	665,0±65	647,2±65	726,4±70	610,3±60
изогумулона, мг/дм³ (X ₃)	4,71±0,55	4,34±0,5	4,37±0,5	5,31±0,60	4,87±0,60
изоксантогумола, мг/дм³ (X ₄)	0,871±0,1	0,426±0,05	0,403±0,04	0,443±0,04	0,437±0,04
катехинов, г/дм³ (X ₅)	25,98±1,3	56,93±4,0	35,5±2	22,89±1	24,75±1,5
кверцетина, мг/дм³ (X ₆)	1,13±0,10	1,84±0,2	0,92±0,1	0,83±0,08	0,72±0,07
рутина, мг/дм³ (X ₇)	4,032±0,4	3,743±0,3	4,44±0,4	6,900±0,07	4,163±0,4
Ca ²⁺ , мг/дм³ (X ₈)	17,6±0,02	25,4±0,02	22,7±0,02	15,7±0,02	15,5±0,02
Mg ²⁺ , мг/дм³ (X ₉)	78,3±0,05	92,7±0,05	83,6±0,05	76,9±0,05	71,8±0,05
Mn ²⁺ , мг/дм³ (X ₁₀)	0,09±0,01	0,15±0,05	0,11±0,05	0,04±0,01	0,04±0,01
Na ⁺ , мг/дм³ (X ₁₁)	39,4±0,02	51,1±0,02	46,6±0,02	40,5±0,02	54,5±0,02
Co ²⁺ , мг/дм³ (X ₁₂)	0,02±0,001	0,005±0,001	0,06±0,01	0,04±0,01	0,06±0,01
Гармоничная хмелевая горечь, балл (Y)	5,0	4,6	4,8	4,3	4,4

	r	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
Y	-0,17	-0,17	-0,07	-0,67	-0,62	0,23	0,27	-0,58	0,45	0,34	0,03	-0,09	0,01
X ₁	-0,17	1	0,53	0,78	0,25	-0,89	-0,78	-0,76	-0,70	-0,47	-0,58	-0,45	
X ₂	-0,07	0,53	1	0,49	0,30	-0,14	0,10	0,71	-0,14	0,11	-0,01	-0,37	-0,01
X ₃	-0,67	0,78	0,49	1	0,05	-0,77	-0,61	-0,88	-0,72	-0,31	-0,41	-0,28	
X ₄	-0,62	0,25	0,30	0,05	1	-0,26	0,05	-0,19	-0,21	-0,16	-0,10	-0,11	-0,10
X ₅	0,23	-0,89	-0,14	-0,77	-0,26	1	0,92	-0,54	0,93	0,95	0,52	0,58	0,50
X ₆	0,27	-0,78	0,10	-0,61	0,05	0,92	1	-0,47	0,80	0,80	0,53	0,49	0,51
X ₇	-0,58	0,78	0,71	0,83	-0,19	-0,54	-0,47	1	-0,53	-0,37	-0,24	-0,44	-0,23
X ₈	0,45	-0,76	-0,14	-0,88	-0,23	0,93	0,80	-0,53	1	0,95	0,43	0,43	0,40
X ₉	0,34	-0,70	0,11	-0,72	-0,16	0,95	0,80	-0,37	0,95	1	0,48	0,41	0,45
X ₁₀	0,03	-0,47	-0,01	-0,31	-0,10	0,52	0,53	-0,24	0,43	0,48	1	0,93	0,98
X ₁₁	-0,09	-0,44	-0,37	-0,41	-0,31	0,58	0,49	-0,44	0,43	0,41	0,93	1	0,91
X ₁₂	0,01	-0,45	-0,01	-0,28	-0,10	0,50	0,50	-0,23	0,4	0,45	0,99	0,91	1

Диапазон r:
0,01-0,48
0,49-0,79
0,8-1,0

Рисунок 1 – Коэффициенты корреляции (r), учитывающие связь гармоничной хмелевой горечи (Y) и органических соединений (X_i)

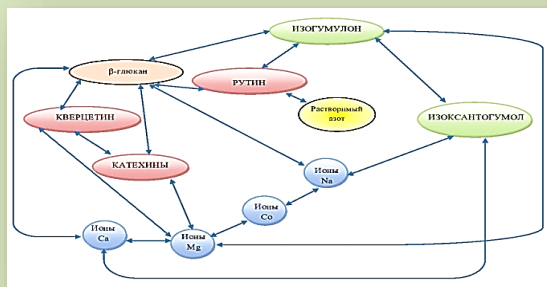


Рисунок 2 – Взаимосвязь дескриптора «Гармоничная хмелевая горечь» и органических соединений

Однако есть значимые влияния друг на друга катехинов (X₅) и кверцетина (X₆), катехинов (X₅) и ионов Ca (X₈) и Mg (X₉), а также ионов Mn (X₁₀) с ионами Na (X₁₁) и Co (X₁₂) - их коэффициенты корреляции находятся в диапазоне 0,89-0,99. С целью подтверждения или опровержения эти данные были вычислены частные коэффициенты корреляции, наиболее значимое (0,7<r'<1,0) влияние которых представлено на рис.2.

Уравнение множественной регрессии, учитывающее влияние значимых факторов (X_i) на гармоничное восприятие хмелевой горечи (Y) представлено как:

$$Y = 6.44 + 0.014X_1 + 0.00013X_2 - 0.77X_3 + 0.81X_4 - 0.021X_5 - 1.96X_6 - 1.28X_7 + 0.069X_8 + 0.047X_9 + 0.06X_{11}$$

Таким образом, показано, что вклад в хмелевую горечь производится не только веществами хмеля, но и некрахмальными полисахаридами, азотистыми веществами, фенольными соединениями и минеральными ионами зернового сырья и воды.

Список используемой литературы

- 1 Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце. – Санкт-Петербург: издательство «Профессия», 2001. – 912с.
- 2 Oladiran A.O., Hiralal L., Mokoena M.P., Pillay B. Flavor-active volatile compounds in beer: production, regulation and control. J. Inst. Brew. 2017; 123: 13–23. <https://doi.org/10.1002/jib.389>
- 3 Goiris K., Jaskula-Goiris B., Syryn E. [et al.]. The Flavoring Potential of Hop Polyphenols in Beer. J Am Soc Brew Chem. 2014;72(2):135-142. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2014-0327-01>.
- 4 Gottumukkala R.V.N., Sukala K., Subbaraju G. Determination of Catechin and Epicatechin Content in Chocolates by High-Performance Liquid Chromatography. Int Schol Res Not. 2014;5:628196. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/628196>.
- 5 Silva M.C., dos Anjos J.P., Guarieiro L.L.N., Machado B.A.S. A Simple Method for Evaluating the Bioactive Phenolic Compounds' Presence in Brazilian Craft Beers. Molecules. 2021;26:4716. <https://doi.org/10.3390/molecules26164716>
- 6 Gutova S., Novoseltseva M., Kagan E. Mathematical Modelling of Isohumulone Extraction Process in Beer Wort Hopping. In Proceedings of the 2019 International Russian Automation Conference, Sochi, Russia, 8 September 2019; pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/RUSAUTOCON.2019.8867778>
- 7 Dvorakova M., Hulín P., Karabin M., Dostálek P. Determination of polyphenols in beer by an effective method based on solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with diode-array detection. Czech J. Food Sci. 2007;25:182–188. <https://doi.org/10.17221/690-CJFS>
- 8 Santos D., Das Gragas Korn M., Guida M., Santos G., Lemos V., Teixeira L. J Braz Chem Soc. 2011;22:552-557. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532011000300020>