

### **Dariusz Kikut-Ligaj**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu  
e-mails: [dariusz.kikut-ligaj@ue.poznan.pl](mailto:dariusz.kikut-ligaj@ue.poznan.pl)  
ORCID: 0000-0002-0116-4723

### **Katarzyna Mikołajczyk-Bator**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu  
e-mail: [katarzyna.mikolajczyk-bator@ue.poznan.pl](mailto:katarzyna.mikolajczyk-bator@ue.poznan.pl)  
ORCID: 0000-0002-9005-7523

### **Michał Malak**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu  
e-mail: [malakpzn@gmail.com](mailto:malakpzn@gmail.com)

---

## **Analiza preferencji konsumentów wobec piw oraz sterowanie smakiem gorzkim piw chmielonych**

---

### **Analysis of Consumer Beer Preferences and Bitter Hop Beer Taste Controlling**

---

DOI: 10.15611/nit.2022.38.06

JEL Classification: H51, H52 i O3

**Streszczenie:** W pracy analizowano preferencje konsumentów wobec różnych rodzajów piw ze szczególnym uwzględnieniem akceptacji cech gorzkwych oraz przeprowadzono prognozowanie metodą farmakoforową smaku gorzkiego składników gorzkwych. Związki występujące w ekstraktach chmielowych, tj. humulony i izohumulony, wywołują smak gorzki, dlatego istotne jest sprecyzowanie ich indywidualnych cech gorzkwych. W tym celu dla badanych składników gorzkwych użyto prognozowanie farmakoforowe, metodą SPM (Simple Pharmacophore Model). Metoda ta pozwala sterować procesem izomeryzacji humulonów, co umożliwia modyfikację cech organoleptycznych piw. W badaniach ankietowych analizowano wpływ zmiennych socjodemograficznych na wiedzę i opinię konsumentów na temat smaku gorzkiego w piwach. Badania te wykazały, że konsumenci preferują głównie piwa średnio- lub wysokogorzkwowe. Z analizy statystycznej wynika, że znajomość terminu IBU (International Bitterness Units) determinował głównie wiek respondentów.

**Słowa kluczowe:** badania konsumenckie, jakość produktów, cechy gorzkwowe piwa, metody farmakoforowe.

**Abstract:** In this study, the preferences of consumers about various types of beers were analyzed, with particular emphasis on the acceptance of the bitter characteristics, and the prognosis of the bitter taste of the bitter ingredients by the pharmacophore method. The compounds contained in hop extracts such as humulones and isohumulones, causing a bitter

taste, which is why it was important to determine their individual characteristics of bitterness. For this purpose, Simple Pharmacophore Model (SPM) was used. This method makes it possible to control the process of isomerization of humulons which allows for modification of the organoleptic characteristics of beers. In the survey research influence of sociodemographic characteristics on the knowledge and opinion of consumers about the bitter taste in beers was analyzed. Surveys have shown that consumers mainly, medium-bitter or strong-bitter beers. The statistical analysis shows that age was the most important factor influencing the knowledge of the respondents in terms of the knowledge of the term IBU (International Bitterness Units).

**Keywords:** consumer research, consumer research, product quality, beer bitterness, pharmacophore methods.

## 1. Wstęp

Polacy poszukują produktów wyższej jakości i są otwarci na nowe, innowacyjne produkty. Konsumenty, z jednej strony, poszukują piw tradycyjnych, o niezbyt intensywnej goryczy, a z drugiej – chętnie sięgają po piwa smakowe, miksy piwne oraz piwa rzemieślnicze. W opinii konsumentów piwa rzemieślnicze są najczęściej wybierane ze względu na ich różnorodność smaku oraz to, że przewyższają jakością piwa przemysłowe (Aquilani, Laureti, Poponi i Secondi, 2015). Kluczowym trendem konsumenckim kształtującym rynek piwa w Polsce jest innowacyjność. Konsumenty często aktywnie poszukują nowych gatunków i smaków, w tym piw o właściwościach prozdrowotnych (Gościńska, Pobereżny, Wszelaczyńska, Łaba i Świerczyński, 2019; Bogdan i Kordialik-Bogacka, 2016; Zhao, Li, Sun, Yang i Zhao, 2013), a przede wszystkim szukają produktów i marek wyższej jakości, za co gotowi są zapłacić więcej niż za standardowy produkt. Coraz częściej piwo staje się częścią stylu życia, a jego wybór – elementem kreowania indywidualności. Jednocześnie konsumenci bardzo mocno cenią sobie lokalność, co przekłada się nie tylko na zainteresowanie polskimi markami, ale także docenianie regionalnego charakteru produktów (*Rynek napojów alkoholowych...*, 2014).

O ile sam proces warzenia dla wielu gatunków piwa jest bardzo podobny, to należy podkreślić, że skład jakościowy różnych odmian chmielu znacząco wpływa na cechy jakościowe piw. Cechy goryczkowe piw uzależnione są od składu jakościowego i ilościowego wyjściowego ekstraktu chmielowego, czyli przede wszystkim od zawartości humulonów ( $\alpha$ -kwasów) i zastosowanej metody chmielenia (Oladokun i in., 2016). Najbardziej popularne są techniki chmielenia „na gorąco” oraz „na zimno” (*dry hopping*). Humulony przez obróbkę termiczną i wiele innych sposobów izomeryzacji są przekształcane w izohumulony cechujące się wysokim poziomem goryczki. Stopień przekształcenia humulonów w izohumulony precyzowany jest wartością IBU (*Internacional Bitterness Units*), czyli tzw. wartością międzynarodowych jednostek goryczy w piwach.

Klasyczne chmielenie (izomeryzacja humulonów do izohumulonów) polega na zagotowaniu brzeczki z dodatkiem chmielu przez ściśle sprecyzowany okres czasu. Ma to na celu nadanie przede wszystkim smaku gorzkiego piwu i stabilizację brzeczki poprzez wytrącenie nadmiaru białek oraz utrzymanie odpowiedniej pienistości piwa. Chmielenie przez zagotowanie brzeczki to jedna z najpopularniejszych metod chmielenia piwa i w zależności od momentu dodania chmielu dzieli się ją na dwa rodzaje: tzw. wczesne chmielenie na goryczkę oraz późne chmielenie na aromat. Chmielenie na goryczkę stosuje się w początkowej fazie gotowania brzeczki, co sprzyja procesowi izomeryzacji humulonów do izohumulonów. Jest to zasadnicza przyczyna wysokiego stężenia goryczki w piwach (piwa chmielone na tym etapie charakteryzują się niskim aromatem chmielowym). Metoda chmielenia „na aromat” polega na dodaniu chmielu w końcowej fazie gotowania piwa (ok. 15-20 minut przed końcem tej fazy), co sprawia, że większość alfa kwasów (humulonów) nie ulega izomeryzacji (maksymalnie kilkanaście procent humulonów izomeryzuje), a jednocześnie ubytek olejków aromatycznych z chmielu jest znacznie mniejszy na skutek krótszego działania wysokiej temperatury. W ten sposób uzyskuje się bardziej aromatyczne piwo o znacząco słabszej goryczy. Należy podkreślić, że sposobów chmielenia (izomeryzacji składników chmielu) jest wiele i są one na ogół chronione patentami oraz stanowią tajemnice technologiczne firm piwowskich (Skorek i Hubicki, 2011).

Na proces otrzymywania piwa składa się z wiele etapów i w celu osiągnięcia odpowiedniego smaku piwa należy skrupulatnie sprawdzać ich parametry i w sposób ciągły nadzorować cały proces jego produkcji. Szczególnie istotna jest skrupulatna kontrola jakości procesów cząstkowych, ponieważ nawet minimalne zmiany, np. na etapie zacierania czy warzenia, potrafią wpłynąć negatywnie na smak, aromat, barwę oraz stopień nagazowania gotowego produktu.

Celem niniejszej pracy było zbadanie preferencji konsumenckich dotyczących akceptacji różnych asortymentów piw chmielonych oraz sprecyzowanie możliwości wykorzystania metod farmakoforowych kształtowania jakości organoleptycznej piw do sterowania procesem izomeryzacji humulonów do izohumulonów.

## 2. Metody

Badanie przeprowadzono wśród 235 osób, wykorzystując kwestionariusz ankiety. Ankiety zostały umieszczone w Internecie i były anonimowe. Pytania zawarte w ankiecie dotyczyły wiedzy i opinii respondentów na temat preferencji osób ankietowanych wobec wyboru różnych rodzajów piw oraz czynników determinujących ich wybór. Jako czynniki różnicujące odpowiedzi ankietowanych zastosowano: płeć, wiek, wykształcenie oraz status zawodowy. Wpływ czynników socjodemograficznych na odpowiedzi ankietowanych osób analizowano testem chi-kwadrat Pearsona przy założonym poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , za pomocą programu Statistica wersja 13.3.

Posługując się metodą farmakoforową, analizowano związki powodujące gorzki smak piw. Metoda ta umożliwiła przekształcanie ich w taki sposób, żeby dawały

odpowiednie nasilenie goryczy. Związki te analizowano pod kątem intensywności smaku gorzkiego. Wszystkie z badanych związków pochodziły z ekstraktów chmielowych i odpowiedzialne były za stymulację smakową. Zastosowana w badaniach metoda analizy farmakoforowej polegała na identyfikacji obszarów cząsteczki liganda, odpowiedzialnych za stymulację smakową.

Uzyskane cechy przestrzenne przekształcane były na aktywność smakową za pomocą odpowiednich równań, uwzględniających liczebność miejsc aktywnych i reprezentacji stymulujących receptory smaku gorzkiego.

### 3. Wyniki i ich omówienie

#### Badania ankietowe

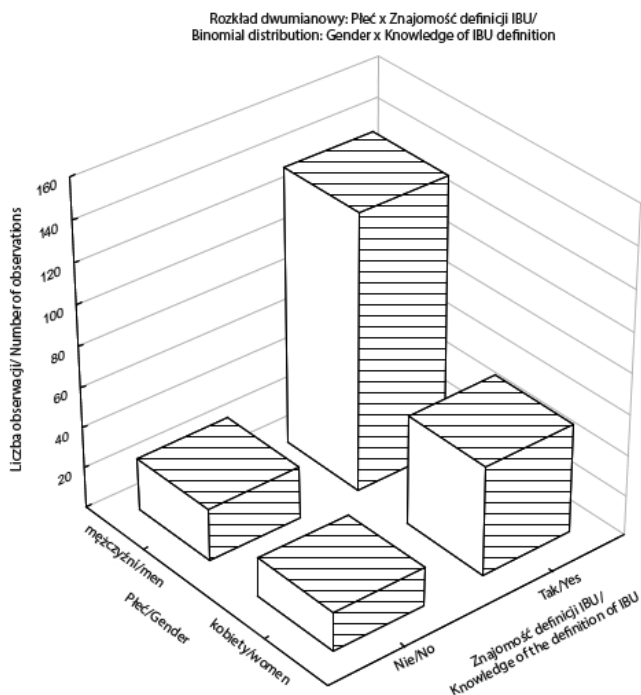
W badaniach ankietowych dotyczących preferencji różnych rodzajów piw z uwzględnieniem ich cech goryczkowych wzięło udział 235 respondentów, wśród nich 31% stanowiły kobiety, a 69% mężczyźni. Ankietowani byli osobami pełnoletnimi. W strukturze wiekowej największą grupę stanowiły osoby w przedziale wiekowym 30-39 lat. Większość respondentów deklarowała wyższe wykształcenie. Status zawodowy respondentów wskazuje na to, że w większości ankietowani byli osobami pracującymi (77,46%), a jedynie niewielką grupę stanowili studenci i osoby bezrobotne. Najrzadziej odpowiedzi udzielali renciści lub emeryci oraz uczniowie (tab. 1).

**Tabela 1.** Dane socjodemograficzne w populacji 235 osób  
**Table 1.** Socio-demographic data in the population of 235 people

Płeć /Gender	Procent respondentów/Percentage of respondents [%]	
	kobiety/women	31,0
	mężczyźni/men	68,9
Wiek/Age	18-24	29,36
	25-29	29,36
	30-39	32,34
	40-49	6,80
	50-59	2,13
Wykształcenie/Education	średnie/secondary	31,91
	wyższe/higher	66,38
	zawodowe/vocational	1,70
Status zawodowy/ Occupational status	uczeń/pupil	1,28
	student/student	13,19
	osoba pracująca/employed	77,45
	osoba bezrobotna/unemployed	5,53
	rencista/emeryt/pensioner	2,55

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

Z przeprowadzonych badań wynika, że 80,8% respondentów ogółem wiedziało, co oznacza termin „międzynarodowe jednostki goryczy – IBU”, natomiast 19,1% nie znało znaczenia tego terminu. W badaniu wzięło udział 69% mężczyzn i 31% kobiet, spośród ankietowanych większość mężczyzn (57,8%) i kobiet (22,9%) znała definicję IBU. Histogram przedstawiający znajomość definicji IBU w zależności od płci przedstawiono na rys. 1. Za pomocą testu chi-kwadrat Pearsona weryfikowano hipotezę ( $H_0$ ) mówiącą o tym, że płeć respondentów nie wpływa na znajomość definicji IBU. Przy zakładanym poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  i liczbie stopni swobody  $df = 1$ ,  $\chi^2_t$  odczytane z tablicy rozkładu chi-kwadrat wynosi  $\chi^2_t = 3,8415$ . Wartość teoretyczna chi-kwadrat ( $\chi^2 = 3,8415$ ) jest większa niż chi-kwadrat obliczone  $\chi^2 = 3,236144$ , można zatem przyjąć, że nie istnieje istotna korelacja pomiędzy zmiennymi, w tym przypadku między płcią respondentów a znajomością definicji IBU (tab. 2). Poziom prawdopodobieństwa odczytany z tab. 2 wynosi  $p = 0,07203$ , a więc jest to wartość większa od przyjętej wartości  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ), zatem jeśli  $p \geq \alpha$ , wówczas brak jest podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej ( $H_0$ ) mówiącej o tym, że analizowane zmienne są niezależne. Z badań wynika, że płeć nie wpływa istotnie na znajomość definicji IBU wśród respondentów.



**Rys. 1.** Histogram dla zmiennych płeć i znajomość definicji IBU

**Fig. 1.** Histogram for gender variables and knowledge of IBU definitions

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

Analiza statystyczna uzyskanych odpowiedzi wykazała, że znajomość terminu IBU jest istotnie zróżnicowana w zależności od wieku respondentów (test chi-kwadrat Pearsona  $p < \alpha$ ,  $p = 0,01082$ , tab. 2). Respondenci, którzy najczęściej deklarowali dobrą znajomość definicji IBU, byli w wieku od 25 do 39 (rys. 2).

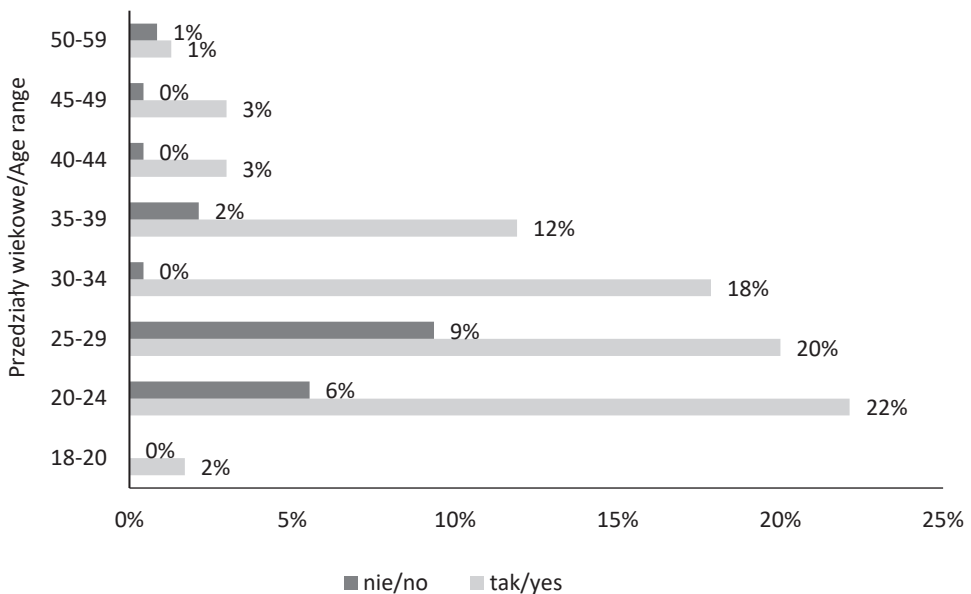
**Tabela 2.** Analiza statystyczna testu chi-kwadrat Pearsona przy założonym poziomie istotności  $\alpha = 0,05$   
**Table 2.** Statistical analysis of the Pearson chi-square test with the assumed significance level of  $\alpha = 0.05$

Badane czynniki/ Factors studied	Dane socjodemograficzne/ Sociodemographic data	Chi-kwadr. Pearsona/ Chi-squadr. Pearson's	Chi-kwadr. teoretyczne Chi-squadr. Theoretical	<i>df</i>	<i>p</i> *
Znajomość definicji IBU/ Knowledge of IBU definition	pleć/gender	3,236144	3,8415	<i>df</i> = 1	<i>p</i> = 0,07203
	wiek/age	18,26819	14,0671	<i>df</i> = 7	<i>p</i> = 0,01082
	wykształcenie/ education	0,756235	5,9915	<i>df</i> = 2	<i>p</i> = 0,68515
	status zawodowy/ occupational status	1,093415	9,4877	<i>df</i> = 4	<i>p</i> = 0,89532
Preferencje respondentów wobec wyboru piwa niskogoryczkowego, średniogoryczkowego lub wysokogoryczkowego/ Respondents' preferences for choosing low-bitter, medium- bitter or high-bitter beer	pleć/gender	2,185390	5,9915	<i>df</i> = 2	<i>p</i> = 0,33531
	wiek/age	17,62052	23,6848	<i>df</i> = 14	<i>p</i> = 0,22461
	wykształcenie/ education	2,887184	9,4877	<i>df</i> = 4	<i>p</i> = 0,57688
	status zawodowy/ occupational status	8,770575	15,5073	<i>df</i> = 8	<i>p</i> = 0,36202
Preferencje respondentów wobec wyboru piwa chmielonego lub niechmielonego/Respondents' preference for choosing hopped or non-hopped beer	pleć/gender	0,782441	3,8415	<i>df</i> = 1	<i>p</i> = 0,37640
	wiek/age	4,252186	14,0671	<i>df</i> = 7	<i>p</i> = 0,75032
	wykształcenie/ education	0,165305	5,9915	<i>df</i> = 2	<i>p</i> = 0,92067
	status zawodowy/ occupational status	1,065011	9,4877	<i>df</i> = 4	<i>p</i> = 0,89978
Umiejętność rozpoznania przez respondentów intensywności goryczy po barwie piwa/Respondents' ability to recognize the intensity of bitterness by the color of the beer	pleć/gender	2,733382	3,8415	<i>df</i> = 1	<i>p</i> = 0,09827
	wiek/age	10,28641	14,0671	<i>df</i> = 7	<i>p</i> = 0,17292
	wykształcenie/ education	3,600912	5,9915	<i>df</i> = 2	<i>p</i> = 0,16522
	status zawodowy/ occupational status	3,699737	9,4877	<i>df</i> = 4	<i>p</i> = 0,44816
Sprawdzanie przez respondentów stopnia chmielenia piwa na etykiecie produktu przed zakupem/ Respondents' checking the degree of hopping of beer on the product label before purchase	pleć/gender	1,292997	5,9915	<i>df</i> = 2	<i>p</i> = 0,52388
	wiek/age	16,69051	23,6848	<i>df</i> = 14	<i>p</i> = 0,33264
	wykształcenie/ education	0,956733	9,4877	<i>df</i> = 4	<i>p</i> = 0,91628
	status zawodowy/ occupational status	7,923012	15,5073	<i>df</i> = 8	<i>p</i> = 0,44103

Najważniejsze cechy piwa determinujące zakup piwa (cena, jakość, smak, stopień goryczy, pochodzenie piwa, bukiet zapachowy, browar z którego pochodzi piwo)/ The most important characteristics of beer determining the purchase of beer (price, quality, taste, degree of bitterness, origin of beer, aroma bouquet, the brewery from which the beer comes)	pleć/gender	54,48598	61,6562	df= 44	p = 0,13362
	wiek/age	349,0961		df= 308	p = 0,05326
	wykształcenie/ education	86,97421	113,1452	df= 88	p = 0,51089
	status zawodowy/ occupational status	154,2545		df= 176	p = 0,87993

\* Założony poziom istotności  $\alpha = 0,05$ ,  $p < \alpha$  – hipoteza zerowa ( $H_0$ ) zostaje odrzucona na korzyść hipotezy alternatywnej ( $H_A$ ),  $\alpha = 0,05$  (oznacza to, że istnieje zależność między badanymi zmiennymi).  $p \geq \alpha$  brak jest podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej  $H_0$  (przyjmujemy, że pomiędzy badanymi zmiennymi nie istnieje zależność)/ \*Assumed significance level  $\alpha = 0.05$ ,  $p < \alpha$  – the null hypothesis ( $H_0$ ) is rejected in favor of the alternative hypothesis ( $H_A$ ),  $\alpha = 0.05$  (this means that there is a relationship between the variables under study).  $p \geq \alpha$  there is no basis for rejecting the null hypothesis  $H_0$  (we assume that there is no relationship between the variables under study).

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

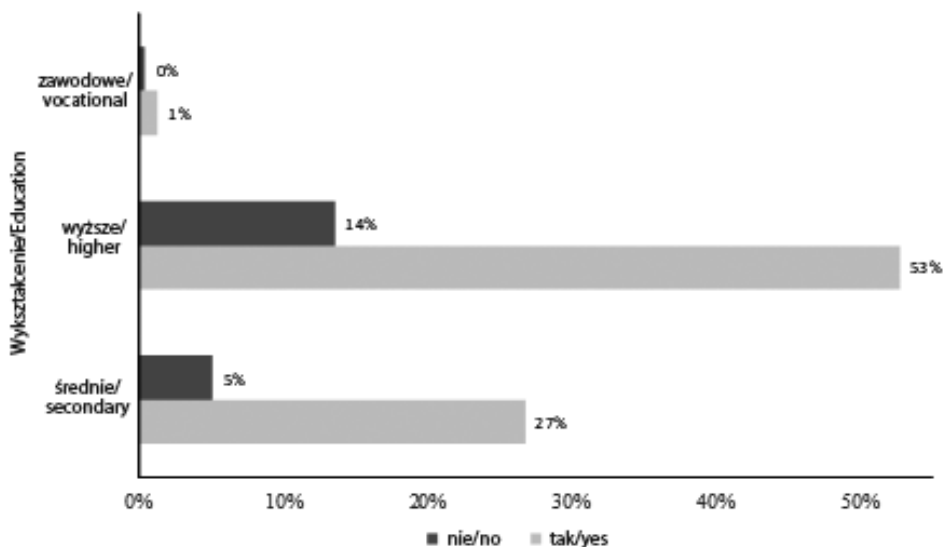


**Rys. 2.** Znajomość terminu międzynarodowych jednostek goryczy IBU w zależności od wieku respondentów

**Fig. 2.** Knowledge of the term of international bitterness units IBU depending on the age of respondents

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

Podobnie jak płeć wykształcenie respondentów nie miało istotnego wpływu na znajomość definicji IBU. Spośród osób ankietowanych najczęściej deklarowało wyższe wykształcenie (66,3%), następnie średnie (31,9%) i zawodowe 1,7% (rys. 3). Definicje IBU znała większość osób z wykształceniem wyższym (52,7%) oraz średnim (26,8%). W badaniu tym wzięło udział najczęściej osób pracujących (77,45%), które w większości deklarowały poprawną znajomość terminu IBU (62,13%). Najwięcej ankietowanych deklarujących brak wiedzy na temat jednostek IBU to osoby bezrobotne.



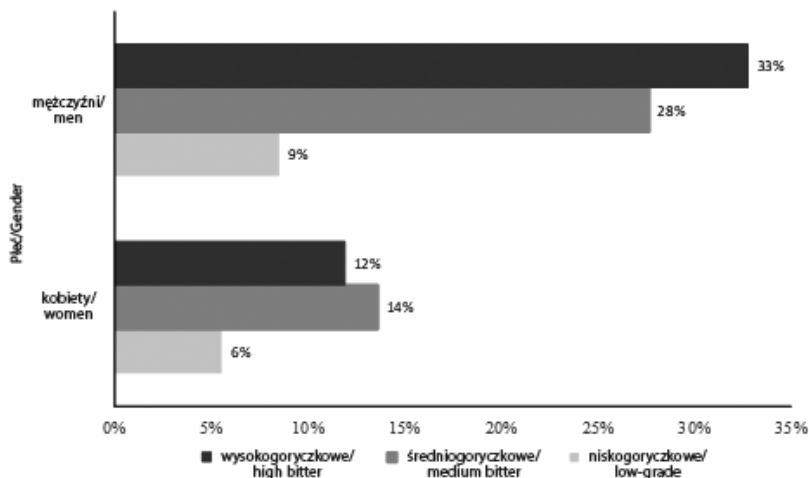
**Rys. 3.** Znajomość terminu międzynarodowych jednostek goryczy IBU w zależności od wykształcenia respondentów

**Fig. 3.** Knowledge of the term of international bitterness units IBU depending on the education of the respondents

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

Zdanie respondentów wobec wyboru rodzaju piwa o różnym natężeniu goryczki było podzielone, część z nich preferowała piwo średniogoryczkowe (41,2%) i niemal taki sam odsetek respondentów wysokogoryczkowe (44,6%). Jedynie wśród 14,0% respondentów preferencje dotyczyły piwa niskogoryczkowego. Większość zarówno kobiet, jak i mężczyzn deklarowała, że preferują średniogoryczkowe i wysokogoryczkowe piwa (rys. 4). Wśród ankietowanych kobiet nieco więcej deklarowało, że preferuje piwa średniogoryczkowe niż wysokogoryczkowe, natomiast wśród mężczyzn tendencja ta była odwrotna. Preferencje wobec natężenia goryczki w piwach były zróżnicowane w zależności od wieku (rys. 5). W grupie wiekowej 18-24 lata respondenci najczęściej deklarowali wybór piw średniogoryczkowych, natomiast w grupie wiekowej 25-39 lat – wysokogoryczkowych (rys. 5).

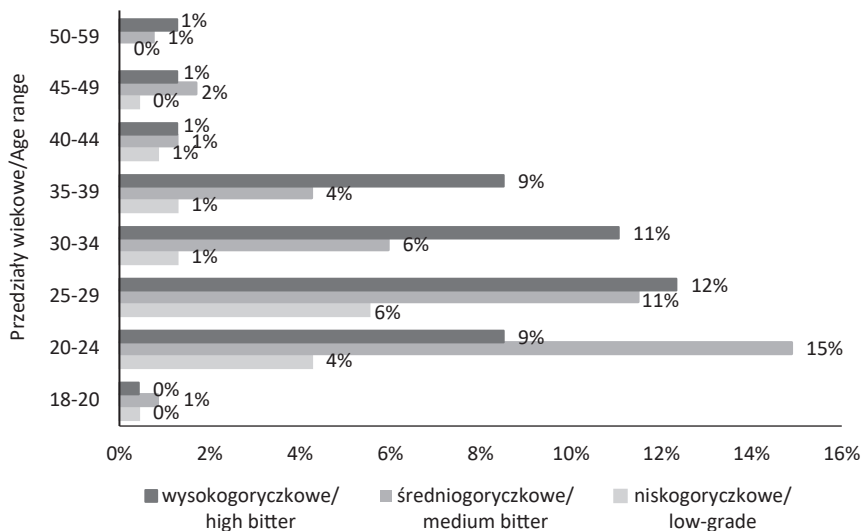




**Rys. 4.** Preferencje respondentów (w zależności od płci) wobec wyboru piwa o różnym stężeniu cech goryczkowych

**Fig. 4.** The preferences of the respondents (depending on gender) towards the choice of beer with a different concentration of bitter characteristics

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

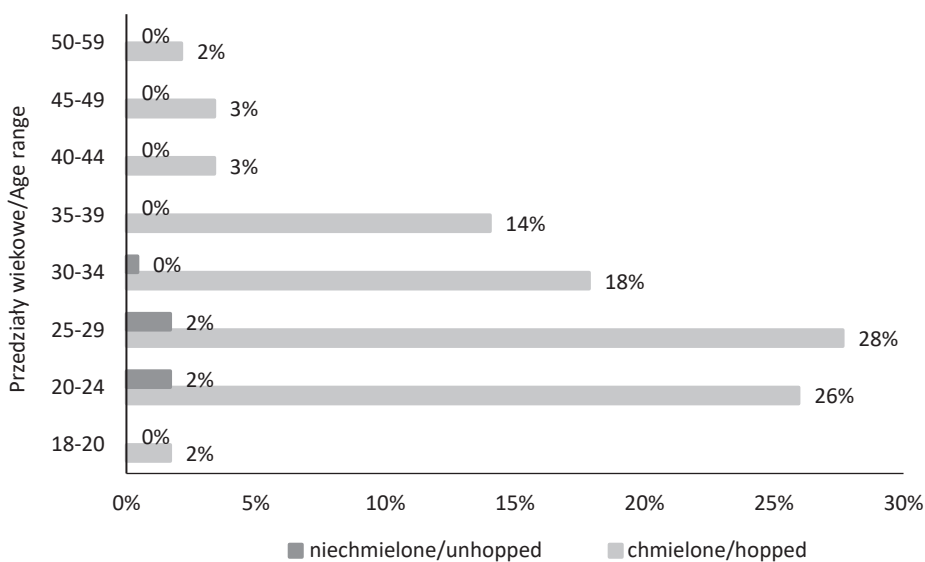


**Rys. 5.** Preferencje respondentów (w zależności od wieku) wobec wyboru piwa o różnym stężeniu cech goryczkowych

**Fig. 5.** The preferences of the respondents (depending on the age) towards the choice of beer with a different concentration of bitter characteristics

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

W opinii respondentów piwa chmielone są zdecydowanie częściej spożywanym trunkiem niż niechmielone. Aż 96,1% ankietowanych preferuje piwa chmielone, jedynie 3,8% respondentów miała odmienną opinię (rys. 6). Były to głównie osoby w wieku 20-29 lat oraz niewielka grupa osób w wieku 30-34 lat, stanowiąca niepełna 1% wśród respondentów preferujących piwo niechmielone. Spośród 31% ankietowanych kobiet większość (29,3%) deklaruowała spożycie piw chmielonych, podobnie wśród 69% ankietowanych mężczyzn aż 66,8% podzielała tę opinię (rys. 7). Respondenci deklarujący wybór piw chmielonych najczęściej byli osobami pracującymi (74%) lub studentami (12,7%), ponadto ankietowani deklarujący wybór piw chmielonych najczęściej mieli wykształcenie wyższe (63,8%) lub średnie (30,6%).

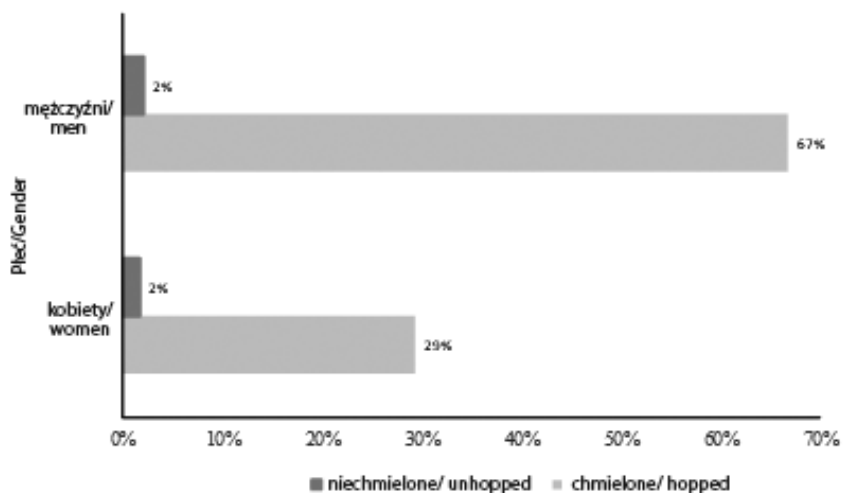


**Rys. 6.** Preferencje respondentów (w zależności od wieku) wobec wyboru piwa chmielonego lub niechmielonego

**Fig. 6.** The preferences of the respondents (depending on age) towards the choice of hopped or no hopped beer

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

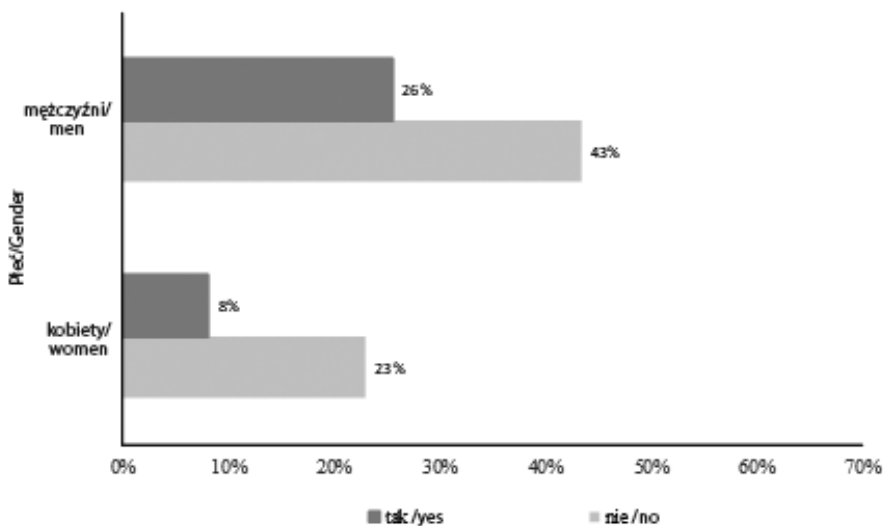
Kolejnym rozpatrywanym aspektem dotyczącym preferencji respondentów wobec występowania goryczy w piwach była kwestia dotycząca zauważalnych różnic w intensywności goryczy na podstawie zmienności barwy piwa. Większość respondentów (66,3%) deklaruowała, że nie zauważa istotnej różnicy w intensywności goryczy piwa uwzględniając jego barwę (rys. 8). Spośród 31% ankietowanych kobiet jedynie 8% deklaruowało, że zauważa różnicę w goryczy piwa na podstawie jego barwy, a 23% kobiet twierdziło, że jej nie zauważają. W przypadku mężczyzn (odsetek 69% ankietowanych) 26% potwierdziło zauważalną różnicę w intensywności



**Rys. 7.** Preferencje respondentów (w zależności od płci) wobec wyboru piwa chmielonego lub niechmielonego

**Fig. 7.** The preferences of the respondents (depending on gender) towards the choice of hopped or no hopped beer

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

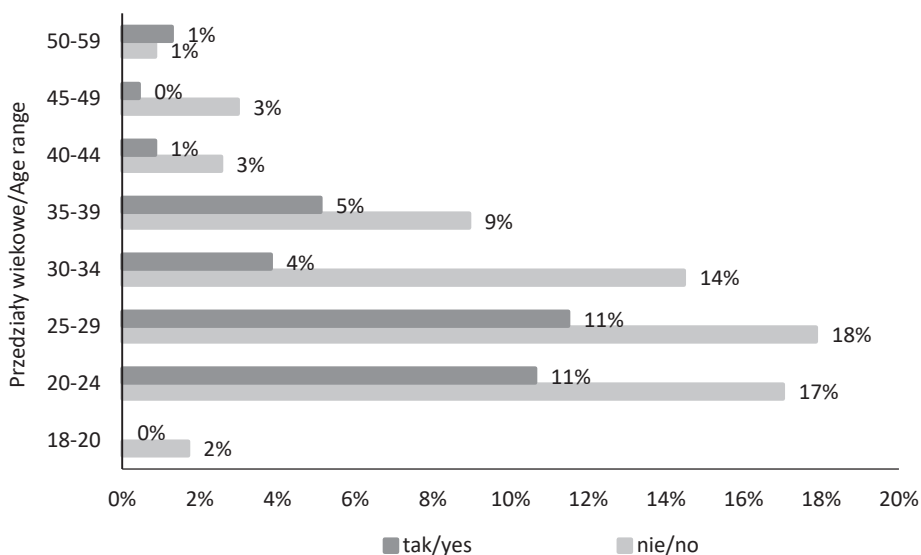


**Rys. 8.** Deklaracje kobiet i mężczyzn dotyczące zmian w intensywności goryczy piwa na podstawie jego barwy

**Fig. 8.** Declarations of women and men regarding changes in the intensity of the bitterness of beer based on its color

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

goryczy na podstawie zmiany barwy piwa, ale zdecydowana większość z nich (43%) nie dostrzegła istotnych zmian goryczki idących w parze ze zmianą barwy piwa. W badaniu tym 66,3% respondentów deklaroowało wyższe wykształcenie, natomiast średnie 31,9%. Największy odsetek osób, które potrafiły określić intensywność goryczy piwa po jego barwie, odnotowano w przedziale wiekowym 20-24 i 25-29 lat (rys. 9). Z badań wynika również, że większość osób, które nie zauważają różnicy w intensywności goryczy na podstawie jego barwy, deklaroowała wykształcenie wyższe (45,5%) lub średnie (20,4%) (rys. 10). Zarówno płeć respondentów, jak i pozostałe analizowane czynniki socjodemograficzne (wiek, wykształcenie i status zawodowy) nie miały istotnego wpływu na to, czy respondenci potrafią rozpoznać smak goryczy w piwach na podstawie barwy.

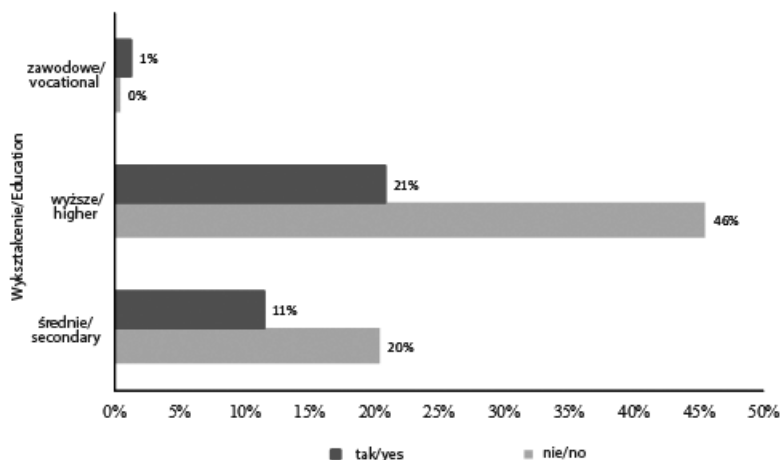


**Rys. 9.** Umiejętność rozpoznania intensywności cech goryczkowych piw na podstawie ich barwy w różnych przedziałach wiekowych respondentów

**Fig. 9.** The ability to recognize the intensity of the bitter features of beers on the basis of their color in various age groups of the respondents

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

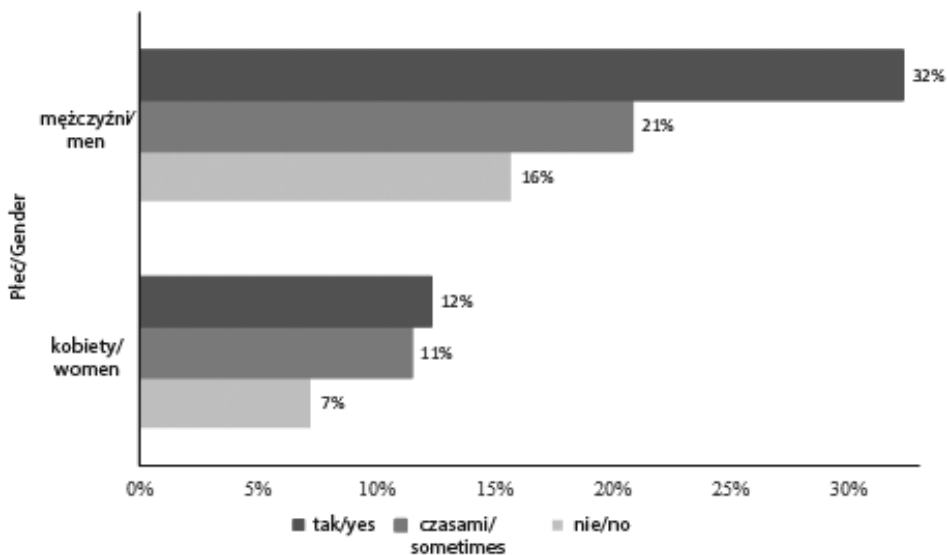
Stopień chmielenia piwa, jako informacja wskazująca na odczucie goryczy w piwach, przed ich zakupem był najczęściej sprawdzany przez mężczyzn (rys. 11). Z przeprowadzonych badań wynika, że 44,6% respondentów ogółem czyta etykiety piw przed zakupem w celu sprawdzenia stopnia chmielenia piwa, w tym 32% mężczyzn i 12% kobiet. Również dość liczna grupa ankietowanych (32,3%) deklaruje, że czasami sprawdza etykiety piw przed zakupem, natomiast 22,9% respondentów nie szuka informacji na etykietach przed zakupem piwa.



**Rys. 10.** Umiejętność rozpoznania intensywności cech goryczkowych piw na podstawie ich barwy w zależności od wykształcenia respondentów

**Fig. 10.** The ability to recognize the intensity of the bitter features of beers on the basis of their color depending on the education of the respondents

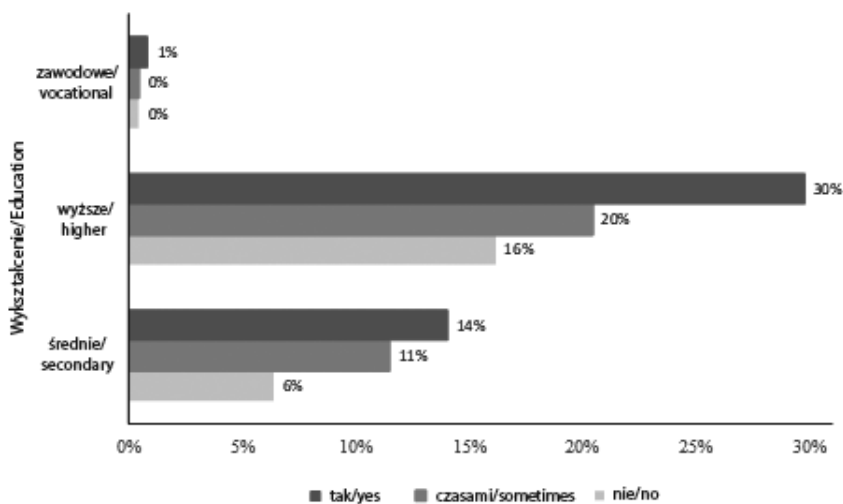
Źródło/Source: badania własne/authors' own study.



**Rys. 11.** Odczytywanie przez respondentów (w zależności od płci) stopnia nachmienia piwa z etykiety przed jego zakupem

**Fig. 11.** Reading the hopping degree of beer from the label by respondents before buying it (depending on gender)

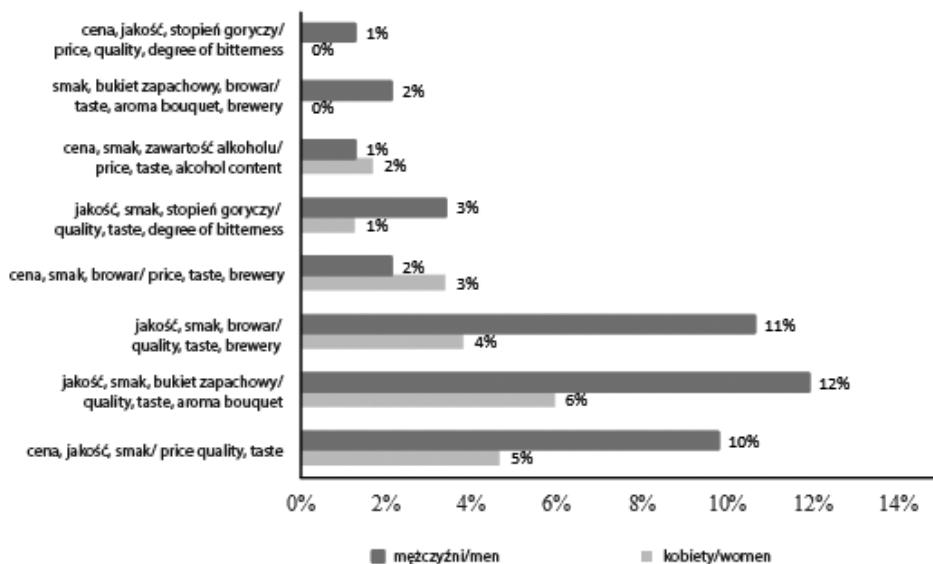
Źródło/Source: badania własne/authors' own study.



Rys. 12. Odczytywanie przez respondentów (w zależności od wykształcenia) stopnia nachmielenia piwa z etykiety przed jego zakupem

Fig. 12. Reading the hopping degree of beer from the label by respondents before buying it, (depending on education)

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.



Rys. 13. Kluczowe determinanty wpływające na zakup piwa

Fig. 13. Key determinants influencing the purchase of beer

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

Tendencja sprawdzania na etykiecie stopnia chmielenia piwa przed zakupem była taka sama wśród ankietowanych kobiet i mężczyzn. Największy odsetek zarówno kobiet, jak i mężczyzn deklarował, że zawsze czyta etykiety piw przed zakupem, kolejno ankietowani deklarowali, że czasami je czytają, a najmniejszy odsetek respondentów niezależnie od płci deklarował, że nie sprawdza tych informacji na etykiecie przed zakupem.

Wykształcenie osób ankietowanych nie wpływało istotnie na poszukiwanie informacji odnośnie stopnia chmielenia piwa (rys. 12). W opinii respondentów kluczowymi determinantami wpływającymi na zakup piw była jakość piw, smak oraz cena. Te trzy cechy były wymieniane jako najistotniejsze zarówno dla kobiet, jak i dla mężczyzn (rys. 13).

### **Prognozowanie smaku gorzkiego składników goryczkowych piw metodą farmakoforową**

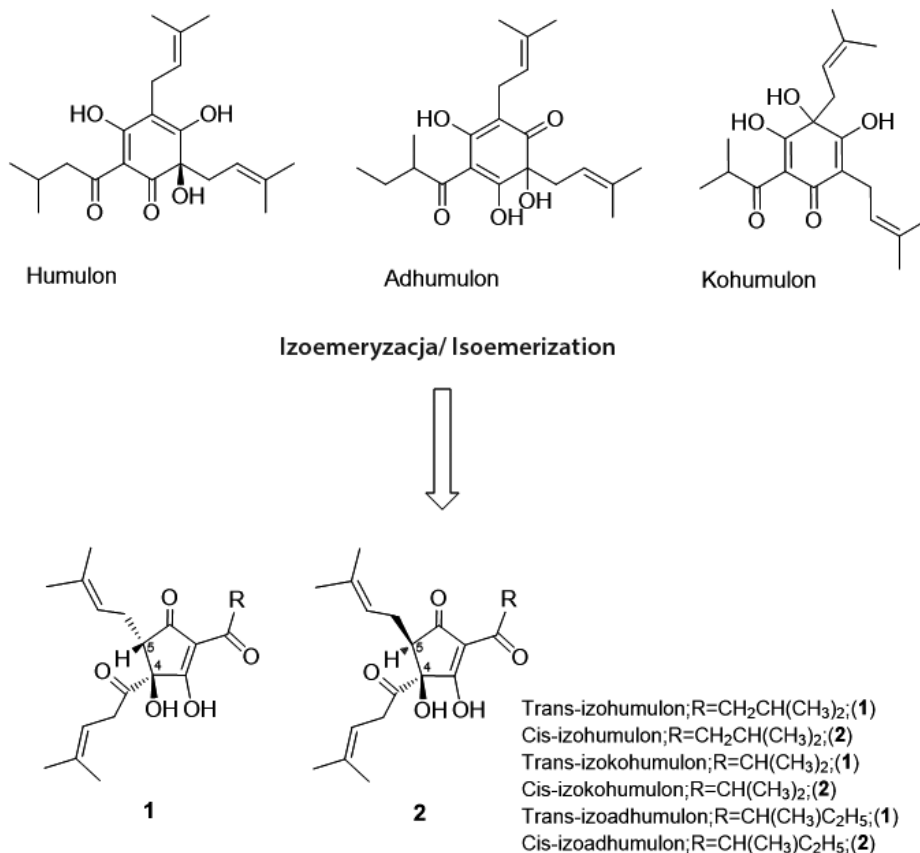
Na podstawie badań literaturowych wyłoniono grupę humulonów i izohumulonów (takich jak humulon, adhumulon, kohumulon oraz izohumulon, izoadhumulon, izokohumulon) będących głównymi składnikami ekstraktów chmielowych odpowiedzialnych za goryczkę piwa (Izawa, Amino, Kohmura, Ueda i Kuroda, 2010). W wyniku reakcji izomeryzacji humulony przekształcane są w izohumulony (rys. 14) (Skorek i Hubicki, 2011). Proces ten powoduje wzrost wartości goryczki piwa w jednostkach IBU (*International Bitterness Units*). Ponadto izohumulony są bardzo dobrze rozpuszczalne w wodzie, co jest niezmiernie istotne dla całego procesu produkcji piwa, a przede wszystkim dla intensyfikacji jego cech smakowych. Trzecim bardzo ważnym elementem jest spadek stopnia pienistości piwa (zmniejszenie zawartości humulonów do izohumulonów) i wzrost jego goryczki.

Smak gorzki jest możliwy do rozpoznania przez ludzi dzięki obecności grupy receptorów sprzężonych z białkiem G (GPCR) (Nowak i in., 2018; Reichling, Meyerhof i Behrens, 2008). Obecnie znanych jest około 30 jednostek białek receptorowych zaliczanych do rodziny receptorów smaku gorzkiego (TAS2R). Smak gorzki różnych substancji znajdujących się w żywności jest rozpoznawany przez te receptory (TAS2R), ulokowane w tzw. kubkach smakowych zlokalizowanych w obrębie całej jamy ustnej (Behrens i Meyerhof, 2013; Biarnés i in., 2010; Kuhn, Bufe, Batram i Meyerhof, 2010; Shi i Zhang, 2006). Za pomocą receptorów TAS2R możliwe jest rozpoznawanie w zasadzie wszystkich prostych i złożonych gorzkich substancji smakowych zawartych w żywności (Soares i in., 2018).

Ustalenie w jakim stopniu poszczególne składniki ekstraktów chmielowych kształtują ich jakość smakową (goryczkę) jest bardzo istotne do sterowania składem goryczki tychże ekstraktów. Może również wskazywać na wybór odpowiedniej metody izomeryzacji ekstraktów chmielowych.

W celu określenia różnic intensywności smaku gorzkiego (ISG) podstawowych składników ekstraktów chmielowych z grupy humulonów i izohumulonów zastosowano projektowanie farmakoforowe. Prowadząc analizę farmakoforową

posłużono się autorskim tzw. prostym modelem farmakoforowym (Simple Pharmacophore Model, SPM).



Rys. 14. Izoemeryzacja struktur humulonów do izohumulonów

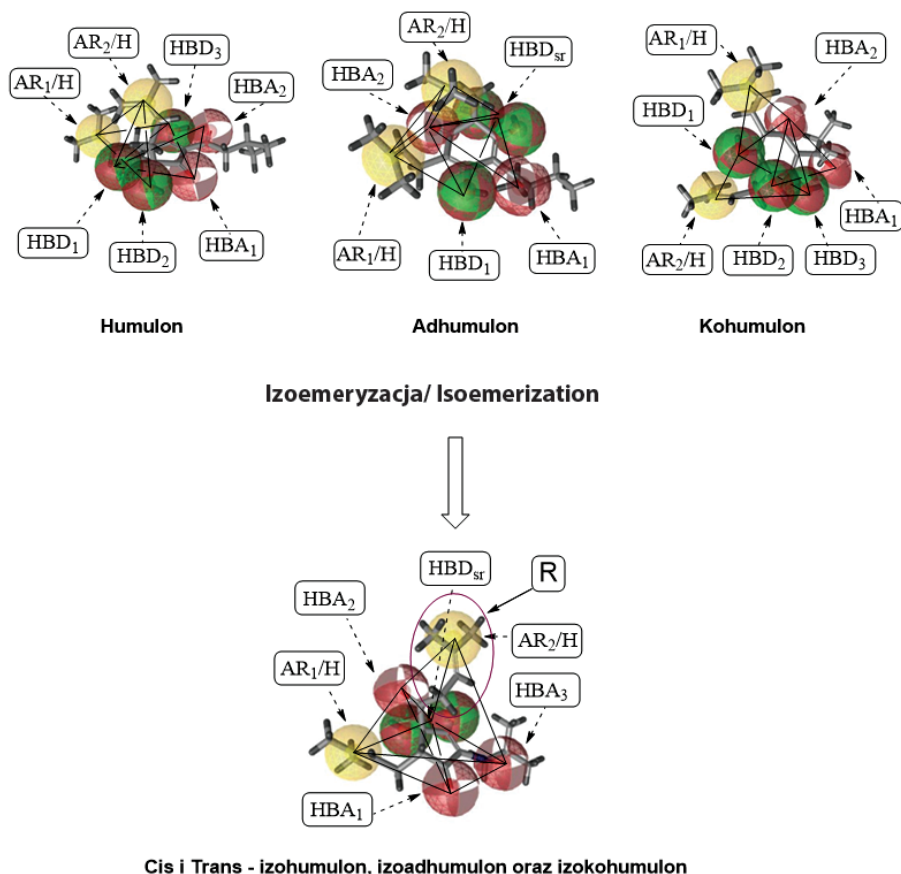
Fig. 14. Isomerization of humulone structures to isohumulones

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

Stosując SPM zidentyfikowano obszary cząsteczek humulonów i izohumulonów, odpowiedzialne za stymulację smakową (rys. 15). Optymalizacje geometrii struktur cząsteczek humulonów i izohumulonów zostały przeprowadzone na podstawie teorii funkcjonałów gęstości DFT (*Density Functional Theory*) z B3LYP z zastosowaniem wody jako rozpuszczalnika – model CPCM (*Conducting Polarized Continuum Model*) (Alibakhshi i Hartke, 2021; Jesus, Lopes, Ermelinda, Eusébio i Redinha, 2008; Takano i Houk, 2005). Uzyskane cechy przestrzenne przekształcone zostały na aktywność smakową za pomocą odpowiednich równań, uwzględniają-



cych liczebność miejsc aktywnych (tzw. funkcji farmakoforowych) i trójcentrowych reprezentacji stymulujących receptory smaku gorzkiego.



**Rys. 15.** Rozmieszczenie funkcji farmakoforowych w humulonach i izohumulonach – głównych składnikach gorzkwych piw chmielonych (AR/H – żółty lub szary; HBA – czerwony; HBD – zielony) wraz z identyfikacją trójcentrowych reprezentacji farmakoforowych **Fig. 15.** Distribution of pharmacophore functions in humulones and isohumulones – the main components of bitter hopped beers (AR/H – yellow or gray; HBA – red; HBD – green) with the identification of tricenter pharmacophore representations

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

Wyniki modelowania farmakoforowego metodą SPM (Kikut-Ligaj, 2014; 2019) wraz z prognozowanymi zmianami wartości ISG dla badanych cząsteczek humulonów i izohumulonów przedstawiono w tab. 3.

Liczbę obszarów farmakoforowych wyraża parametr LPI (liczba punktowych interakcji), a liczbę trójcentrowych reprezentacji farmakoforowych wskaźnik LIS

**Tabela 3.** Zidentyfikowane funkcje i reprezentacje farmakoforowe oraz prognozowana intensywność smaku gorzkiego (ISG<sub>p</sub>) dla badanej grupy humulonów i izohumulonów

**Table 3.** Identified pharmacophore functions and representations as well as the predicted intensity of bitter taste (ISG<sub>p</sub>) for the studied group of humulones and isohumulones

Nazwa liganda/ Ligand name	Wyodrębnione funkcje (A) i reprezentacje farmakoforowe (B)/ Extracted functions (A) and pharmacophore representations (B)	Prognozowana wartość ISG <sub>p</sub> ISG <sub>p</sub> = (∑LPI + ∑LIS) × k/ Predicted ISGP value ISG <sub>p</sub> = (∑LPI+ ∑LIS) × k)
Humulon	<p>(A) AR<sub>1</sub>/H; AR<sub>2</sub>/H; HBA<sub>1</sub>; HBA<sub>2</sub>; HBD<sub>1</sub>; HBD<sub>2</sub>; HBD<sub>3</sub></p> <hr/> <p>(B) AR<sub>1</sub>/H–AR<sub>2</sub>/H–HBD<sub>2</sub> AR<sub>1</sub>/H–AR<sub>2</sub>/H–HBD<sub>3</sub> HBD<sub>1</sub>–AR<sub>2</sub>/H–HBD<sub>2</sub> HBD<sub>1</sub>–HBD<sub>3</sub>–HBA<sub>1</sub> HBD<sub>1</sub>–HBA<sub>2</sub>–HBA<sub>1</sub></p>	(7 + 5) × 10 = 120
Adhumulon	<p>(A) AR<sub>1</sub>/H; AR<sub>2</sub>/H; HBA<sub>1</sub>; HBA<sub>2</sub>; HBD<sub>1</sub>; HBD<sub>sr</sub></p> <hr/> <p>(B) AR<sub>1</sub>/H–HBA<sub>2</sub>–AR<sub>2</sub>/H AR<sub>1</sub>/H–HBA<sub>2</sub>–HBD<sub>1</sub> HBA<sub>2</sub>–AR<sub>2</sub>/H–HBD<sub>sr</sub> HBA<sub>2</sub>–HBD<sub>sr</sub>–HBD<sub>1</sub> HBA<sub>2</sub>–HBD<sub>sr</sub>–HBA<sub>1</sub></p>	(6 + 5) × 10 = 110
Kohumulon	<p>(A) AR<sub>1</sub>/H; AR<sub>2</sub>/H; HBA<sub>1</sub>; HBA<sub>2</sub>; HBD<sub>1</sub>; HBD<sub>2</sub>; HBD<sub>3</sub></p> <hr/> <p>(B) AR<sub>1</sub>/H–HBD<sub>1</sub>–HBD<sub>3</sub> HBD<sub>1</sub>–AR<sub>2</sub>/H–HBA<sub>2</sub> HBD<sub>1</sub>–HBA<sub>2</sub>–HBD<sub>3</sub> HBD<sub>2</sub>–HBA<sub>2</sub>–HBA<sub>1</sub></p>	(7 + 4) × 10 = 110
Cis (trans) – izohumulon Cis (trans) – izoadhumulon Cis (trans) – izokohumulon	<p>(A) AR<sub>1</sub>/H; AR<sub>2</sub>/H; HBA<sub>1</sub>; HBA<sub>2</sub>; HBA<sub>3</sub>; HBD<sub>sr</sub></p> <hr/> <p>(B) HBA<sub>3</sub>–HBD<sub>1</sub>–AR<sub>1</sub>/H HBA<sub>3</sub>–HBA<sub>1</sub>–HBD<sub>sr</sub> HBA<sub>1</sub>–AR<sub>1</sub>/H–HBD<sub>sr</sub> HBA<sub>3</sub>–AR<sub>1</sub>/H–HBD<sub>sr</sub> AR<sub>1</sub>/H–HBA<sub>2</sub>–HBA<sub>sr</sub> HBD<sub>sr</sub>–HBA<sub>2</sub>–AR<sub>2</sub>/H HBA<sub>1</sub>–AR<sub>1</sub>/H–HBA<sub>2</sub> HBA<sub>3</sub>–HBA<sub>2</sub>–HBD<sub>sr</sub> HBA<sub>3</sub>–HBD<sub>sr</sub>–AR<sub>2</sub>/H HBA<sub>1</sub>–HBA<sub>2</sub>–HBD<sub>sr</sub></p>	(6 + 10) × 10 = 160

Źródło/Source: badania własne/authors' own study.

(liczba interaktywnych stymulacji. Współczynnik  $k$  jest stałą liczbową (proporcjonalności) równania smakowego. Rozmieszczenie funkcji farmakoforowych i reprezentacji występujących w izohumulonach przedstawiono zbiorczo, opierając się na strukturze izohumulonu (rys. 15), co wynika z niewielkich różnic pod względem budowy farmakoforowej tychże związków, które dotyczą wyłącznie obszaru R (usytuowania przestrzennego funkcji  $AR_2/H$ ).

Na podstawie przeprowadzonej analizy metodą SPM stwierdzono, że humulon ma siedem obszarów odpowiedzialnych za punktowe interakcje smakowe (HBD1, HBD2, HBD3, HBA1, HBA2 i AR1/H i AR2/H) oraz pięć trójcentrowych reprezentacji farmakoforowych zdolnych do oddziaływania z receptorami smaku gorzkiego (rys. 15; tab. 3).

Adhumulon natomiast dysponuje sześcioma obszarami uczestniczącymi w punktowej aktywacji receptorów TAS2R (HBD1, HBD<sub>sr</sub>, HBA1, HBA2 i AR1/H i AR2/H) oraz pięcioma trójcentrowymi reprezentacjami farmakoforowymi zdolnymi do oddziaływania z receptorami smaku gorzkiego (rys. 15; tab. 3). Z kolei ostatni z analizowanych humulonów – kohumulon ma siedem obszarów punktowych interakcji (HBD1, HBD2, HBD3, HBA1, HBA2 i AR1/H i AR2/H) oraz cztery trójcentrowe reprezentacje farmakoforowe (rys. 15; tab. 3).

W przypadku izohumulonów (rys. 15; tab. 3), czyli badanych form cis i trans izohumulonu, izoadhumulonów oraz izokohumulonów, zaobserwowano sześć funkcji farmakoforowych –  $AR_1/H$ ;  $AR_2/H$ ;  $HBA_1$ ;  $HBA_2$ ;  $HBA_3$ ;  $HBD_{sr}$  oraz dziesięć trójcentrowych reprezentacji farmakoforowych (tab. 3).

Rezultatem przeprowadzonej analizy farmakoforowej są wartości prognozowanych indeksów gorzkości (ISG<sub>p</sub>) dla badanych humulonów i izohumulonów (tab. 3). Wskazują one, że wśród humulonów najwyższą prognozowaną wartość intensywności smaku gorzkiego (ISG<sub>p</sub>) ma humulon (ISG<sub>p</sub> = 120); dla adhumulonów i kohumulonów wynosi ona 110. W przypadku izohumulonów wykazano, że wartość intensywności smaku gorzkiego przyjmuje znacznie wyższą wartość ISG<sub>p</sub> = 160.

## 4. Podsumowanie

Wyniki ankiet pozwoliły poznać preferencje konsumentów na temat wyboru różnych rodzajów piw, ze szczególnym uwzględnieniem opinii respondentów na temat występowania cech goryczkowych w piwach. Większość osób ankietowanych (96,1%) preferuje piwa chmielone, a jedynie niewielki odsetek respondentów nie akceptuje goryczki w piwach. Z analizy statystycznej ankiet wynika, że wraz ze wzrostem świadomości konsumenckiej rośnie również poziom akceptacji wysokich stężeń goryczy w piwach. Ponadto stwierdzono, że wiedza respondentów na temat asortymentu i cech jakościowych piw jest na wysokim poziomie, co sugeruje, że konsumenci są bardzo zainteresowani rynkiem piw i jego ofertą. Przeważająca grupa respondentów (80,8%) niezależnie od płci i wykształcenia zadeklarowała znajomość, pojęcia międzynarodowych jednostek goryczy IBU (*International Bitterness Units*),

stosowanych do oceny stopnia nachmienia/goryczy piwa. Największą grupę ankietowanych (77%) stanowiły również osoby deklarujące sprawdzanie wartości IBU piwa przed jego zakupem. Wykazano również, że istotnym determinantem wiedzy respondentów w zakresie znajomości międzynarodowych jednostek goryczy IBU był także wiek osób biorących udział w badaniu ankietowym. Największy (71,9%) odsetek ankietowanych znających termin IBU stwierdzono wśród osób w przedziale wiekowym 20-39 lat. Zarówno płeć, jak i pozostałe czynniki socjodemograficzne, takie jak wykształcenie czy status zawodowy, nie wpływały istotnie na deklarowany przez respondentów wybór piw z grupy nisko-, średnio- i wysokochmielonych.

Z badań wynika, że respondenci przeważnie preferują piwa chmielone, sprawdzają informacje na temat stopnia chmielenia piwa zawarte na etykiecie produktu przed zakupem i jednocześnie nie traktują barwy piwa jako głównego czynnika świadczącego o intensywności jego goryczy. Fakt ten wskazuje, że respondenci są przekonani, że barwa piwa nie jest tylko związana ze stopniem nachmienia piw, lecz z innymi cechami nadawanymi im w trakcie procesu produkcji. Może to wynikać zarówno ze złożoności asortymentu piw obecnych na rynku, jak i ze zmienności cech jakościowych, jakie one wykazują.

Na podstawie przeprowadzonych badań prognozowania smaku gorzkiego metodą farmakoforową dla dominujących składników goryczkowych piw chmielonych stwierdzono, że w celu maksymalizacji (minimalizacji) stopnia IBU piw należy kierować się różnicami w stopniu goryczki pomiędzy humulonami i izohumulonami wynikającej z różnic w prognozowanej intensywności smaku gorzkiego (ISGp). Różnica ta może być niezmiernie przydatna do sprecyzowania proporcji humulonów do izohumulonów w każdym z gatunków piw, czy to z grupy nisko-, średnio- czy też wysokochmielonych. Oznacza to kompletne zapewnienie odpowiedniej jakości smakowej różnym gatunkom piw chmielonych poprzez sterowanie ich cechami organoleptycznymi za pomocą metod farmakoforowych takich jak model SPM.

## Literatura

- Aquilani, B., Laureti, T. S., Poponi, S. i Secondi, L. (2015). Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. *Food Quality and Preference*, 41, 214-224.
- Alibakhshi, A. i Hartke, B. (2021). Improved prediction of solvation free energies by machine-learning polarizable continuum solvation model. *Nature Communications*, 12(3584). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23724-6>
- Behrens, M. i Meyerhof, W. (2013). Bitter taste receptor research comes of age: From characterization to modulation of TAS2Rs. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 24(3), 215-221.
- Bogdan, P. i Kordialik-Bogacka, E. (2016). Aktywność przeciwutleniająca piw produkowanych z dodatkiem niesłodowanej komosy i amarantusa. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 23(3), 118-126.
- Biarnés, X., Marchiori, A., Giorgetti, A., Lanzara, C., Gasparini, P., Carloni, P., ... Meyerhof, W. (2010). Insights into the binding of phenyltiocarbamide (PTC) agonist to its target human TAS2R38 bitter receptor. *PubMed Central PLOS ONE*, 5(8), e12394.

- Gościnną, K., Pobereźny, J., Wszelaczyńska, E., Łaba, S. i Świerczyński, K. (2019). Projektowanie funkcjonalnych piw rzemieślniczych o właściwościach prozdrowotnych. *Przemysł Spożywczy*, 73(8), 64-70.
- Izawa, K., Amino, Y., Kohmura, M., Ueda, Y. i Kuroda, M. (2010). Human–Environment Interactions – Taste, Humulone. W: B. Hung-Wen Liu, L. Mander (red.), *Comprehensive natural products II* (s. 631-671). Elsevier.
- Kikut-Ligaj, D. (2014). Prediction of the bitter taste of chromones and furochromones using Simple Pharmacophore Model (SPM). *Food. Science. Technology. Quality*, 1(92), 200-214.
- Kikut-Ligaj, D. (2019). Perspectives of the control of the taste quality of products based on the Simple Pharmacophore Model (SPM). W: D. Gwiazdowska i K. Juś (red.), *Current trends in quality science – product and technology innovations* (s. 171-184). Poznań: Wydawnictwo Naukowe: Sieć Badawcza Łukasiewicz- Instytut Technologii Eksploatacji.
- Kuhn, C., Buße, B., Batram, C. i Meyerhof, W. (2010). Oligomerization of TAS2R bitter taste receptors. *Chemical Senses*, 35(5), 395-406.
- Nowak, S., Di Pizio, A., Levit, A., Niv, M. Y., Meyerhof, W. i Beherens, M. (2018). Reengineering the ligand sensitivity of the broadly tuned human bitter taste receptor TAS2R14. *Biochimica et Biophysica. Acta (BBA) General Subjects*, 1862, 2162-2173.
- Nunes, S. C., Jesus, Lopes, A. J., Ermelinda, M., Eusébio, S. i Redinha, J. S. (2008). Conformational preferences of 2-isopropylaminoethanol in aqueous solution using the CPCM continuum solvation model. *Journal of Molecular Structure*, 867(1-3), 101-106.
- Oladokun, O., Tarrega, A., James, S., Smart, K., Hort, J. D. i Cook, D. (2016). The impact of hop bitter acid and polyphenol profiles on the perceived bitterness of beer. *Food Chemistry*, 205, 212-220.
- Reichling, C., Meyerhof, W. i Behrens, M. (2008). Functions of human bitter taste receptor depend on N-glycosylation. *Journal of Neurochemistry*, 106(3), 1138-1148.
- Rynek napojów alkoholowych w Polsce, część 1*. KPMG w Polsce. (2014). Pobrane z <https://assets.kpmg>
- Shi, P. i Zhang, J. (2006). Contrasting modes of evolution between vertebrate sweet/umami receptor genes and bitter receptor genes. *Molecular Biology and Evolution*, 23(2), 292-300.
- Skorek, U. i Hubicki, Z. (2011). Intensyfikacja wykorzystania ekstraktu chmielowego do produkcji piwa. *Chemik*, 65(3), 160-163.
- Soares, S., Silva, M. S., Garcia-Estevez, I., Großmann, P., Brás, N., Brandao, E., ... Meyerhof, W. (2018). Human bitter taste receptors are activated by different classes of polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 8814-8823.
- Takano, Y. i Houk, K. N. (2005). Benchmarking the Conductor-like Polarizable Continuum Model (CPCM) for aqueous solvation free energies of neutral and ionic organic molecules. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 1(1), 70-77.
- Zhao, H., Li, H., Sun, G., Yang, B. i Zhao, M. (2013). Assessment of endogenous antioxidant compounds and antioxidant activities of lager beers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 910-917.