**Производство молочного шоколада без сахарозы с использованием наполнителей и некалорийных подсластителей**

Каролина Агилар-Вилла (Carolina Aguillar-Villa)1, Элли Ваннеса Акоста-Оталваро (Elly Vannesa Acosta-Otálvaro)1, Эдуардо Родригес-Сандовал (Eduardo Rodríguez-Sandoval)2\*, Хуан Камильо Мазо-Ривас (Juan Camilo Mazo-Rivas)1

**Резюме**

Сахароза играет важную роль в производстве шоколада, определяя его текстуру и сенсорное восприятие. Цель исследования заключалась в том, чтобы изучить эффект добавления наполнителей и некалорийного подсластителя при приготовлении молочного шоколада без сахарозы. Был отобран один контрольный образец с сахарозой и 11 образцов, в которых варьировалось соотношение между наполнителями (мальтитол, полидекстроза, инулин) и некалорийным подсластителем (стевия), сохраняя сладость контрольного образца. Сенсорное восприятие каждого образца оценивалось с помощью тестов на предпочтение и по вкусовому профилю. Анализ главных компонент (PCA) показал, что составы с мальтитолом и стевией (F7) и мальтитолом, полидекстрозой, инулином и стевией (F10) наиболее схожи с контрольным образцом по своим вкусовым и качественным характеристикам. Концентрация полидекстрозы более 25% отрицательно повлияла на текстуру продукта. Состав F10 показал более высокое содержание пищевых волокон за счёт включения инулина.

**Ключевые слова:** шоколад, замена сахарозы, инулин, полидекстроза, мальтитол, стевия.

**Практическое применение:** использование наполнителей и некалорийных подсластителей для замены сахарозы в молочном шоколаде.

**1 Введение**

В шоколаде сахара выполняют важные функции, не ограничивающиеся лишь подслащиванием. Они используются как наполнители, модификаторы текстуры, усилители вкуса и консерванты. Применение сахара во многих продуктах питания обусловлено его чистым сладким вкусом с быстрым проявлением и минимальной стойкостью, в отличие от других подсластителей [Aidoo et al., 2013; Tavares et al., 2014]. При замене сахарозы в шоколаде использовались полидекстроза, инулин и мальтодекстрин в качестве наполнителей, демонстрируя удовлетворительные результаты вкусовых качеств в составах с соотношением инулина и полидекстрозы 75:25 и 50:50, соответственно [Gomes et al., 2007]. Образцы с мальтодекстрином не демонстрировали хорошей приемлемости продукта по сравнению с контрольным составом [Farzanmehr & Abbasi, 2009]. Айду и др. [Aidoo et al., 2014] отмечают, что инулин необходимо комбинировать с другими наполнителями, поскольку сам по себе инулин повышает вязкость шоколада, что может препятствовать полноценной обработке в процессе производства. Шах и др. [Shah et al., 2010] обнаружили, что рецептуры шоколада с инулином высокой степени полимеризации, стевией и полидекстрозой дают продукты по вкусовым и физико-химическим характеристикам очень похожие на молочный шоколад, подслащенный сахарозой. Наряду с ними, Сон и др. [Son et al., 2018] заявили, что мальтитол является отличной альтернативой, поскольку он не канцерогенен и имеет относительную сладость, очень близкую к сахарозе. Мальтитол также придаёт свойства устойчивости цвету конечного продукта, который может иметь более высокую стабильность при хранении по сравнению с шоколадом, содержащим сахарозу. Тем не менее, важно учитывать сложность достижения оптимальной синергии между вышеупомянутыми ингредиентами, чтобы гарантировать необходимые сенсорные, текстурные и функциональные свойства, или свойства, аналогичные образцу, подслащенному сахарозой.

Несмотря на представленную научную работу, молочный шоколад без сахарозы по рецептуре данного исследования изготовлен не был. С учётом этого целью данного исследования было изучение эффекта добавления наполнителей и некалорийного подсластителя при производстве молочного шоколада без сахарозы с сохранением его сенсорных и качественных характеристик, поскольку это является решающим фактором для одобрения и коммерциализации продукта [Oliveira et al., 2015; Markey et al., 2015].

**Таблица 1 –** Варьирование ингредиентов каждого состава относительно замещаемой сахарозы сладостью 44%.

**2 Материалы и методы**

***2.1 Материалы***

Был определён контрольный состав для приготовления молочного шоколада с использованием какао, масла какао, соевого лецитина CAS 8002-43-5, сахарозы CAS 57-50-1 и ароматических добавок. Аналогичным образом для образцов без сахарозы было использовано то же сырье в тех же пропорциях, а также мальтитол CAS 585-88-6, полидекстроза CAS 68424-04-4, инулин CAS 9005-80-5 и стевия CAS 57817-89-7 в качестве заменителя сахарозы. Инулин и полидекстроза относятся к наполнителям. Стевия является натуральным подсластителем, а мальтитол выполняет функции и наполнителя, и подсластителя. Сладость сахарозы в продукте составляет 44%. Это значение было рассчитано исходя из ингредиентов, придающих сладость молочному шоколаду, таких как сахароза, сухое цельное молоко и сухая молочная сыворотка (равенство 1). В таблице 1 приведены различные комбинации ингредиентов, заменяющих сахарозу, для каждого образца. Процент заменителей соответствует доле замещения сахарозы в контрольном составе с учётом её теоретического вклада в сладость продукта. Сладость ингредиентов определяется в сравнении с сахарозой, степень сладости которой принимается равной 100 [Edwards et al., 2016].

где n – количество ингредиентов, придающих сладость, %ID – процентная доля в составе ингредиентов, придающих сладость, а GD – степень сладости ингредиента.

***2.2 Базовые приготовления***

Контрольный состав, как и образцы были подготовлены на экспериментальной установке Центра исследований, развития и качества (CIDCA) компании "Compañía Nacional de Chocolates" (CNC). Какао-масло и тёртое какао получили путём обжарки, дробления и прессования на производственном предприятии CNC. Высушенное сырьё подверглось уменьшению размера частиц в рафинёре "Bühler" ("Bühler", "SDY-300", Узвиль, Швейцария) до размера частиц, близкого к 18–22 мкм. Смесь сухих ингредиентов, какао-масла и тёртого какао готовилась в миксере "Hobart" ("Hobart Corporation", "SE 500 Hobart", Англия) в течение 15 мин. Процесс конширования проводили на оборудовании "Zum Wald" ("Maschinen- & Apparatebau", 030321, Швейцария) вместимостью 8 кг в течение 24 часов при температуре 50°C до получения шоколадной массы, пригодной для формовки. Порядок добавления ингредиентов и добавок осуществлялся согласно производственным протоколам. Затем образец темперировался на мраморном камне. Процесс темперирования начинался с полного расплавления жировой части шоколада при температуре 45°C. Затем проводилось охлаждение с высоким трением до достижения образцом температуры 27°C. После чего образец шоколада нагревали до 30°C, формовали в пластиковых лотках и охлаждали до 10-13°C. Затем продукт охлаждался в холодильнике "Thermo Scientific" ("Thermo Fisher Scientific", "Fridge Elextrolux", Уолтем, Массачусетс) при температуре 4-6°C и, наконец, упаковывался вручную.

***2.3 Сенсорный анализ***

Сенсорное восприятие для каждого состава оценивалось в группе из 6 регулярных потребителей контрольного молочного шоколада. Было предложено дать оценку сходства различных составов с контрольным образцом по шкале от 1 до 5 с соответствующими комментариями. Пять составов, получивших наивысшую оценку в анализе сенсорного восприятия, были подвергнуты описательному тесту, в частности – вкусовому профилю, в соответствии со стандартом "NTC 3929" Колумбийского института технических стандартов и сертификации от 1996 г., в котором было проведено сравнение с контрольным образцом по 6 вкусовым качествам. Оценивались следующие качества: сладкий, молочный, шоколадный, карамельный, горький и аромат. Кроме того, оценивалось такое качество текстуры, как скорость таяния, которая определялась как время, необходимое для таяния половины шоколадного ломтика при жевании во рту. Испытание для этого качества выполнялось в соответствии со стандартом "NTC 4489" Колумбийского института технических стандартов и сертификации от 1998 г. (методы определения текстурного профиля). Испытания проводились дегустационной комиссией Центра исследований, развития и качества (CIDCA, CNC) в Рионегро, Колумбия, в дегустационных кабинках с использованием программы "FIZZ Acquisition" версии 2.47, предназначенной для сенсорного анализа ("FIZZ Acquisition", "Biosystemes", V 2.47, Франция). В состав комиссии вошли 7 участников, предварительно прошедших обучение по стандартам "GTC 245-246" Колумбийского института технических стандартов и сертификации от 2014 г.

Кроме того, был проведён тест предпочтительности и сходства между контрольным образцом и образцами с наименьшим отличием, чтобы определить состав, наиболее схожий по сенсорным характеристикам с контрольным образцом. Тест проводился с применением программного обеспечения "Fizz Acquisition Software" версии 2.51 с участием 21 прошедшего и непрошедшего обучение члена комиссии по методологии, описанной в стандарте "NTC 3939" от 2015 г. (упорядочивание по заданному критерию). Испытания на вкусовые качества проводились согласно стандарта "NTC 3929" от 1996 г. (методы определения вкусового профиля). Аналогичным образом, стандарт "NTC 4489" от 1998 г. (методы определения текстурного профиля) использовался для определения качества текстуры. В ходе сенсорных тестов каждый эксперт оценивал каждый состав в трёх экземплярах.

***2.4 Текстурные и реологические измерения отобранных образцов***

После проведения сенсорных тестов были отобраны два состава, которые затем сравнивались с контрольным образцом по реологическим и текстурным свойствам. Твёрдость шоколадных плиток (80 × 14 × 6,8 мм) определялась с помощью текстурометра "TA XT-Plus" ("TA XT-Plus", "Stable Micro System", Лондон, Великобритания) с зондом ("A/3PB", установка для испытаний на трёхточечный изгиб) и датчиком нагрузки на 30 кгс. Образец помещался на две параллельные опоры, расположенные на известном расстоянии (6 мм), а твёрдость определялась как максимальное усилие *N*, необходимое для разрушения образца. Параметры измерения были следующими: скорость предварительного испытания – 1 мм/с, скорость испытания – 2 мм/с, расстояние – 10 мм. Для каждого состава было подготовлено три производственных партии, и из каждой партии было взято 7 образцов.

Для проведения реологических испытаний были подготовлены три производственные партии для каждого состава после процесса конширования. Измерения проводились трижды. Жидкие образцы измерялись при температуре 40°C с помощью реометра "Physica MCR 101" ("Anton Paar", Грац, Австрия), оснащённого концентрическим цилиндром (внутренний диаметр – 26,6 мм, внешний диаметр – 28,7 мм, длина – 40 мм). Образцы были расплавлены для предотвращения образования кристаллов. Кривые потока измерялись как функция увеличения скорости сдвига от 0,1 с-1 до 50 с-1. Сбор данных осуществлялся программой "RHEOPLUS/32" версии 2.66. Реологическая кривая течения шоколада была построена с использованием модели Кассона. Был определён предел текучести по Кассону (Па) и вязкость по Кассону (Па·с) [Glicerina et al., 2016; Aidoo et al., 2014; Beckett, 2009].

***2.5 Пищевая ценность***

…………………………………………………………….

**Источник:**

<https://www.scielo.br/j/cta/a/CX8bNYgtFhYQwtYhzBsgNzb/?lang=en>

**Перевод:** Алексей Виноградов